

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**Efecto de Películas Plásticas Modificadas con Nanopartículas
en el Crecimiento del Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus*, L.)**

Por:

UZIAS MORALES VÁZQUEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buenavista, Saltillo Coahuila, México

Marzo de 2010.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**

**Efecto de Películas Plásticas Modificadas con Nanopartículas en el
Crecimiento del Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus*, L.)**

TESIS

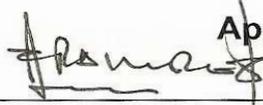
Presentado por:

UZIAS MORALES VÁZQUEZ

**Que somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito
Parcial para Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

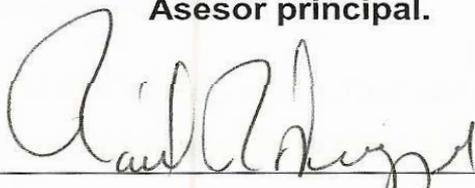
Aprobado por:



**M.C Luis E. Ramírez Ramos
Asesor principal.**



**Dr. Marco A. Arellano García
Asesor externo.**



**Dr. Raúl Rodríguez García
Asesor.**



**M.C Tomás Reyna Cepeda
Asesor.**



**Dr. Raúl Rodríguez García
Coordinador de la División de Ingeniería.**

**Coordinación de
Ingeniería**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 2010.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme salud, vida y por la oportunidad de haberme dado de venir a este lugar a realizar mis estudios y lograr esta meta en mi vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en especial al Departamento de Riego y Drenaje. Por haberme dado la oportunidad de superarme en la vida profesional y por cobijarme durante mi estancia en este lugar.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), especialmente al personal que labora en el Departamento de Agroplásticos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico brindado para la realización de este trabajo.

Al M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos por su disposición en la revisión, corrección y sugerencias para la buena presentación de este trabajo.

Al Dr. Marco Antonio Arellano García por su valiosa cooperación y constante asesoría en la realización de este trabajo.

Al Dr. Raúl Rodríguez García por su cooperación en la revisión que realizo al presente trabajo.

M.C Tomas Reyna Cepeda por su valiosa colaboración en la revisión y sugerencias realizada al presente trabajo.

Al Ing. Felipe Hernández Castillo, M.C Eduardo A. Treviño López, M.C Juanita Flores Velázquez y al Ing. Horacio Velázquez Roblero por brindarme sus valiosas aportaciones, consejos y sugerencias durante el desarrollo de la investigación.

A mis amigos y compañeros de la generación CVIII de la especialidad de Ing. Agrónomo en Irrigación por los momentos de convivencia durante nuestra estancia en esta universidad.

DEDICATORIA

Especialmente a mis padres, Ismael Morales Pérez y Celida Vázquez Velázquez. Estoy muy agradecido por el gran esfuerzo que hicieron para apoyarme en mis estudios y concluir mi carrera profesional. Gracias por todos los consejos que permitieron mi formación personal, familiar y profesional. Hoy quiero compartir con ustedes este triunfo que me ha dado la vida y que sin el apoyo de ustedes no lo hubiera logrado.

A mis hermanos, Mizraim, Ludim, Elisama y Ester. Por todos aquellos buenos y malos momentos que hemos pasado juntos, por todo el apoyo y comprensión que me han brindado.

A mis abuelos, tíos, primos. Por brindarme su apoyo y consejos en los momentos que más los necesité. Gracias por seguir unidos y por todos aquellos momentos en los que hemos convivido.

A toda mi familia, porque siempre me apoyaron en todo momento a terminar mis estudios, gracias por sus consejos.

A mis amigos y compañeros de la generación CVIII de la especialidad de Ing. Agrónomo en Irrigación, Ing. Forestal, Ing. Agrónomo en horticultura y de mas especialidades por brindarme su apoyo, amistad y por todos aquellos momentos que compartimos durante nuestra estancia en esta universidad.

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Pág.
N°		
1	Composición nutritiva de pepino en 100 gr de sustancia comestible.	7
2	Recomendaciones de fertilización para este cultivo.	11
3	Solución Nutritiva Universal. Steiner (1980) .	29
4	Comparación de medias de altura de plantas del cultivo de pepino cultivado bajo invernadero con plástico modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y plástico comercial (Tratamiento2) .	37
5	Comparación de medias de diámetros de tallo de plantas del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con película plástica modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y película plástica comercial (Tratamiento2) .	39
6	Comparación de número de entrenudos por planta del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con película plástica modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y película plástica comercial (Tratamiento2) .	41
7	Comparación de número de flores femeninas por planta del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con película plástica modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y película plástica comercial (Tratamiento2).	43
8	Comparación de datos acumulados de número de frutos por muestreo del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con película plástica modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y película plástica comercial (Tratamiento2).	44

- 9** Comparación de datos acumulados de rendimiento por muestro del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con película plástica modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y película plástica comercial (Tratamiento2). 46
- 10** Comparación en peso acumulado en cada corte del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivado bajo invernadero con película plástica modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y plástico comercial (Tratamiento2). 48
- 11** Comparación de medias de área foliar de plantas del híbrido pepino Sprint 440 II, cultivado bajo invernadero con cubierta plástica modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y cubierta plástica comercial (Tratamiento2). 51
- 12** Comparación de medias de la tasa de crecimiento relativo (TCR) del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con cubierta plástica modificada con nanoparticulas (Tratamiento1) y cubierta plástica comercial (Tratamiento2) . 57
- 13** Comparación de medias de razón de área foliar (RAF) del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con cubierta plástica modificada con nanoparticulas (Tratamiento1) y cubierta plástica comercial (Tratamiento2). 57
- 14** Comparación de medias de índice de área foliar (IAF) del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con cubierta plástica modificada con nanoparticulas (Tratamiento1) y cubierta plástica comercial (Tratamiento2) . 59

INDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Pág.
N°		
1	Altura entre plantas del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivadas bajo invernadero con película plástica modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y película plástica comercial (Tratamiento2)	38
2	Diámetro de tallo entre plantas del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivadas bajo invernadero con plástico modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y plástico comercial (Tratamiento2)	40
3	Número de entrenudos por planta en el híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con cubierta plástica modificada con nanoparticulas (Tratamiento1) y bajo invernadero con cubierta plástica comercial (Tratamiento2)	42
4	Número de flores femeninas por planta en el híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con cubierta plástica modificada con nanoparticulas (Tratamiento1) y bajo invernadero con cubierta plástica comercial (Tratamiento2).	43
5	Número de frutos por muestreo del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivadas bajo invernadero con plástico modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y plástico comercial (Tratamiento2)	45
6	Rendimiento por muestro del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivadas bajo invernadero con cubierta plástica modificada con nanoparticulas (Tratamiento1) y plástico comercial (Tratamiento2)	47
7	Rendimiento obtenido de cada corte realizado del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivado bajo invernadero con plástico modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y bajo invernadero con película plástica comercial (Tratamiento2)	49
8	Área foliar (AF) entre plantas del híbrido de pepino Sprint 440 II,	52

	cultivadas bajo invernadero con plástico modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y plástico comercial (Tratamiento2)	
9	Tasa de crecimiento relativo (TCR) del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivado bajo invernadero con cubierta plástica, modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y cubierta con plástico comercial (Tratamiento2)	54
10	Tasa asimilación neta (TAN) del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivado bajo invernadero con cubierta plástica, modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y cubierta con plástico comercial (Tratamiento2)	55
11	Razón de área foliar (RAF) del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivado bajo invernadero con cubierta plástica, modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y cubierta con plástico comercial (Tratamiento2)	58
12	Índice de área foliar (IAF) del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivado bajo invernadero con cubierta plástica, modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y cubierta con plástico comercial (Tratamiento2)	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Cuadro N°	Título	Pág.
Cuadros A1	Análisis de varianza de altura de planta, del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 30 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.	67
Cuadros A2	Análisis de varianza de diámetro de tallo, del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 30 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.	68
Cuadros A3	Análisis de varianza de número de entrenudos del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 30 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.	70
Cuadros A4	Análisis de varianza de número de flores femeninas, del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 44 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.	72
Cuadros A5	Análisis de varianza de área foliar del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 37 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.	
Cuadros A6	Análisis de varianza de la tasa de crecimiento relativo (TCR), del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 37 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.	75
Cuadros A7	Análisis de varianza de la tasa de asimilación neta (TAN), del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos	77

tomados a partir de los 37 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.

Cuadros Análisis de varianza de razón de área foliar (RAF), del
A8 híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 37 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante. 79

Cuadros Análisis de varianza de índice de área foliar (IAF), del híbrido
A9 de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 30 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante. 81

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	xv
I.-INTRODUCCIÓN	1
Desarrollos en nanoarcillas	2
Exfoliación	2
Importancia de los plásticos	3
Problemática	4
Objetivos	5
Hipótesis	6
II.-REVISIÓN DE LITERATURA	6
Generalidades del cultivo.....	6
Valor nutritivo	6
Valor nutricional	6
Taxonomía y descripción botánica.....	7
Descripción botánica.....	8
Sistema radicular.....	8
Tallo	8
Zarcillos.....	8
Hojas	8
Flores	8
Fruto	9
Semilla	9
Exigencia del Cultivo de Pepino	9
Clima.....	9

Luminosidad.....	9
Temperatura mínima.....	9
Temperatura maxima	10
Temperatura óptima.....	10
Temperatura letal para este cultivo	10
Suelo.....	10
Humedad relativa	10
Salinidad	11
Fertilización	11
Cosecha	12
Análisis de crecimiento	12
Aplicaciones del análisis de crecimiento.....	16
Invernaderos.....	19
Generalidades.....	19
Características de algunos plásticos.....	19
Importancia de los invernaderos	20
Ventajas que ofrecen los invernaderos	21
Posibles desventajas de los invernaderos	22
Características de los materiales para invernadero	22
Materiales rígidos.....	22
Vidrio.....	22
Polimetacrilato de Metileno (PMM)	22
Policarbonato (pc)	23
Poliéster	23
Policloruro de vinilo (PVC)	23
Materiales flexibles	23
Policloruro de vinilo (PVC)	24
Copolimero de etileno y acetato de vinilo (EVA)	24
Polietileno.....	24
Propiedades importantes de una película de invernadero	25

III.-MATERIALES Y MÉTODOS	26
Características Generales del Área del Experimento	26
Clima	26
Diseño experimental	27
Establecimiento del experimento.....	27
Preparación de camas para el cultivo en sustratos	27
Material vegetativo.....	28
Siembra	28
Trasplante	28
Fertirriego	29
Prácticas culturales	29
En tutorado.....	30
Poda	30
Deshojado	30
Aclareo del fruto	31
Control fitosanitario	31
Cosecha	32
Variables agronómicas estudiadas	32
Altura de planta	32
Diámetro de tallo	33
Número de entrenudos.....	33
Número de flores femeninas	33
Número de frutos.....	33
Rendimiento por corte	33
Rendimiento total	33
Análisis de crecimiento del cultivo	34
Área foliar	34
Tasa de crecimiento relativo.....	34
Tasa de asimilación neta.....	35
Razón de área foliar	36
Índice de área foliar.....	36

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
Altura de planta	37
Diámetro de tallo	38
Número de entrenudos.....	40
Número de flores femeninas	42
Número de frutos por planta.....	44
Rendimiento por planta	46
Rendimiento total	47
Área foliar	50
Tasa de crecimiento relativo.....	52
Tasa de asimilación neta.....	55
Razón de área foliar	56
Índice de área foliar.....	58
V.- CONCLUSIONES	61
VI.-BIBLIOGRAFÍA	62
VII.-PÁGINAS WEB CONSULTADAS	66
VIII.-ANEXOS	67

RESUMEN

El presente trabajo se llevo a cabo en el Departamento de Plásticos en la Agricultura del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), que se localiza en Saltillo Coahuila, con el objetivo de generar información sobre cubiertas plásticas para invernadero modificadas con nanoparticulas inorgánicas.

Para esto se evaluó el crecimiento y desarrollo del cultivo del híbrido de pepino Sprint 440 II por efecto de cubierta plástica para invernadero modificado con nanoparticulas y bajo cubierta plástica comercial, utilizando el diseño experimental bloques completamente al azar con dos tratamientos y seis repeticiones.

Las variables evaluadas fueron: área foliar, altura de planta, diámetro de tallo, número de entrenudos, número de flores femeninas, número de frutos por planta, rendimiento por planta y rendimiento total. Con esto se construyeron índices de eficiencia fotosintética como son: Tasa de crecimiento relativo, Tasa de asimilación neta, Razón de área foliar e Índice de área foliar.

Se observo que bajo la cubierta plástica modificado con nanoparticulas inorgánicas de arcilla, las variables fenológicas superaron al cultivo bajo invernadero con cubierta plástica comercial, produciéndose mejores plantas y obteniendo un rendimiento del 11.13% en la producción total de pepino.

En los valores de TCR e IAF fueron superiores al usar la cubierta plástica modificada con nanoparticulas. En la TAN los dos tratamientos no mostraron diferencias significativas. En la RAF la cubierta plástica modificada con nanoparticulas fue superior a la cubierta plástica comercial. El crecimiento fue acelerado al utilizar la cubierta plástica modificada con nanoparticulas, lográndose mejores resultados en cuanto a crecimiento, desarrollo y producción bajo estas condiciones de invernadero.

Palabras clave: Análisis de crecimiento, Nanoparticulas, cubiertas plásticas, variables fenológicas, tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF), razón de área foliar (RAF).

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo cada vez son más las nuevas soluciones para una agricultura especializada. Hoy día existe la posibilidad de contar con películas que combinen las características técnicas de dos o más plásticos diferentes (multicapas).

En la práctica eso significa que cada zona, cada tipo de cultivo, o cada estilo de agricultor pueden contar con el plástico que mejor responde a sus exigencias. La agricultura, cada vez más especializada, encuentra un gran aliado e impulso en estos plásticos que son cada vez más capaces de responder de manera específica a las necesidades de la agricultura.

Por ejemplo, el procedimiento de combinar tres películas con características técnicas distintas en cada una de ellas, supone una ventaja en cuanto a las posibles aplicaciones; ya que según la combinación y la posición de sus capas le confiere a la nueva lámina diferentes cualidades. Existen láminas tricapa para cubiertas de invernadero, tunelillos, acolchados y ensilaje.

Además, la agricultura realizada en invernaderos, requiere menos mano de obra y menos terreno que la agricultura tradicional realizada en terrenos al aire libre y ofrece cierta independencia de las condiciones meteorológicas como por ejemplo cambios estacionales y sequías.

Con la nanotecnología se podrían construir invernaderos, con o sin aislamiento termal, a un coste muy bajo.

Un traslado del sector de la agricultura hacia los invernaderos produciría una gran reducción en el consumo del agua, el uso de terrenos y en la escasez de alimentos causada por razones meteorológicas.

Desarrollos en nanoarcillas

La nanocarga de uso más difundido hasta ahora en la industria plástica es la arcilla montmorillonita, un silicato de aluminio conformado por pequeñas plaquitas de cerca de 100 nanómetros (1 nanómetro equivale a una mil millonésima de metro. Un cabello tiene cerca de 100.000 nanómetros). La montmorillonita es el mayor componente del mineral bentonita. Hasta ahora el uso de nanoarcillas se ha visto restringido por los límites de exfoliación y dispersión. La exfoliación es el proceso de separar las capas naturales de las que está compuesta la arcilla; para obtener un producto homogéneo es necesario exfoliar la arcilla en "paquetes" de 10 a 100 plaquitas. Una exfoliación incompleta puede generar inhomogeneidades en el producto final o concentraciones de esfuerzos que reducen la resistencia del producto.

Exfoliación

La exfoliación puede llevarse a cabo por medios mecánicos, sometiendo la nanocarga a esfuerzos cortantes durante el procesamiento, o a través de procesos químicos durante la polimerización de la matriz. Hasta ahora, los avances más significativos hechos por proveedores de nanoarcillas han tenido que ver con la modificación de la superficie.

Una nueva variante en las nanoarcillas, la hectorita, es un silicato de magnesio que tendría propiedades superiores de estabilidad frente al calor, ya que, a diferencia de la montmorillonita, su estructura cristalina no contiene sitios reactivos que puedan generar la degradación del polímero a temperaturas elevadas. Además, la hectorita no tendría contaminación de sílica cristalina, tendría niveles de hierro muy bajos y proveería un mayor rendimiento, porque las placas son más pequeñas.

En México, el CIQA (Centro de Investigación en Química Aplicada), ubicado en Saltillo, ha trabajado en la formulación de películas para invernadero coextruidas, donde una de las capas tiene nanopartículas exfoliadas. Las

nanopartículas actúan como filtros para controlar la longitud de onda incidente, y de esta forma se controlan la temperatura y radiación solar. También en las aplicaciones de acolchados se ha explorado el uso de nanopartículas, que encapsulan nutrientes dentro de la película y los liberan de manera progresiva durante su aplicación.

El CIPP, en Colombia, también ha estado trabajando en la incorporación de nanotecnología a películas de invernadero, para reducir el calibre y mejorar las propiedades termo-mecánicas, reduciendo el contenido de EVA requerido. De acuerdo con las investigaciones realizadas, hasta el momento la acción de formulaciones anti envejecimiento no se ve afectada por la presencia de nano cargas.

Importancia de los plásticos

El plástico es una herramienta agrícola en permanente evolución y, en todo el mundo, es uno de los elementos que más sigue contribuyendo a impulsar el rendimiento de la agricultura moderna. Cada año nuevas tecnologías y productos abren la puerta a una gran cantidad de posibilidades que recién han comenzado a explorarse.

Los recursos para investigación en esta materia son fundamentales porque es desde los laboratorios desde donde cada año salen las novedades que dan respuesta a las necesidades del agricultor.

Por ejemplo, el Departamento de Plásticos en la Agricultura del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) señala que la aplicación de estas técnicas y conocimientos puede incrementar el rendimiento hasta más de 100%, y lograr un ahorro de agua de hasta más de 50%. Consecuentemente, el uso de los plásticos eleva los beneficios económicos para los agricultores.

Problemática

En algunas ocasiones, los bajos rendimientos en las plantas pueden ser explicados por la excesiva caída de frutos después de una abundante floración y un alto porcentaje de amarre, en otras ocasiones, el bajo rendimiento puede estar explicado por un reducido porcentaje de amarre a pesar de una baja intensidad de caída de fruto y una alta cantidad de flores brotadas. Un tercer caso puede ser, que a pesar de la caída de frutos y alto porcentaje de amarre, la cantidad de flores brotadas haya sido baja.

Dada el crecimiento en el interés de producir hortalizas bajo condiciones de invernaderos, particularmente especies tales como; tomate, chile y últimamente pepino, es necesario generar información que permita un mayor conocimiento de los hábitos de crecimiento, floración y fructificación de las plantas bajo estas condiciones.

Objetivo

Con el presente trabajo, se pretende generar información sobre el uso de películas plásticas modificadas con nanopartículas inorgánicas de arcilla para el cultivo de pepino, principalmente en lo que se refiere a la dinámica del crecimiento de la planta, desarrollo, floración y producción.

Hipótesis

1. Existen diferencias en la respuesta de crecimiento, desarrollo y rendimiento del híbrido de pepino Sprint 440 II al sistema de cultivo bajo invernadero con película plástica modificadas con nanopartículas inorgánicas de arcilla y bajo invernadero con película plástica comercial.
2. Se espera obtener un mayor rendimiento en el híbrido pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con la película plástica modificada con nanopartículas inorgánicas de arcilla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del cultivo

El origen del cultivo de pepino es incierto. Hay teorías que aseguran que es originario de las regiones tropicales del sur de Asia, siendo cultivado en la India desde hace más de 3.000 años. De la India se extiende a Grecia y de ahí a Roma y posteriormente se introdujo en China. El cultivo de pepino fue introducido por los romanos en otras partes de Europa; aparecen registros de este cultivo en Francia en el siglo IX, en Inglaterra en el siglo XIV y en Norteamérica a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colón llevó semillas a América. El primer híbrido apareció en 1872. Whitaquer y Davis, (1992), citado por Valadez, (1998)

Valor nutritivo

Entre las propiedades nutritivas del pepino tiene especial importancia su elevado contenido en ácido ascórbico y pequeñas cantidades del complejo vitamínico B. Las semillas son ricas en aceites vegetales. La composición nutritiva del pepino de ensalada aparece en el siguiente cuadro (Cuadro 1.), donde se puede apreciar su alto contenido de agua y niveles bajos en todos los otros componentes.

Cuadro 1. Composición nutritiva de pepino en 100 gr de sustancia comestible.

Componente	Contenido
Agua	90.6%
Carbohidratos	7.7 gr
Proteínas	0.8 gr
Ca	14 mg
P	16 mg
Fe	0.4 gr
Na	12 mg
K	251 mg
Acido ascórbico	33 mg
Tiamina (B1)	0.04 mg
Vitamina A	3400 UI
Riboflavina (B2)	0.03 mg

Taxonomía y descripción botánica

Según Engler (1951)

Reino: Vegetal

División: Embriofita Shiponogama (Fanerógamas)

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotiledoneae

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceae

Género: *Cucumis*

Especie: *Sativus L.*

Nombre común: Pepino

Descripción botánica

El cultivo de pepino se considera como una planta anual, herbácea y de habito rastrero o trepador (Valadez, 1998)

Sistema radicular: el sistema radicular consiste en una fuerte raíz principal que alcanza de 1.0-1.20 metros de largo, ramificándose en todas direcciones principalmente entre los primeros 25 a 30 cm del suelo (weaver y Bruner, 1927), citado por Valadez, (1998).

Tallo: espinoso de soporte rastrero y trepador. De cada nudo parte una hoja y un zarcillo. En la axila de cada hoja se emite un brote lateral y una o varias flores. Son herbáceos o rastreros pueden ser trepadores cuando encuentran tutores donde guiarse; en las axilas de las hoja brotan nuevos tallos. Serrano, (1979). Erizados, angulosos, más gruesos que los del melón. Tamaro, (1921).

Zarcillos: son estructuras que le sirven a la planta para sujetarse y sostenerse, dada su condición de planta trepadora. Son sencillos y no pueden ramificarse Valadez, (1998)

Hojas: Las hojas son simples, acorazonadas, alternas, pero opuestas a los zarcillos. Posee de 3 a 5 lóbulos angulados y triangulares. Tienen un color oscuro en el has de la hoja y un color grisáceo en el envés Tiscornia (1983)

Flores: Es una planta monoica, produce flores femeninas y masculinas en la misma planta, requiere de polinización cruzada, el polen se transporta principalmente por insectos (polinización entomófila), los principales polinizadores en plantas cultivadas son las abejas y los abejorros.

Algunas variedades presentan flores hermafroditas. Las flores se sitúan en las axilas de las hojas en racimos y sus pétalos son de color amarillo.

Al inicio de la floración, normalmente solo se presentan flores masculinas, a continuación, en la parte media de la planta están en igual proporción, flores masculinas y femeninas y en la parte superior de la planta existen

predominantemente flores femeninas. En general, los días cortos, temperaturas bajas y suficiente agua, inducen la formación de mayor número de flores femeninas y los días largos, altas temperaturas, sequía, llevan a la formación de flores masculinas (Thompson y Kelly, 1959; Whitaker y Davis, 1962).

En los cultivares híbridos de tendencia ginoica (hembras), al haber cruce por abejas, pero insuficiente polinización, se producen deformaciones de los frutos, volviéndose no comercializables.

Fruto: se considera como una baya falsa (pepónide), alargado, mide aproximadamente entre 5 y 45 cm de longitud. Además es un fruto carnoso, más o menos cilíndrico, exteriormente de color verde, amarillo o blanco e interiormente de carne blanca. Tamaro, (1921), Tiscornia, (1983), Valadez (1998).

Semilla: Contiene numerosas semillas ovaladas de color blanco amarillento. En estadios jóvenes, los frutos presentan en su superficie espinas de color blanco o negro. (<http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.html>)

Exigencia del cultivo de pepino

Clima

El pepino al igual que otras cucurbitáceas, es una hortaliza de clima cálido, por lo que no tolera heladas. Denisen, (1993)

Luminosidad

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

Temperatura mínima

La temperatura mínima es de 14°C, a temperaturas inferiores el crecimiento cesa y en caso de prolongarse esta temperatura, se caen las flores femeninas o presentan problemas en la fecundación (Guenko, 1983). La planta muere cuando la temperatura desciende a menos de 1°C, comenzando con un marchitamiento general de muy difícil recuperación.

Temperatura máxima

Se puede adaptar a temperaturas altas pero sobre 40°C el crecimiento se detiene.

Temperatura óptima

La temperatura óptima para producción de pepino es 25°C, y requiere de buena intensidad de luz. A temperaturas mayores de 25°C incrementa su producción, mientras que a 17°C se ocasionan malformaciones en hojas y frutos. A temperaturas menores de 14°C se detiene el crecimiento, y si se mantiene dicha temperatura, pueden abortar sus flores.

Temperatura letal para este cultivo

Por encima de los 40°C se observan desequilibrios en las plantas que afectan directamente a los procesos de fotosíntesis y respiración y temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17°C ocasionan malformaciones en hojas y frutos. El umbral mínimo crítico nocturno es de 12°C y a 1°C se produce la helada de la planta.

Suelo

El pepino puede cultivarse en cualquier tipo de suelo de estructura suelta, bien drenado y con suficiente materia orgánica. El pH óptimo oscila entre 6.8 y 5.5.

Humedad relativa

Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa optima durante el día del 60-70 por ciento y durante la noche del 70-90 por ciento. Humedades superiores al 90 por ciento y la condensación sobre el cultivo o el goteo procedente de la cubierta, pueden originar enfermedades fungosas. Además un cultivo mojado por la mañana empieza a trabajar más tarde, ya que la primera energía disponible deberá cederla a las hojas para poder evaporar el agua de la superficie.

Salinidad

Es una planta medianamente tolerante a la salinidad de 3840 a 2560 ppm (6 a 4 mmho) (Richard, 1954), de forma que si la concentración de sales en el suelo es demasiado elevada las plantas absorben con dificultad el agua de riego, el crecimiento es más lento, el tallo se debilita, las hojas son más pequeñas y de color oscuro y los frutos obtenidos serán torcidos. Si la concentración de sales es demasiado baja el resultado se invertirá, dando plantas más frondosas, que presentan mayor sensibilidad a diversas enfermedades.

Fertilización

El pepino no es una hortaliza con altos requerimientos de los principales macro nutrientes, sin embargo, en México existen pocos estudios al respecto. En cuadro 2 se presentan algunas recomendaciones a nivel comercial.

Cuadro 2. Recomendaciones de fertilización para este cultivo.

	Kg/Ha De N, P, K
INIFAP	100-80-00, 150-175-00
CAMPBELL'S DE MEXICO	120-80-00
SINALOA	200-200-100

Cosecha

Para consumo fresco o encurtido, el periodo de cosecha se extiende a un mes o más. El fruto para ser cosechado deberá alcanzar el color verde deseado y el tamaño y formas característicos del cultivar. En el caso del pepino para consumo fresco, los diferentes cultivares alcanzan varios tamaños cuando han llegado a la madurez comercial. El rango fluctúa entre 15 y 30 cm. De largo y de 3 a 6 cm. De diámetro. El color del fruto depende del cultivar sembrado, sin embargo, debe ser de color verde oscuro o verde, sin signos de amarillamiento. Los días a cosechar varían de 45 a 60 días, dependiendo del cultivar y las condiciones ambientales.

Los frutos se cosechan en un estado inmaduro, próximos a su tamaño final, pero antes de que las semillas completen su crecimiento y se endurezcan. La cosecha se debe realizar cortando el fruto con tijeras de podar en lugar de arrancarlo para no dañarlo. Los pepinos para mercado fresco son cosechados a mano. La fruta debe ser cosechada cada dos o tres días para reducir los niveles de sobre tamaño en la planta. La cosecha debe empezar cuando las frutas tienen de 15 a 20 centímetros de longitud y de 3 a 5 centímetros de diámetro.

Análisis de crecimiento

El análisis de crecimiento de plantas puede basarse directamente en la evolución cronológica de medidas tales como peso seco, longitud de tallos, número de hojas, número de ramas, etc. (Manrique, 1990) con estas medidas pueden ser calculados la tasa de crecimiento relativo, razón de peso foliar, tasa de asimilación neta, etc. (Ascencio y Fargas, 1973, Leopold, 1974; Niewhof, 1993)

Mientras los primeros, tienen que ver con el desarrollo absoluto de la planta, los segundos explican su eficiencia en acumular materia seca como producto de sus procesos metabólicos.

El análisis de crecimiento ha sido utilizado para estimar las reacciones de las plantas a las diferentes condiciones de manejo de los cultivos, así como para comparar el rendimiento de diferentes cultivares y especies en condiciones similares de crecimiento (Martínez, 1995). Para una planta o cualquier organismo, el análisis de crecimiento ha sido definido como un proceso cuantitativo relacionado a un crecimiento irreversible de tamaño que esta generalmente unido a un incremento de peso seco, susceptible de medirse, expresándolo como aumento de longitud o diámetro del cuerpo vegetal (Bonner y Galston, 1973). Por otro lado Crofts et al., (1971) indican que el crecimiento ocurre en número y tamaño, señalando además que puede medirse como el incremento de materia seca contenida en un vegetal.

Bidwell (1979) separo arbitrariamente crecimiento y desarrollo y menciona que el primero denota aumento y tamaño, y el segundo es un cambio ordenado o progreso, a menudo a un estado superior, mas ordenado o más complejo. Este mismo autor menciona que un modelo típico de crecimiento de una planta anual se divide en tres fases

1. Logarítmica o exponencial
2. Lineal
3. Envejecimiento o senilidad

Por otra parte Květ et al. (1971) citaron que en el análisis de crecimiento, el crecimiento es definido como incremento en peso seco en las plantas.

El análisis de crecimiento fue originado por Blackman en 1919, quien por primera vez uso dicha técnica. Por su parte, Radford (1976) definió el análisis de crecimiento como el conjunto de técnicas empleadas para el estudio cuantitativo del crecimiento de las plantas y publico los índices en los cuales se apoya el análisis de crecimiento, señalo que generalmente se hace un uso indiscriminado de dichas formulas y recomienda hacer una selección apropiada de estas de acuerdo a la situación que se presente. Para realizar un análisis de

crecimiento, las mediciones más comunes son; el peso seco total y el área foliar total de la planta. También menciono que para apreciar una curva bien ajustada, esta técnica requiere la toma de muestras pequeñas pero frecuentes.

Kvët et al. (1971) argumentaron que una ventaja del análisis de crecimiento es que los valores primarios, en el cual se basa, son relativamente fáciles de obtener sin gran demanda en equipo de laboratorio. Estos valores normalmente son el peso seco de toda la planta y/o de sus partes y las dimensiones del aparato asimilatorio que son estimadas en material vegetal en crecimientos a ciertos intervalos de tiempo; de ellos, varios índices y características son calculados para describir el crecimiento de las plantas y sus partes, así como las relaciones entre el aparato asimilatorio y la producción de materia seca. Estos índices son : Tasa de crecimiento del cultivo (TCC), Tasa de crecimiento relativo (TCR), Área foliar específica (AFE), Índice de clorofila (IC), Duración del área foliar (DAF), Tasa de asimilación neta (TAN), Tasa de crecimiento relativo foliar (TCRF) y Relación de área foliar (RAF), entre otros.

Pearson y Hunt (1981) generaron un método para ajustar las curvas de crecimiento, consiste en un programa computacional el cual deriva las cantidades analíticas más usuales del crecimiento y sus errores. Estas curvas son exponenciales de manera cuantitativa, se ha utilizado la metodología denominada análisis de crecimiento, mediante el cual se cuantifica tanto la producción primaria (peso seco) como la eficiencia con la cual se obtuvo y está en función del tiempo. Aunque en un principio este análisis se aplicaba principalmente para comparar diversas especies o genotipos dentro de cada especie, en la actualidad también se emplea para evaluar el efecto de las prácticas de producción.

Russell et al. (1984), determinaron que las funciones TCC, TCR, RAF y TAN se incrementaron con la temperatura dentro de un rango específico, para un cultivo dado, también citaron que el objetivo de las funciones de crecimiento, es explicar la respuesta de un cultivo, al medio ambiente.

El análisis de crecimiento de las plantas pueden basarse directamente en la evolución cronológica de medidas tales como peso seco, longitud de tallos, número de hojas, número de ramas etc., (Manrique, 1990) indican que con estas con estas medidas pueden ser calculadas la tasa de crecimiento relativo (TCR), razón de peso foliar (RPF), tasa de asimilación neta (TAN), etc., (Ascencio y Fargas, 1973); Leopold, (1974); Niewhof, (1993). Mientras que los primeros, tienen que ver con el desarrollo absoluto de la planta, los segundos explican su eficiencia en acumular materia seca como productos de sus procesos metabólicos.

Tasa de crecimiento del cultivo (TCC), indican cuantos gramos de materia seca se produce por día y ayuda a determinar la velocidad del crecimiento del cultivo de acuerdo al ambiente y al genotipo. Es importante para predecir el peso en un periodo de tiempo dado y de manera indirecta el rendimiento.

Tasa de crecimiento relativo (TCR). Indica el incremento en gramos de materia seca por día y su importancia radica en que su valor estima la productividad de un material en cierto ambiente, ya que los valores altos son los que interesan agrónomicamente.

Tasa relativa de crecimiento foliar (TRCF). Es el incremento en área foliar en cm^2 por día y al igual que el índice anterior es importante porque deja ver lo productivo de un material en cierto ambiente.

Tasa de asimilación neta (TAN). La TAN es uno de los más importantes índices del análisis de crecimiento porque mide en forma indirecta la fotosíntesis realizada por la planta en intervalos de tiempo, junto con la tasa unitaria, miden el aumento neto en el peso seco de la planta por área foliar unitaria. La eficiencia fotosintética de las plantas registra el incremento en gramos de materia seca por cm^2 de área foliar presente por día. Este índice permite ver la eficiencia fotosintética de la especie y comparar entre tratamientos.

Aplicaciones de análisis de crecimiento

Ascencio y Fargas (1973) analizaron las características de crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a través de los índices de crecimiento como TRC, TAN Y RAF. Su cálculo se hizo en base a la metodología de Blackman (análisis de regresión y correlación). Se estableció que la diferencia fotosintética de una planta de frijol depende de la RAF y de un número elevado de hojas por planta. La TRC tuvo un valor promedio de 0.69 g/g semana, la TAN de 0.35 g/dm²-semana y la RAF de 1.79 dm²/g.

Pedro et al. (1975) Utilizaron los datos de peso seco y área foliar de tres cultivares de soya para efectuar un análisis de crecimiento mediante la determinación de los siguientes índices: Tasa de asimilación líquida (TAL), TCR, TCRF, TCC e IAF; Notaron que la máxima TCC estimada fue de 750, 950, y 1400 gramos/m² para los cultivares: Panamá, Santa Rosa y UFV-1, respectivamente. Los IAF fueron de 6.5, 6.8 y 7.3 respectivamente y los valores máximos de TCC fueron de 17, 18 y 23 g/m²-día

Valverde y Sáenz (1985) realizaron un análisis de crecimiento en chayote (*Sechium edule*), con los datos de área foliar y materia seca, se precedió a calcular los siguientes componentes de crecimiento: Razón de peso foliar (RPF), razón de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), índice de área foliar (IAF), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa relativa de crecimiento (TRC), tasa relativa de crecimiento foliar (TRCF) y tasa de asimilación neta (TAN). En este estudio la RAF disminuyó a través del ciclo del cultivo iniciando con valores de 156.25 cm²/g-día y terminar en 64.69 cm²/g-día en cambio, la TCC tuvo valores muy bajos. En relación a la TCR y la TRCF su comportamiento fue muy variable pero ambas mostraron una tendencia a disminuir a través del ciclo del cultivo. Los valores máximos y mínimos para la TCR fueron 0.11 y 0.02 cm²/cm²-día respectivamente. En cambio la TRCF mostro valores de 0.43 y 0.01 cm²/cm²-día. La TAN tuvo un comportamiento similar a la TCR y la TRCF con un valor máximo al inicio de 2.76 mg/cm²-día y un valor mínimo de 0.10 mg/cm²-día.

Solórzano et al. (1982) realizaron un análisis de crecimiento de seis colecciones de haba (*vicia faba L.*) y concluyeron que:

- a) La máxima producción de área foliar se presentó entre las etapas nodales 30 y 35 del tallo principal.
- b) El IAF se incrementó rápidamente después de que el tallo principal produjo 18 nudos.
- c) La TAN decreció rápidamente a través del tiempo (de la etapa nodal 5 a la 21) con valor inicial de $7.14\text{g/m}^2\text{-día}$, valor intermedio de $4.3\text{ g/m}^2\text{-día}$ y valor final menor de los citados. Además, encontró que la TRC se incrementó rápidamente al inicio del ciclo del cultivo, pero posteriormente decreció, con lo cual disminuye la eficiencia para producir materia seca. La disminución del área foliar fue atribuida a una menor penetración de luz a los estratos inferiores de la planta.

Ramírez et al. (1986) realizaron muestreos en el híbrido H-131 de maíz y de sus progenitores, el propósito fue estimar la dinámica y distribución de materia seca; se calcularon la TAN, TRC, TCC, de la planta total y de una de sus estructuras. En general, encontraron que el peso seco total de la planta y sus estructuras resultó mayor en el híbrido que en sus progenitores. La TAN decreció a través del tiempo hasta el inicio de llenado del grano donde aumentó ligeramente, sus valores variaron de 0.24 a $0.03\text{ g/dm}^2\text{-día}$. La TRC tuvo un comportamiento similar a la TAN.

Según Wallace y Munger (1985), las variaciones en la acumulación de materia seca de frijol estuvieron asociados con diversos factores como el área foliar, la TAN, la RAF y la TRC; los resultados, indicaron que las variedades más productivas fueron las que alcanzaron los valores más altos de área foliar.

Headge (1986) determinó la respuesta del pimiento (*Capsicum annuum L.*) a la humedad del suelo y dosis de nitrógeno, utilizando un análisis de crecimiento, obtuvo que el mejor tratamiento fue el que se regó al 40% de humedad disponible, pues fue donde se presentó la mayor producción de

materia seca, además de los valores más altos de los diferentes índices de crecimiento.

Causton (1991) trabajo el análisis de crecimiento para observar la variabilidad de la TRC en diferentes especies, sus resultados mostraron que en la col de bruselas y girasol la TRC no cambio a través del tiempo pero, en tomate y trigo la TRC declino con el tiempo.

Azofeita (1999) determino el crecimiento de las plantas en dos tipos de chile: dulce cv. VCR 589 y jalapeño cv. Hot. La muestra consistió en ocho plantas, las cuales fueron divididas en raíz, parte aérea (tallo, hojas) flor y fruto. Se evaluaron las variables de peso seco de cada órgano, área foliar y los índices: índice de crecimiento relativo (ICR), índice de asimilación neta (IAN), índice de área foliar (IAF) e índice de cosecha (K). La planta representa una curva de crecimiento sigmoideal.

Viloria et al. (1998) Determinaron el efecto de la densidad de plantas, en el crecimiento vegetativo del pimentón (*Capsicum annum l. cv. Júpiter*), a través de las variables: altura de tallo, diámetro de tallo, peso de tallo y hojas tanto por planta como por superficie de suelo, obteniendo en peso fresco y seco de tallo y hojas por planta, resultados significativamente mayor al usar una menor densidad de plantas, independientemente de la edad del cultivo.

Hernández (2003) al trabajar con cilantro *coriandrum sativum l.*, Los índices TCC, TAN, y DAF mostraron tendencia creciente a través del tiempo hasta alcanzar un valor máximo y luego su valor disminuyo. La TRCF y la RAF mostraron tendencias decrecientes a través del tiempo.

Varela (2004), en cuanto a los índices fisiotécnicos TRC, TAN los mejores resultados los obtuvo en acolchados con plásticos de colores azul y negro metalizado en cultivo de melón.

Invernaderos

Generalidades

Son construcciones que sirven para optimizar el control de las condiciones climáticas y de cultivo. Es un habitáculo de paredes y cubiertas plásticas que filtran la radiación solar que entra y sale de él, y lo aíslan del exterior. El film plástico de cubierta permite el paso de la radiación emitida por el sol, que es responsable del calentamiento del invernadero e impide la salida de la radiación emitida por el suelo, que es la responsable del enfriamiento. Además de proteger a las plantas de condiciones meteorológicas adversas y permitir a los agricultores obtener más y mejores cosechas, lo primordial es que permite el cultivo en épocas y en zonas en la que años atrás parecía imposible. (Rodríguez y Jiménez, 2002)

La producción en invernaderos, es un sistema de producción capaz de obtener cosechas fuera de la época normal en la que aparecen en mercado. (Matallana y Montero, 1995)

La aplicación de plásticos en el campo es muy variada. Entre sus principales ventajas podemos mencionar: Mayores rendimientos, mayor calidad de la producción, adelantar cosechas, cosechar fuera de temporada, controlar plagas, enfermedades y malezas, usar el agua con mayor eficiencia, eficientar también el uso de insumos, ahorro de mano de obra, entre otros beneficios que repercuten tanto en lo económico como en lo ambiental. Las principales técnicas que se utilizan en México son el acolchado de suelos, invernaderos y riego por goteo. (Quezada, 1997)

Características de algunos plásticos

En la agricultura se usan algunos plásticos transparentes cuyas ventajas son: aumenta la temperatura del suelo durante el día, precocidad, mejor uso del agua.

Negros; estos impiden el crecimiento de malas hierbas, mejores cosechas, mejor uso del agua.

Térmico-opaco; retienen el calor durante la noche, impiden el crecimiento de malas hierbas mejor uso del agua.

Blanco y negro; estos impiden el crecimiento de malas hierbas, mejores cosechas, refleja la luz sobre las plantas y mejora el uso del agua (Pere, et. al. 1997).

Los beneficios del acolchado son extremadamente visibles en las regiones áridas y por lo tanto, su uso es imprescindible para el mantenimiento de una agricultura sostenible (Pere, et. Al. 1997).

Importancia de los invernaderos

Desde que comenzaron a utilizarse bolsas de polietileno negro para la producción forestal hasta hoy, muchos son los avances que se han producido en México en la utilización de plásticos en la agricultura. En aquel entonces, esas primeras bolsas, primera aplicación que se realizó en nuestro país, eran simplemente entendidas como una forma de simplificar la tarea. Hoy día, en todo el mundo, los plásticos han permitido convertir tierras aparentemente improductivas en modernas explotaciones agrícolas.

En México el crecimiento es incipiente y la historia del plástico en la agricultura recién comienza.

Los datos actuales indican que sólo 3.8% del consumo de plástico de nuestro país se destina a la agricultura, pero el tamaño potencial que este mercado podría tener es inmenso. Principalmente porque en México la diversidad de suelos, climas y microclimas favorece el desarrollo de la agricultura protegida.

El plástico es una herramienta agrícola en permanente evolución y, en todo el mundo, es uno de los elementos que más sigue contribuyendo a impulsar el

rendimiento de la agricultura moderna. Cada año nuevas tecnologías y productos abren la puerta a una gran cantidad de posibilidades que recién han comenzado a explorarse.

Los recursos para investigación en esta materia son fundamentales porque es desde los laboratorios desde donde cada año salen las novedades que dan respuesta a las necesidades del agricultor.

Los plásticos fotoselectivos han demostrado ser herramientas sensacionales para combatir cierto tipo de plagas reduciendo la aplicación y consumo de fitosanitarios. Los plásticos especiales para la desinfección de suelos, han reducido drásticamente la emisión de gases a la atmósfera resultantes en la desinfección de los suelos agrícolas.

Ventajas que ofrecen los invernaderos

Las ventajas que presentan el crecimiento de plantas cultivada bajo invernaderos, en comparación con las sembradas a campo a vierto. (Bastida y Ramírez 2002)

- a) Intensificación de la producción
- b) Posibilidad de cultivar todo el año
- c) Obtención de productos fuera de temporada
- d) Obtención de productos en regiones con condiciones restrictivas
- e) Aumento de los rendimientos por unidad de superficie
- f) Obtención de productos de alta calidad
- g) Menor riesgo en la producción
- h) Uso más eficiente del agua de insumos
- i) Mayor control de plagas, malezas y enfermedades

Por otra parte Quezada 1997 comenta las siguientes ventajas:

- a) Precocidad en cosecha
- b) Aumento en rendimiento de 3 a 5 veces que a campo abierto

- c) Cosechas fuera de época
- d) Frutos de mayor calidad
- e) Ahorro de agua
- f) Mejor control de plaga y enfermedades
- g) Posibilidad de instalar sistema de riego automatizado
- h) Siembras de variedades selectas con rendimientos máximos
- i) Posibilidad de obtener en la misma parcela de cultivo dos o tres cosechas al año.

Posibles desventajas de los invernaderos

Bastida y Ramírez 2002.

- a) Inversión inicial alta
- b) Alto nivel de especialización y capacitación
- c) Altos costos de producción
- d) Condiciones optimas para el ataque de agentes patógenos

Características de los materiales para invernadero

López, (1994). Considera que las características de los materiales de cubierta son las siguientes:

Materiales rígidos

Vidrio

Fue uno de los primeros materiales utilizado en los invernaderos hasta la aparición de las materiales plásticos. Necesita de estructuras solidas y estables que soporten su peso y eviten la rotura del material por desplazamiento de la misma.

Polimetacrilato de Metileno (PMM)

Es un material ligero con una densidad de 1.180 kg/m³. Presenta buena resistencia mecánica y estabilidad. Tiene alta transmisividad a la radiación solar (>83%) y baja a la radiación de onda larga. Se presenta en forma de doble pared con espesores de 8-16 mm.

Policarbonato (PC)

Es también un material termoplástico con buena resistencia al impacto y más ligero que el PMM. Se presenta en forma de doble pared con espesores entre 4-16 mm.

Poliéster

Fabricado con poliésteres insaturados y reforzados con fibras minerales u orgánicas. Estas proporcionan resistencia mecánica y mejoran la difusión de la luz. Este material presenta buena transmisividad a la luz solar y baja a la radiación de onda larga. Necesita ser aditivado para evitar su rápida degradación por la radiación ultra violeta.

Policloruro de vinilo (PVC)

Se obtiene de la polimerización del monómero cloruro de vinilo. Se presenta en placas lisas u onduladas con espesores entre 1 a 1.5 mm. Para mejorar su comportamiento se añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes a rayos ultravioleta.

Materiales flexibles

Son materiales sintéticos, compuestos generalmente por moléculas orgánicas con un elevado peso molecular. Son termoplásticos, es decir, permiten ser sometidos a diferentes ciclos térmicos pudiendo ser difundidos y

solidificados tantas veces sea necesario. Son materiales ligeros, de fácil transporte y manipulación.

Policloruro de vinilo (PVC)

Es un material rígido que mediante plastificantes se consigue transformar en flexible. Las láminas se fabrican por calandrado lo que limita el ancho de la lámina a 2 m, llegando hasta 8 m mediante sucesiva soldaduras. Su densidad es de 1250-1500 kg/m³, siendo más pesado que el polietileno. Su resistencia al rasgado es muy baja, por lo que se requiere de estructuras poco agresivas que mantengan bien sujeta la película. También se le añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes a rayos ultravioleta. Transmite la luz visible en porcentajes elevados, pero con baja dispersión.

Copolímero de etileno y acetato de vinilo (EVA)

Sintetizado por calentamiento suave de etileno y acetato de vinilo en presencia de peróxidos. La proporción usual en acetato de vinilo. Para agricultura oscila entre el 6% y el 18%. Mayor contenido en AV aumenta su capacidad al IR (rayos infrarrojos) pero disminuye su resistencia mecánica.

Los problemas más importantes que presentan son su plasticidad (cuando se estiran no se recuperan), quedan flácidos; gran adherencia al polvo lo cual en zonas secas y de vientos constantes, donde el polvo en el aire es abundante, pueden provocar reducciones en más de un 15% en transmisividad a la radiación solar.

Polietileno

Es el material plástico más extendido, debido a su precio, a sus buenas propiedades mecánicas y a la facilidad para incorporar aditivos que mejoran sus características. El polietileno (PE) junto al polipropileno (PP) y al Policloruro de

vinilo (PVC) son termoplásticos de más consumo. El PE se obtiene mediante la polimerización del etileno utilizándose en su fabricación varios procesos y sistemas catalíticos.

Propiedades importantes de una película de invernadero

López (1994) considera que los aspectos sobre que tenemos la atención al elegir un material de cubierta de invernadero, son sus propiedades fotométricas, es decir el modo en que se comportan con las radiaciones y sus propiedades térmicas, o su capacidad de aislamiento. En relación con las radiaciones hay tres factores de importancia, la transmisión, la reflexión y la absorción que definen como responde cada material a las radiaciones que recibe.

Otra característica que debe tener la película es su calibre o espesor, además de cumplir con ciertas características importantes para su mejor funcionamiento y eficiencia como son:

- a) Durabilidad (Tiempo de vida media, resistencia a la degradación por la radiación solar a si como los ataques por químicos debido a los productos fitosanitarios)
- b) Propiedades mecánicas (Resistencia a la ruptura, tracción, al impacto, lo que se traduce en un comportamiento optimo ante las agresiones climáticas como lluvia, granizo, viento, etc.)
- c) Propiedades ópticas (Transmisión de la luz visible, difusión, transparencia, lo que aumenta el calentamiento en el interior del invernadero, favoreciendo el desarrollo de las plantas)
- d) Mejor control de temperatura (Barrera al infrarrojo)
- e) Prevención de caída de gotas causadas por condensación (Antigoteo)
- f) Resistencia a la flama, funcionalidad, reciclable.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Características Generales del Área del Experimento

El presente trabajo se llevo a cabo en el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), el cual se encuentra localizado al Noreste de la ciudad de Saltillo Coahuila, en las coordenadas geográficas de 25°27' latitud Norte y 101°02' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich con una altitud promedio de 1610 msnm.

Clima

El clima de la región se define, de acuerdo a koeppen modificada por García (1987), para la adaptación de climas de la república Mexicana como un clima seco estepario, con una temperatura media anual entre 12 y 18 °C, posee un régimen de lluvias intermedio entre el verano y el invierno, codificándose el clima con la formula, BsoK(x')(e').

Donde:

Bso=Es el clima más seco de los BS

K=Templado con verano cálido, siendo la temperatura media anual de 12°C y 18°C, y la temperatura media del mes más caluroso de 18°C.

(x')=Régimen de lluvias intermedias entre verano e invierno.

(e')=Extremoso con oscilaciones entre 7 y 14°C.

La evaporación promedio mensual de 178 mm. Siendo los meses de Mayo y Junio los de mayor intensidad con 236 y 234 mm. La precipitación media anual es de 365 mm y los meses más lluviosos son los comprendidos entre Julio y Septiembre, de los cuales el más lluvioso es el mes de Julio.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con dos tratamientos y seis repeticiones para cada uno. Teniendo un total de 12 unidades experimentales, cada una constituida por una hilera de 13 bolsas con sustrato perlita.

Los tratamientos que se evaluaron fueron cubiertas plásticas para invernadero.

Tratamiento 1.- Cubierta modificada con nanopartículas

Tratamiento 2.-Cubierta plástica comercial

Los datos de este experimento fueron analizados mediante el paquete computacional Statistical Analysis System (SAS). De esta manera se obtuvo la comparación de medias para cada una de las variables.

Establecimiento del experimento

Para este proyecto se utilizaron dos invernaderos, cada uno con las mismas características que son las siguientes, invernadero tipo “capilla” con una estructura completamente metálica, con cubierta de polietileno térmico transparente. El invernadero estuvo equipado con un ventilador para el sistema de enfriamiento y equipo de fertirriego computarizado, el área sembrada fue de 180m².

Preparación de camas para el cultivo en sustratos

Se hicieron seis camas, con un canal para el drenaje, las camas fueron hechas con una pendiente leve de aproximadamente 0.5% de tal manera que el drenaje de los sacos tendiera a dirigirse al canal principal. La distancia entre camas fue de aproximadamente de 1.80 metros.

Se colocaron las bolsas contenedoras del sustrato (perlita), estos fueron de plástico color blanco calibre 400, con una longitud aproximada de 1 m y un

ancho de 40 cm. Están en un arreglo de seis hileras con trece bolsas cada una que dan un total de setenta y ocho bolsas, con seis plantas cada uno, siendo en total cuatrocientas sesenta y ocho plantas para cada invernadero.

Se tendieron mangueras de poliducto de flujo horizontal de ½" con goteros de 2 Lph de tal manera que cada bolsa de sustrato seria abastecido por 1.5 goteros, los goteros constaban con un distribuidor de 4 salidas unidas a una estaca por un tramo de tubin.

La frecuencia del riego durante los primeros días, fue de cada 30 minutos con una duración de 2 minutos por riego. Después se cambio en base a acumulación de radiación solar con el mismo tiempo de aplicación.

Material vegetativo

El hibrido de pepino evaluado fue el Sprint 440 II, para los dos invernaderos en una superficie de 180m²; este es un hibrido monoico, de polinización abierta, con una madurez de mediana a precoz y excelente potencial de producción. Tiene un desarrollo rápido y un amplio rango de adaptación, es resistente o tolerante a enfermedades. Es de floración temprana, produciendo frutos uniformes, cilíndricos, de buena longitud, de color verde intenso con espinas.

Siembra

La siembra se realizo de manera directa en las bolsas de sustrato con perlita. Esto se llevo a cabo el día 12 de Agosto de 2009 colocándose tres semillas por cada siembra esto con la finalidad de evitar fallos en la germinación.

Trasplante

Esta labor se realizo cuando las plantas presentaban de 4 a 5 hojas verdaderas. La distancia fue de 30 cm entre plantas y 180 cm entre hileras, esto se llevo a cabo el día 21 de Agosto de 2009.

Fertirriego

Para la fertirrigación del cultivo, la cual se llevo a cabo todos los días mediante el sistema de riego por goteo, se utilizaron contenedores de 1000 litros de agua, en la cual eran depositados los nutrientes a aplicar, el control y las aplicaciones se realizo con el equipo de inyección de fertilizante marca NETAJET. Este equipo se fue programando con forme se requería, según las demandas del clima y el manejo agronómico. La solución nutritiva se hizo de acuerdo a lo que se muestra en el cuadro.

Cuadro 3. Solución Nutritiva Universal. Steiner (1980).

Nitrógeno	168.00	Relación N/K = 1:1.6
Fósforo	31.00	N/P = 1:0.18
Potasio	273.00	K/P = 1: 0.07
Calcio	180.00	Ca/Mg = 1:0.26
Magnesio	48.00	
Azufre	112.00	

Fierro 2.00 Manganeseo 1.00 Boro 0.50 Cobre 0.10 Zinc 0.10

El control de la fertilización se hizo con un equipo de inyección de Fertilizante marca NETAJET. Este equipo se fue programando conforme se requería, según las demandas del clima y el manejo agronómico.

Prácticas culturales

Las plantas de pepino siempre se guían y se podan, según Cornell, (1934) en el boletín 580 de la estación experimental de New Cork, citado por Edmond, (1967).

En tutorado

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida, mejorando la aireación general de esta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallados, recolección, etc.). Todo ello repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

La sujeción suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillas) y de otro a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta. Conforme la planta va creciendo se va liando o sujetando al hilo tutor mediante anillas, hasta que la planta alcance el alambre. A partir de ese momento se dirige la planta hasta otro alambre situado aproximadamente a 0,5 m, dejando colgar la guía y uno o varios brotes secundarios. (<http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm>)

Para este caso las plantas se fueron guiando con hilos de polietileno (rafia) colgadas de hileras de alambre que se colocaron en el techo del invernadero, las plantas fueron amarradas y se guio en el hilo en sentido contrario a las manecillas del reloj. Bernat, (1990).

Poda

Las plantas fueron guiadas a un tallo principal, eliminando los brotes secundarios, también los frutos hasta una altura de 60 centímetros o hasta la séptima hoja. Con esta práctica se logra un aumento en la producción de frutos por hectárea, facilita prácticas del cultivo, mejor espaciamiento entre plantas, mantiene los frutos arriba del suelo, mayor calidad de frutos en tamaño y calidad, mayor rapidez y comodidad en la recolección.

Deshojado

Se suprimieron las hojas viejas, amarillas o enfermas. Cuando la humedad es demasiado alta será necesario tratar con pasta fungicida tras los cortes. Esta

actividad se hace con el fin de favorecer la aireación e iluminación dentro del interior por exceso de follaje.

La poda se realiza por la mañana y no se puede realizar una limpieza de hojas excesiva porque traería desequilibrios vegetativos que pueden afectar la productividad de la planta, que maduras en los frutos y tallos de las plantas por la acción de los rayos solares, Serrano, (1979).

Aclareo del fruto

Esta actividad se hizo con la finalidad de mejorar la calidad de los frutos que se recolectaran. Se limpiaron de frutos a partir de las primeras 7-8 hojas de 60 a 75 centímetros de altura aproximadamente, para que las plantas puedan desarrollar un sistema radicular fuerte antes de entrar a la etapa de producción. Los frutos que se cortan son de muy baja calidad, ya que tocan el suelo e impiden el desarrollo normal de la parte aérea de la planta limitando la producción.

Los frutos curvados, malformados y abortados deben ser eliminados cuanto antes, al igual que aquellos que aparecen agrupados en las axilas de las hojas de algunas variedades, dejando un solo fruto por axila, ya que esto facilita el llenado de los restantes, además de dar también mayor precocidad. Serrano, (1979) y <http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm>

Control fitosanitario

Se realizaron aplicaciones semanales para un control preventivo y curativo de enfermedades causadas por hongos y el control de plagas con los siguientes productos: Promyl, Bayleton, Captan, Platino, Tecto 60. Para su aplicación se utilizo una bomba manual con capacidad para 16 litros. La enfermedad que se presento fue la cenicilla polvorienta y plaga por pulgón.

Después de realizar la poda de tallos y hojas, los residuos fueron retirados del invernadero, esto con la finalidad de evitar posibles enfermedades y proliferación de las mismas.

Cosecha

Se realizó en forma manual y para cuantificar el rendimiento se utilizó una báscula de reloj con capacidad para quince kilos; el índice de cosecha que se utilizó fue el tiempo, conociendo el ciclo del cultivo.

Variables agronómicas estudiadas

Las variables de crecimiento vegetativo fueron; altura de planta, diámetro de tallo, número de entrenudos, número de flores femeninas, área foliar, tasa de crecimiento relativo, tasa de asimilación neta, razón de área foliar, índice de área foliar, rendimiento total.

Los muestreos se llevaron a cabo cada 7 días, iniciando a los 30 días después de la siembra y así sucesivamente, hasta los 100 días después de la siembra, teniendo un total de once muestreos. Las plantas fueron cortadas a nivel del suelo considerando que fueran una muestra representativa por cada tratamiento, estas muestras fueron destazadas y almacenadas en bolsas de papel previamente etiquetadas de acuerdo a cada tratamiento, posteriormente se metieron a la estufa a una temperatura de 75°C durante una semana. Una vez totalmente secas, se procedió a pesar las muestras de cada una de las partes mencionadas en una balanza electrónica AND-HR-120. Los resultados también fueron expresados en gr. Con los pesos secos de las diferentes estructuras de la planta se llevó a cabo un análisis de crecimiento del cultivo, siguiendo la metodología descrita por Hunt (1982).

Altura de Planta

Esta variable siempre fue tomada de seis plantas que se seleccionaban de cada unidad experimental con la ayuda de una cinta métrica. Este dato se inició y dejó de tomarse de los 30 a los 100 días después de emergencia respectivamente.

Diámetro de tallo

Los datos obtenidos para dicha variable fueron en las mismas plantas seleccionadas para altura al igual se efectuaron en las mismas fechas. La medición se hacía colocando un vernier a aproximadamente 2 cm arriba de la base del tallo de la planta.

Número de entrenudos

Para esta variable los datos se tomaron de las mismas plantas antes seleccionadas, contándose los números de entrenudos que tenía cada planta seleccionada en cada tratamiento.

Número de flores femeninas

Se hizo el conteo de flores femeninas a las seis plantas seleccionadas de cada tratamiento.

Número de frutos

Se etiquetaron diez plantas en cada tratamiento para realizar un conteo de los frutos cosechados en cada corte y de cada planta.

Rendimiento por corte

Para obtener esta variable se pesaron los frutos cosechados en cada corte de cada planta etiquetada, llevando un registro en cada cosecha.

Rendimiento total

Para calcular el rendimiento se utilizó los resultados de los cortes efectuados estos se tomaron una vez contabilizado el número de frutos de cada unidad, después se procedió a pesar el total de los frutos obtenidos.

Análisis de crecimiento del cultivo

El análisis de crecimiento de plantas puede basarse directamente en la evolución cronológica de medidas tales como peso seco, longitud de tallos, número de hojas, número de ramas, etc. (Manrique, 1990) con estas medidas pueden ser calculados la tasa de crecimiento relativo, razón de peso foliar, tasa de asimilación neta, etc. (Ascencio y Fargas, 1973, Leopold, 1974; Niewhof, 1993)

Mientras los primeros, tienen que ver con el desarrollo absoluto de la planta, los segundos explican su eficiencia en acumular materia seca como producto de sus procesos metabólicos.

Área foliar

Como primer paso se eliminaron las hojas de los tallos colocándolas sobre bolsas de papel estraza de manera que estas quedaran totalmente extendidas para posteriormente medirlas, utilizando un medidor de Área foliar LI-COR, modelo LI-3100 AREA METER. Previamente calibrado con una forma metálica de 50 cm². Los resultados fueron expresados en cm².

Tasa de crecimiento relativo (TCR)

La tasa de crecimiento relativo es un incremento de material vegetal por unidad de material vegetal presente, por unidad de tiempo. Representa la eficiencia de la planta como productora de nuevo material. Se expresa en g/g*día. (Hunt, 1998).

$$TCR = \frac{\ln(PS_2) - \ln(PS_1)}{T_2 - T_1}$$

TCR= Tasa de crecimiento relativo

Ln= Log. Natural

PS₂= Peso seco tiempo dos

PS₁= Peso seco tiempo uno

T₁= Tiempo uno

T₂= Tiempo dos

Tasa de asimilación neta (TAN)

La tasa de asimilación neta es uno de los más importantes índices del análisis de crecimiento, porque mide en forma indirecta la fotosíntesis realizada por la planta en intervalos de tiempo, junto con la tasa unitaria. La eficiencia fotosintética de las plantas se expresa en términos de la TAN, es la unidad de materia seca producida por unidad de hoja y por unidad de tiempo. Sus unidades de medida son g/cm²*día o g/m²*día

$$TAN = \left[\frac{(PST_2 - PST_1)}{(T_2 - T_1)} * \frac{\ln(AF_2) - \ln(AF_1)}{(AF_2 - AF_1)} \right]$$

Donde

TAN= Tasa de asimilación neta

PST₂= Peso seco total en el tiempo dos

PST₁= Peso seco total en el tiempo uno

T₁= Tiempo uno

T₂= Tiempo dos

Ln= Log. Natural

AF₂= Área foliar en el tiempo dos

AF₁= Área foliar en el tiempo uno

Razón de área foliar (RAF)

La razón de área foliar de una planta o un cultivo en cualquier instante de tiempo es la razón del material asimilatorio por unidad de material vegetal presente. Esta variable relaciona la respiración y la fotosíntesis dentro de la planta, se define como la relación que existe entre el área foliar y el peso seco total de la planta. Sus unidades de medida son $\text{cm}^2/\text{día}$

$$RAF = \left[\frac{\frac{(AF_1)}{(PST_1)} + \frac{(AF_2)}{(PST_2)}}{2} \right]$$

Donde

RAF= Razón de área foliar

AF₂= Área foliar en el tiempo dos

AF₁= Área foliar en el tiempo uno

PST₂= Peso seco total en el tiempo dos

PST₁= Peso seco total en el tiempo uno

Índice de área foliar (IAF)

Se define como la relación que existe entre el área foliar de la planta y el área del terreno que ocupa. Unidades adimensionales

$$IAF = \left(\frac{\textit{Area foliar de la planta}}{\textit{Area del terreno que ocupa}} \right)$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) realizado, no existe diferencias significativas entre tratamiento, como se muestra en los cuadros A.1 (A: Anexo), por lo que se asume que el comportamiento entre tratamientos es igual. Sin embargo al realizar la comparación de medias de Tukey (Tukey, 0.05), cuadro 4, muestra que si hubo diferencias. Lo que demuestra que el comportamiento del híbrido de pepino Sprint 440 II no son iguales con respecto a esta variable y bajo estas condiciones. Aunque se observa que en el primero, quinto, noveno, decimo y el ultimo muestreo no hubo diferencias significativas.

Algo muy importante por señalar es que el tratamiento con la película plástica modificada con nanopartículas fue el de mayor altura, esto influyó notablemente en su rendimiento, ya que se obtuvo un mayor número de frutos.

Cuadro 4. Comparación de medias de altura de plantas del cultivo de pepino cultivado bajo invernadero con plástico modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y plástico comercial (Tratamiento2).

Altura de Planta (cm)						
Fuente	30DDS	37DDS	44DDS	51DDS	58DDS	65DDS
Tratamiento 1	18.783a	64.667a	113.083a	159.833a	177.383a	208.25a
Tratamiento 2	16.700a	46.417b	102.050b	136.167b	165.628a	186.00b
CV	10.03	20.52	5.73	5.80	6.419	5.42
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.						

Continuación del cuadro 4.

Altura de Planta (cm)					
Fuente	72DDS	79DDS	86DDS	93DDS	100DDS
Tratamiento 1	232.650a	245.833a	261.50a	259.33a	258.08a
Tratamiento 2	217.583b	232.667b	248.25a	243.17a	249.67a
CV	4.30	5.87	6.20	8.28	10.00
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					

En la figura 1. Se observa que el tratamiento bajo invernadero con la película plástica modificada con nanopartículas numéricamente fue el que mayor altura presentó con respecto al cultivado bajo invernadero con plástico comercial.

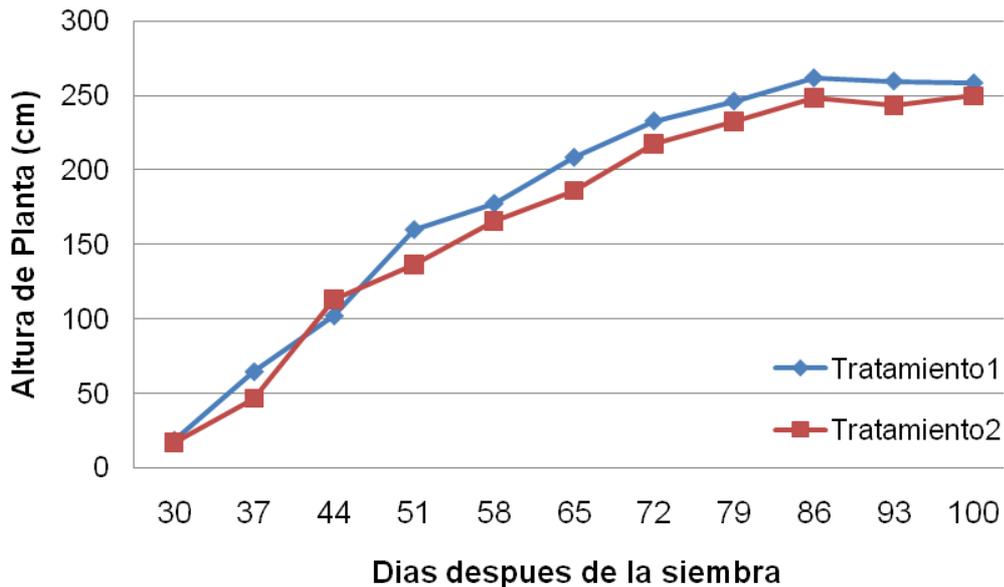


Figura 1. Altura entre plantas del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivadas bajo invernadero con película plástica modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y película plástica comercial (Tratamiento2).

Diámetro de tallo

De acuerdo a la comparación de medias para el diámetro de tallo (Cuadro 5.), se observó que a los 51 días después de la siembra si hubo diferencias estadísticas significativas, pero que quizás en este muestreo la planta que se eligió al azar fue la más pequeña, lo que influyó que hubieran diferencias. Mientras que en los demás muestreos no existen diferencias estadísticas significativas. Esto muestra que los dos tratamientos evaluados bajo invernadero con plástico modificado con nanopartículas y plástico comercial se comportaron iguales estadísticamente con respecto a esta variable.

Cuadro 5. Comparación de medias de diámetros de tallo de plantas del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con película plástica modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y película plástica comercial (Tratamiento2).

Diámetro de Tallo (mm)						
Fuente	30DDS	37DDS	44DDS	51DDS	58DDS	65DDS
Tratamiento 1	7.948a	7.840a	8.603a	9.351a	7.543a	8.715a
Tratamiento 2	7.500a	7.460a	8.488a	7.538b	7.413a	7.968a
CV	10.38	7.67	9.71	6.15	7.01	7.00
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes						

Continuación del cuadro 5.

Diámetro de Tallo (mm)					
Fuente	72DDS	79DDS	86DDS	93DDS	100DDS
Tratamiento 1	9.015a	9.618a	9.890a	8.920a	9.743a
Tratamiento 2	8.956a	8.891a	7.901a	8.600a	8.490a
CV	10.24	7.51	6.51	6.23	10.47
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					

Sin embargo, numéricamente se encontró que las plantas cultivadas bajo invernadero con película plástica modificado con nanopartículas fueron los que presentaron mayor diámetro de tallo en sus plantas seguido del cultivado bajo película comercial. Figura 2

El diámetro de tallo se considera como una muestra vigorosa de la planta debido a que al tener tallos más gruesos dan como resultado plantas más fuertes y resistentes a ciertas condiciones desfavorables como el viento.

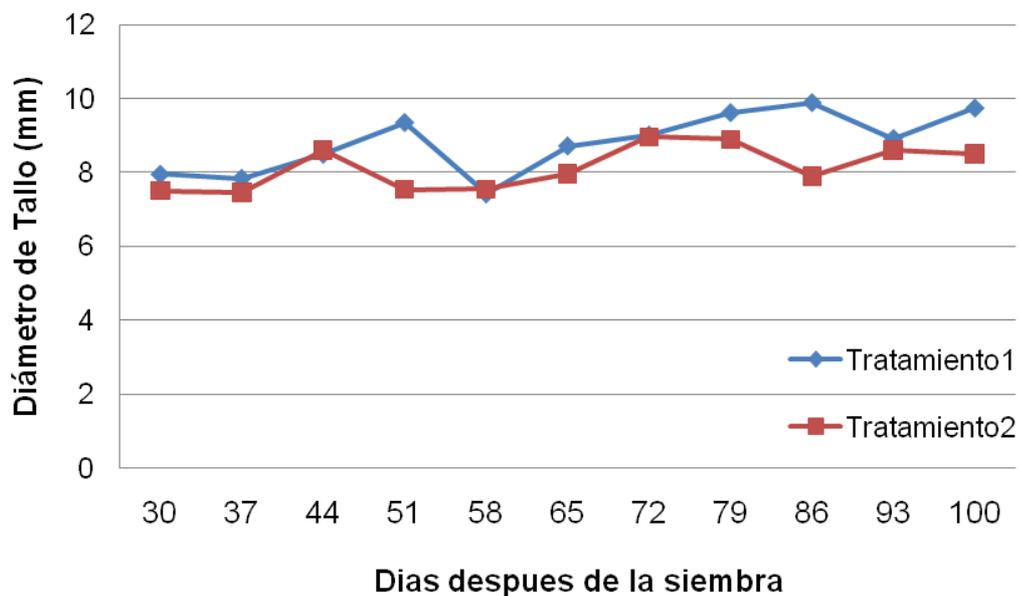


Figura 2. Diámetro de tallo entre plantas del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivadas bajo invernadero con plástico modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y plástico comercial (Tratamiento2).

Ledesma (1994) afirma que la calidad de la luz tiene gran influencia en los procesos fisiológicos de la planta ya que las cubiertas plásticas de PVC blanco y PE amarillo aumentaron el diámetro de tallo, Roberto y Martin 1989, Serrano 1990 citan que las cubiertas plásticas de determinado espesor, calidad y cantidad de luz tienen efectos positivos en el desarrollo de la planta aumentando el diámetro de tallo, coincidiendo con el presente trabajo ya que la cubierta plástica modificada con nanopartículas permite una cantidad y calidad de luz eficiente para el crecimiento y desarrollo de la planta proporcionándole un mayor diámetro de tallo a la planta.

Número de entrenudos

Esta variable se evaluó cada 7 días después de la siembra, los resultados se obtuvieron mediante la aplicación del ANVA. El siguiente cuadro nos muestra que en las medias, si se encontraron diferencias significativas entre tratamientos tal y como se observa en el cuadro 6. Aunque en el segundo

y noveno muestreo no hubo diferencias significativas, esto pudo ser porque la planta muestreada fueron casi del mismo tamaño en ambos tratamientos.

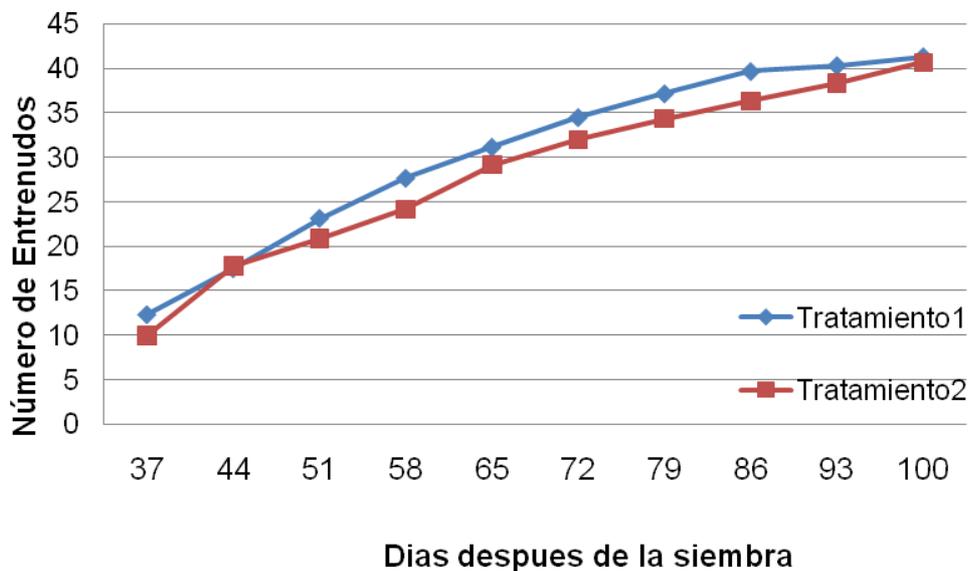
Cuadro 6. Comparación de número de entrenudos por planta del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con película plástica modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y película plástica comercial (Tratamiento2).

Número de Entrenudos					
Fuente	37DDS	44DDS	51DDS	58DDS	65DDS
Tratamiento 1	12.333a	17.833a	23.166a	27.666a	31.166a
Tratamiento 2	10.000b	17.500a	20.833b	24.166b	29.166b
CV	9.53	6.27	4.91	5.74	4.41
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					

Continuación del cuadro 6.

Número de Entrenudos					
Fuente	72DDS	79DDS	86DDS	93DDS	100DDS
Tratamiento 1	34.500a	37.166a	39.666a	40.333a	38.333a
Tratamiento 2	32.000b	34.333b	36.333b	38.333a	40.667b
CV	5.82	3.77	4.30	4.45	7.26
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					

Para observar con mayor detalle la tendencia entre los tratamientos, se construyó la figura 3, donde se muestra que el tratamiento uno fue el mejor, al compararlo con el tratamiento dos. Entre los tratamientos hubo un incremento de 2 a 3 entrenudos por planta; lo cual, nos indica que el mayor número de entrenudos se debió principalmente a que con el uso de nanopartículas de arcilla, incorporadas en las películas plásticas para invernadero existe una mayor división celular en las plantas.



F

figura 3. Número de entrenudos por planta en el híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con cubierta plástica modificada con nanopartículas (Tratamiento1) y bajo invernadero con cubierta plástica comercial (Tratamiento2).

Número de flores femeninas

El análisis de varianza no presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos como se muestra en los cuadros A4 (A: Anexo). En el cuadro 7. Se presenta la media de número de flores femeninas, de cada fecha de muestreo, donde se observa, que bajo los dos tratamientos esta variable se comportó de manera similar durante los muestreos. Sin embargo, numéricamente se pudo ver una diferencia de 2 a 4 flores en cada media favoreciendo al tratamiento uno con un mayor número de flores femeninas. Esto pudo ser porque las condiciones ambientales dentro del invernadero con cubierta plástica modificada con nanopartículas le beneficiaron más a la planta.

La floración es inducida por las hojas que funcionan como receptores captando la luz y el tallo funciona como reactor para la inducción floral, la alta intensidad de radiación dentro del invernadero puede afectar la floración, debido

a que se incrementa la temperatura y la humedad relativa provocando un abortamiento de flores debido a que sufre un estrés hídrico Bidwell (1993).

Cuadro 7. Comparación de número de flores femeninas por planta del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con película plástica modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y película plástica comercial (Tratamiento2).

Número de Flores Femeninas									
Fuente	44 DDS	51 DDS	58 DDS	65 DDS	72 DDS	79 DDS	86 DDS	93 DDS	100 DDS
Trat1	10.50 a	14.00 a	18.00 a	22.50 a	22.00 a	24.17 a	18.83 a	22.18 a	27.83 a
Trat2	10.33 a	13.00 a	16.00 a	20.33 a	20.66 a	20.00 a	17.50 a	20.50 a	22.66 a
CV	34.46	13.25	28.46	12.25	17.12	17.59	30.07	26.53	22.83

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

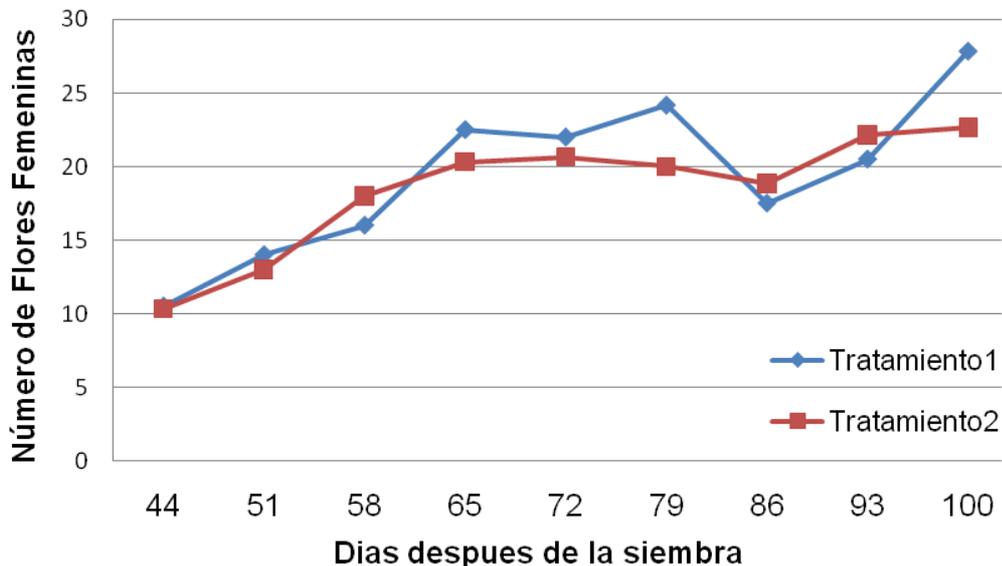


Figura 4. Número de flores femeninas por planta en el híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con cubierta plástica modificada con nanopartículas (Tratamiento1) y bajo invernadero con cubierta plástica comercial (Tratamiento2).

Número de frutos

Al realizar la comparación de medias (Cuadro. 8), donde se muestran los datos acumulados de número de frutos cosechados por plantas donde no se encontró diferencias estadísticas significativas. Esto demuestra que los dos tratamientos evaluados se comportan de la misma manera con respecto a esta variable y bajo las condiciones de invernadero con película plástica modificada con nanopartículas y bajo invernadero con película plástica comercial.

Cuadro 8. Comparación de datos acumulados de número de frutos por muestreo del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con película plástica modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y película plástica comercial (Tratamiento2).

Número de Frutos por Corte		
Datos Acumulados		
Cortes	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Corte 1	5	8
Corte 2	14	14
Corte 3	20	22
Corte 4	27	28
Corte 5	39	32
Corte 6	43	37
Corte 7	49	43
Corte 8	55	50
Corte 9	64	57
Corte 10	72	62
Media	38.5 a	35.3a

Pero al analizar la gráfica correspondiente a los números de frutos (Figura 5.), se observó que numéricamente en el tratamiento uno mostro un máximo potencial de frutos, siendo el invernadero con la película plástica modificada con nanopartículas el más alto en base a esta variable.

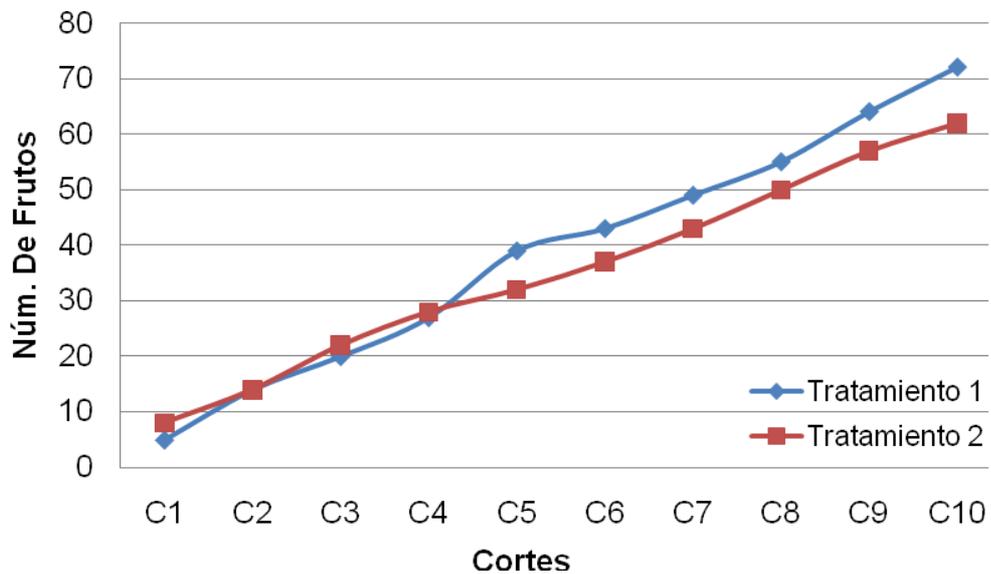


Figura 5. Número de frutos por corte del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivadas bajo invernadero con plástico modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y plástico comercial (Tratamiento2).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Díaz (1999) quien al evaluar tres híbridos de pepino (Conquistador, Cortez y Sprint 440), encontró que el híbrido Sprint 440 fue el que arrojó mayor número de frutos por planta, aunque en los muestreos restantes no encontró diferencia significativa entre tratamientos.

Hernández (1999) menciona que la alta luminosidad y temperatura del ambiente dentro del invernadero tiene efectos desfavorables sobre el crecimiento y desarrollo de los tejidos vegetales disminuyendo el número de frutos en planta, ya que también coinciden con Bidwell (1993) quien afirma que el número de frutos es afectado por la alta radiación y temperatura ya que la flor no alcanza a polinizarse a altas temperaturas por lo que no ocurre el amarre de frutos Bidwell (1993).

Rendimiento por corte

El análisis realizado para el rendimiento (Cuadro. 9), nos muestra los datos de rendimiento por corte donde no se encontró diferencias estadísticas significativas. Esto demuestra que los dos tratamientos evaluados se comportaron de igual manera con respecto a esta variable y bajo las condiciones de invernadero con película plástica modificada con nanopartículas y bajo invernadero con película plástica comercial.

Cuadro 9. Comparación de datos acumulados de rendimiento por corte del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con película plástica modificada con nanopartículas (Tratamiento1) y película plástica comercial (Tratamiento2).

Datos Acumulados		
Rendimiento por Corte		
Cortes	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Corte 1	1.8 kg	2.4 kg
Corte 2	5.2 kg	4.2 kg
Corte 3	7.1 kg	6.2 kg
Corte 4	9.3 kg	7.5 kg
Corte 5	13.6 kg	8.0 kg
Corte 6	15.2 kg	8.8 kg
Corte 7	16.7 kg	10.0 kg
Corte 8	18.4 kg	11.4 kg
Corte 9	20.4 kg	13.1 kg
Corte 10	23.3 kg	13.9 kg
Media	13.1 a	8.6 a

Al graficar los datos correspondientes al rendimiento (Figura 6.), se observó que en el tratamiento uno se obtuvo un mayor rendimiento en la mayoría de las plantas muestreadas ya que los frutos cosechados pesaron más que los cortados en el tratamiento dos, siendo el invernadero con la cubierta película plástica modificada con nanopartículas el más alto en base a esta variable.

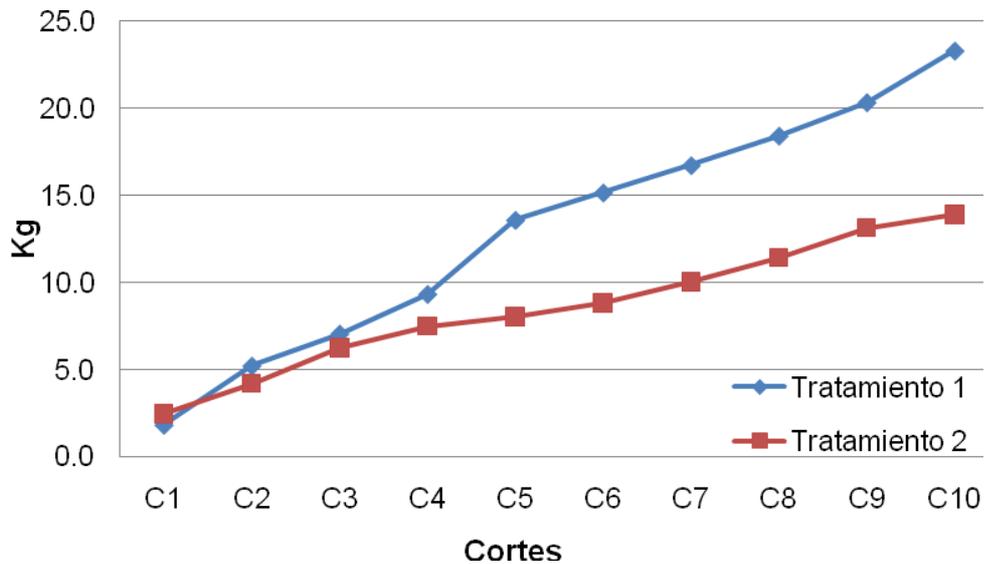


Figura 6. Rendimiento por corte del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivadas bajo invernadero con cubierta plástica modificada con nanopartículas (Tratamiento1) y plástico comercial (Tratamiento2).

Rendimiento total

En el siguiente cuadro (Cuadro 10.), se muestra que numéricamente en la mayoría de los cortes si hubo diferencias, donde el tratamiento uno, cultivo bajo invernadero con película plástica modificada con nanopartículas fue mejor que el obtenido bajo invernadero con película plástica comercial en cuando a rendimiento en base a esta variable.

Aguirre (1985) demostró que trabajando con pepino en tres cubiertas para invernadero la que mejor se comporto fue la cubierta de larga duración, obteniendo los más altos rendimientos, ya que este material era el que le proporcionaba las condiciones más óptimas a la planta, en las otras dos cubiertas (cubierta normal y térmica) fue disminuyendo el rendimiento debido a que las temperaturas y la radiación aumentaron dentro del invernadero.

El presente trabajo coincide en parte con lo que menciona Aguirre, ya que una cubierta con buena transmisión de radiación, pero que influye en una menor temperatura dentro del invernadero, fue la que mejor rendimiento provoco.

Cuadro 10. Comparación en peso acumulado en cada corte del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivado bajo invernadero con película plástica modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y plástico comercial (Tratamiento2).

Kilogramos en 180 m²		
Datos acumulados		
Cortes	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Corte 1	206.8 kg	119.6 kg
Corte 2	229.3 kg	140.2 kg
Corte 3	275.0 kg	184.9 kg
Corte 4	313.4 kg	218.9 kg
Corte 5	406.3 kg	289.4 kg
Corte 6	459.3 kg	341.2 kg
Corte 7	492.7 kg	407.0 kg
Corte 8	561.3 kg	507.2 kg
Corte 9	628.4 kg	565.4 kg

Al analizar la gráfica (Figura 7.) se observó que desde un principio (T1) fue el que mayor rendimiento presenta; posteriormente en todos los cortes se manifestó lo mismo obteniéndose un potencial máximo de rendimiento en todos los cortes, resultando el tratamiento uno ser el mayor en cuanto a esta variable. A pesar de ello, el tratamiento dos también mantuvo una tendencia estable.

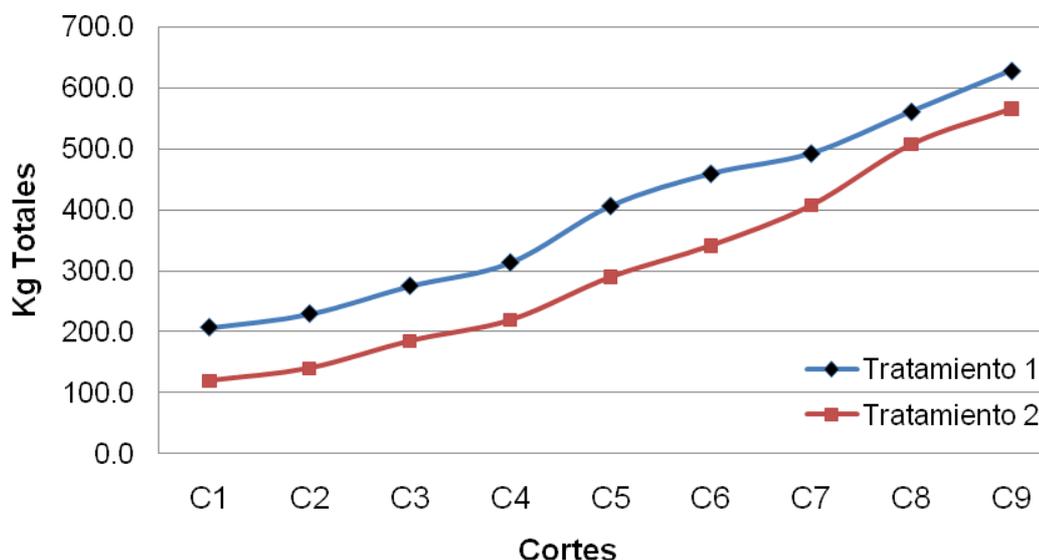


Figura 7. Rendimiento obtenido de cada corte realizado del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con plástico modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y bajo invernadero con película plástica comercial (Tratamiento2).

El rendimiento total encontrado en esta investigación, el tratamiento uno con 34.91 toneladas por hectárea superó en un 11.13%, al tratamiento dos con 31.4 toneladas por hectárea con una diferencia de 3.5 toneladas por hectárea.

Los resultados concuerdan con los obtenidos por Raygoza (2003), quien al evaluar cuatro híbridos de pepino (*Cucumis Sativus L.*) en el ciclo de primavera verano encontró que el híbrido Sprint 440 supero a los híbridos Dasher, Turbo y Cortés.

(Sánchez 2002) Al evaluar cuatro híbridos de pepino (*Cucumis S.L*) bajo condiciones de invernadero, el híbrido Sprint supero al Dasher, Turbo y Cortez con un rendimiento de 37.41 toneladas por hectárea. Para las variables, diámetro de fruto el híbrido Turbo fue superior a los otros tres.

(Díaz 1999) al evaluar tres híbridos de pepino, Sprint, Cortez y Conquistador en condiciones normales con cubierta para acolchado transparente, registro un mayor rendimiento el híbrido Sprint con 29.82 toneladas por hectárea, Cortez con 26.3 toneladas por hectárea y el Conquistador con 22.88 toneladas por hectárea respectivamente.

También concuerdan con los resultados obtenidos por (Quezada et. al. 1991) quienes al evaluar cuatro variedades de pepino dos de tipo pickle y dos de ciclo corto (Sprint 440 y Raider), el Sprint 440 fue el que obtuvo mayor rendimiento del Raider.

Área foliar

El análisis de las medias para Área foliar (Cuadro 11.), se encontró que hay diferencias significativas en algunos de los muestreos realizados. Esto demuestra que el híbrido de pepino Sprint 440 II evaluado se comportan diferente con respecto a esta variable y bajo las condiciones de invernadero con película plástica modificado con nanoparticulas y bajo invernadero con cubierta plástica comercial.

A pesar de ello, se observó notablemente que el cultivo bajo invernadero con plástico modificado con nanoparticulas fue el que mayor área foliar obtuvo en todos los muestreos, posteriormente le sigue el cultivado bajo invernadero con plástico comercial. Los resultados parecen indicar que la capacidad para la producción de área foliar fue lenta en el segundo tratamiento debido principalmente al autosombreo que ocurre entre las hojas ubicadas en los diferentes estratos de la planta (Reta, 1986), y el incremento marcado en el tratamiento uno pueden atribuírsele a que la cubierta plástica modificada con nanoparticulas colaborara para que las plantas cultivadas bajo esta condición mantuvieran una capacidad fotosintética superior.

Sin embargo, podría pensarse que esta variable si influye en cierto grado en el rendimiento, ya que el tratamiento uno fue el que siempre presento más área foliar en la mayoría de los muestreos realizados y que al final del ciclo fue donde se obtuvo más alto rendimiento.

Cuadro 11. Comparación de medias de área foliar de plantas del híbrido pepino Sprint 440 II, cultivado bajo invernadero con cubierta plástica modificado con nanoparticulas (Tratamiento1) y cubierta plástica comercial (Tratamiento2).

Área Foliar (cm²)						
Fuente	30DDS	37DDS	44DDS	51DDS	58DDS	65DDS
Tratamiento 1	615.94a	1663.6a	2634.9a	3505.1qa	3788.3a	4414.9a
Tratamiento 2	505.5a	1107.7b	2445.1a	2557.2b	3342.5a	3673.1b
CV	15.54	20.60	17.92	11.08	39.91	11.03
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.						

Continuación del cuadro 11.

Área Foliar (cm²)					
Fuente	72DDS	79DDS	86DDS	93DDS	100DDS
Tratamiento1	3710.2a	3793.5a	5056.1a	5240.9a	5168.0a
Tratamiento 2	3052.5b	3537.3a	4191.3b	4688.3a	4897.4a
CV	12.77	17.60	13.24	19.64	18.35
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					

Esto es muy importante, sí consideramos que el rendimiento de un cultivo está en parte, en la capacidad de asimilar la radiación solar, ya que es donde la capacidad fotosintética se ve reflejada en la formación de frutos y en el rendimiento en peso.

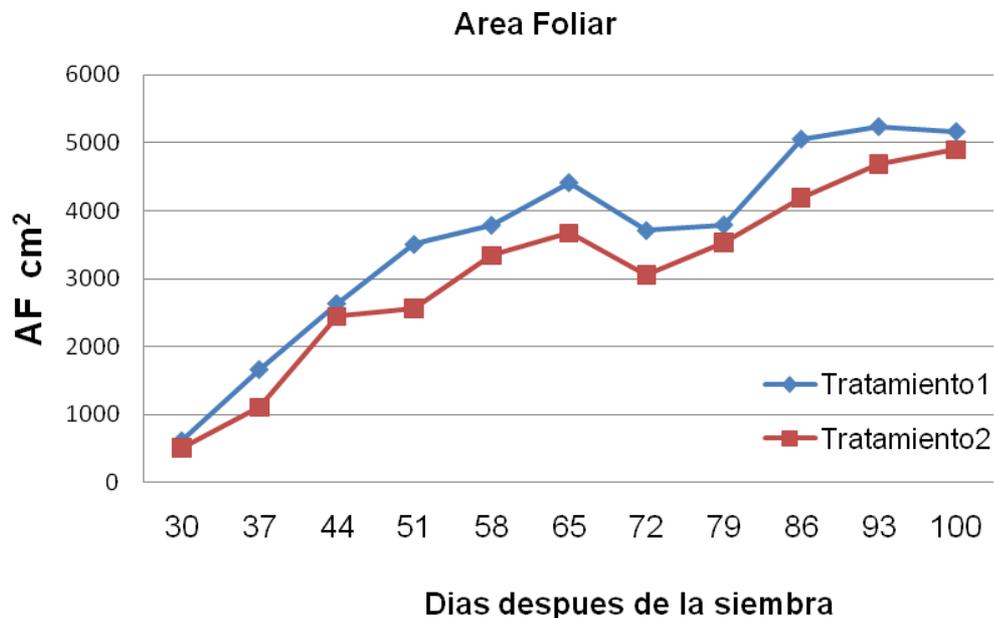


Figura 8. Área foliar (AF) entre plantas del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivadas bajo invernadero con plástico modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y plástico comercial (Tratamiento2).

Tasa de crecimiento relativo (TCR)

Para la comparación de medias realizado para la tasa de crecimiento relativo (Cuadro 12.), Se muestra que hay diferencias estadísticas significativas en la mayoría de los muestreos realizados. Siendo los muestreos dos (44DDS), siete (79DDS) y diez (100DDS) de nivel A donde no hubieron diferencias estadísticas significativas, según Tukey al 0,05. Esto demuestra que el cultivo de este híbrido de pepino se comporta diferente con respecto a esta variable y bajo estas condiciones de invernadero con cubierta plástica modificada con nanopartículas y bajo invernadero con cubierta plástica comercial.

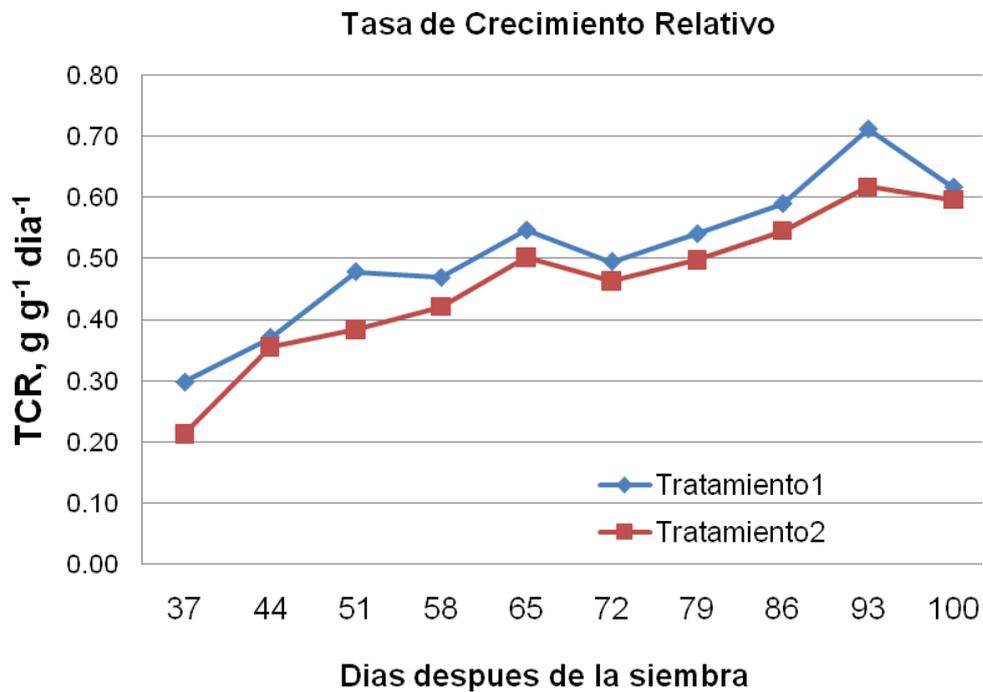
Cuadro 12. Comparación de medias de la tasa de crecimiento relativo (TCR) del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con cubierta plástica modificada con nanopartículas (Tratamiento1) y cubierta plástica comercial (Tratamiento2).

Tasa de Crecimiento Relativo ($\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$)					
Fuente	37DDS	44DDS	51DDS	58DDS	65DDS
Tratamiento 1	0.297a	0.370a	0.477a	0.468a	0.545a
Tratamiento 2	0.213b	0.355a	0.477b	0.421b	0.502b
CV	15.89	10.36	4.79	4.52	4.95
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes					

Continuación del cuadro 12.

Tasa de Crecimiento Relativo ($\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$)					
Fuente	72DDS	79DDS	86DDS	93DDS	100DDS
Tratamiento 1	0.494a	0.539a	0.588a	0.710a	0.616a
Tratamiento 2	0.462b	0.539a	0.545b	0.616b	0.596a
CV	4.93	6.73	5.53	9.47	5.13
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					

En la Figura 9. Se presenta la TCR para los dos tratamientos en estudio, en $\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$, mostrando la mejor respuesta el tratamiento uno con una mayor acumulación de biomasa presente, por unidad de biomasa producida, por unidad de tiempo en la mayoría de los muestreos. Este parámetro proporciona una integración conveniente del desarrollo combinado de varias partes de la planta (Hunt, 1981)



Fig

ura 9. Tasa de crecimiento relativo (TCR) del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivado bajo invernadero con cubierta plástica, modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y cubierta con plástico comercial (Tratamiento2).

La TCR se define en cualquier instante de tiempo como el incremento del material vegetal presente y es el único componente del análisis de crecimiento que no requiere el conocimiento del tamaño del sistema asimilatorio (Beadle, 1988).

Weiss (1995) asegura que la luz es esencial para el crecimiento normal de la planta, porque esta provee de energía para la fotosíntesis y muchas de las señales ambientales que regulan el desarrollo de las plantas.

Salisbury y Ross (1994) mencionan que el crecimiento vegetal es extremadamente sensible a la temperatura. Un cambio de pocos grados da lugar a un cambio significativo en la tasa de crecimiento, por lo tanto cualquier

especie o variedad posee en cualquier estado de su ciclo de vida una temperatura mínima, óptima y una máxima.

Tasa de asimilación neta (TAN)

La eficiencia para producir fotoasimilados es medida por la TAN y es este caso como se muestra en la Figura 10, se presenta la tasa de asimilación neta en $\text{g cm}^2 \text{ día}^{-1}$ para el híbrido de pepino Sprint 440 II, en donde se observa un patrón muy similar para los dos tratamientos, presentando una TAN superior el tratamiento uno, en el tercero y noveno muestreo. Para el último muestreo, los dos tratamientos mostraron un pronunciado decremento causado por la senescencia de las hojas inferiores.

Aunque el tratamiento uno presentó mejor superioridad esta no fue suficiente para reflejar diferencias estadísticas en el análisis de varianza. Por lo que se demuestra que en base a esta variable el cultivo se comportó de manera muy similar en los dos tratamientos.

Al respecto Ascencio *et al.* (1973) indican que en el cultivo de frijol la eficiencia fotosintética y la productividad dependen de un número elevado de hojas por plantas.

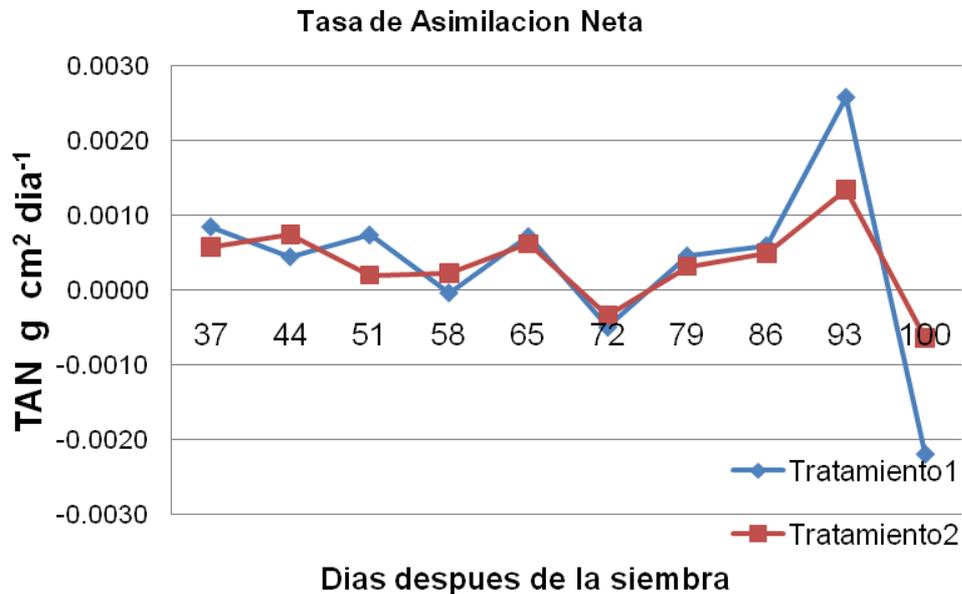


Figura 10. Tasa asimilación neta (TAN) del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivado bajo invernadero con cubierta plástica, modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y cubierta con plástico comercial (Tratamiento2).

Bruggink y Heuvelink (1987) reportan que una baja RFA de 400 a 300 J/cm² día redujo la tasa de asimilación neta en plantas de tomate, pepino y chile dulce cultivados en invernadero, sin embargo, la tasa de crecimiento relativa permaneció casi sin cambio, debido a un incremento en la razón de área foliar (cm²/g).

Rusell et al. (1984) determinaron que la TAN se incrementa con la temperatura dentro de un rango específico, para un cultivo dado. Al respecto Hunt (1988) menciona que la disminución en los valores de la TAN se debe a la proximidad de la madurez del cultivo y a la pérdida de eficiencia del dosel para realizar fotosíntesis.

Razón de área foliar (RAF)

En el cuadro 13. Se muestra la comparación de medias de razón de área foliar. Se puede observar que la comparación de medias a partir de los 37DDS

al 65DDS los tratamientos fueron estadísticamente diferentes, pero a partir del sexto muestreo hasta el último los dos tratamientos se comportaron estadísticamente iguales.

Cuadro 13. Comparación de medias de razón de área foliar (RAF) del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con cubierta plástica modificada con nanopartículas (Tratamiento1) y cubierta plástica comercial (Tratamiento2).

Razón de Área Foliar					
Fuente	37DDS	44DDS	51DDS	58DDS	65DDS
Tratamiento 1	207.037a	188.143a	162.000a	149.090a	125.360a
Tratamiento 2	194.885b	173.629b	139.037b	119.430b	108.650b
CV	4.079	3.583	6.948	17.085	21.178
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					

Continuación del cuadro 13.

Razón de Área Foliar					
Fuente	72DDS	79DDS	86DDS	93DDS	100DDS
Tratamiento 1	101.994a	100.712a	91.719a	76.409a	68.798a
Tratamiento 2	97.371a	91.825a	78.557a	58.166a	51.888a
CV	10.436	7.252	15.883	25.544	22.444
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					

En la figura 11, se presenta la razón de área foliar, en $\text{cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$, los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento uno. El tratamiento dos mostró un marcado descenso para la mayoría de los muestreos. Lo que refleja una pronunciada pérdida del sistema asimilatorio, al prevalecer el peso de ramas y tallos. Fakorede y Mock (1980) utilizaron la TRCF y RAF, en la evaluación de ciclos de selección en maíz y encontraron una tendencia similar,

aunque en la TRCF se obtuvieron valores negativos a partir del cuarto muestreo, hasta el sétimo y último muestreo.

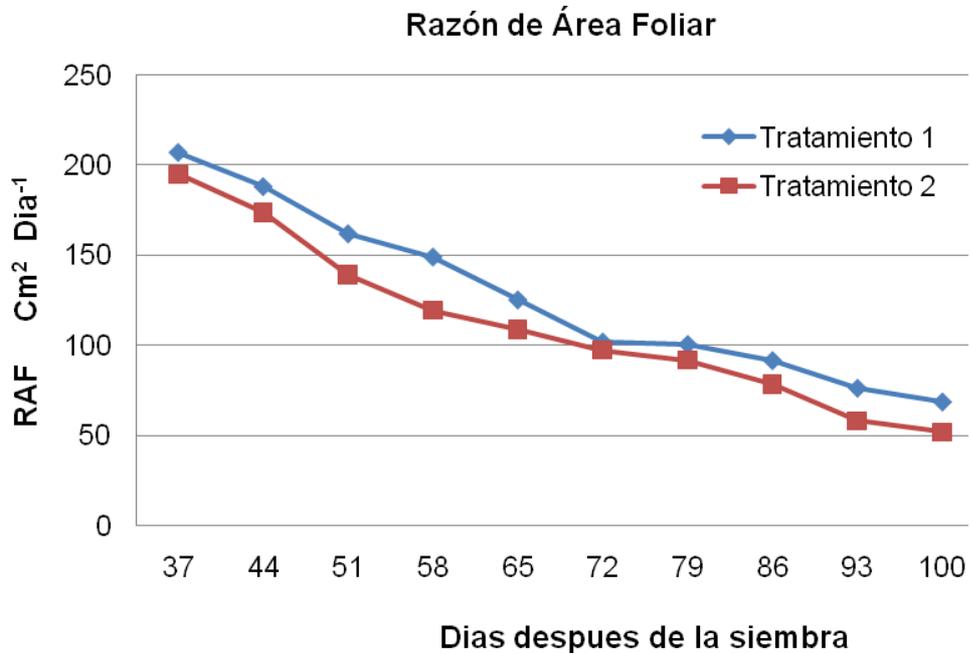


Figura 11. Razón de área foliar (RAF) del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivado bajo invernadero con cubierta plástica, modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y cubierta con plástico comercial (Tratamiento2).

Índice de área foliar (IAF)

En el cuadro 14. Se muestra la comparación de medias de índice de área foliar. Los análisis de varianza para el índice de área foliar indican que existen diferencias significativas entre tratamientos en las diferentes fechas de muestreo cuadros A9 (A: Anexo). Se puede observar que la comparación de medias en los muestreos 30DDS, 44DDS, 58DDS, 79DDS, 93DDS y 100DDS los tratamientos fueron estadísticamente iguales, pero en los muestreos 37DDS, 51DDS, 65DDS, 72DDS y a los 86DDS los tratamientos se comportaron estadísticamente diferentes.

Cuadro 14. Comparación de medias de índice de área foliar (IAF) del híbrido de pepino Sprint 440 II cultivado bajo invernadero con cubierta plástica modificada con nanopartículas (Tratamiento1) y cubierta plástica comercial (Tratamiento2).

Índice de Área Foliar						
Fuente	30DDS	37DDS	44DDS	51DDS	58DDS	65DDS
Tratamiento 1	2053.1a	5545.3a	8783.2a	11683.8a	12628.0a	14716.3a
Tratamiento 2	1685.0a	3692.5b	8150.5a	8523.9b	11142.0a	12243.6b
CV	15.53	20.60	17.92	11.08	39.91	11.03
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.						

Continuación del cuadro 14.

Índice de Área Foliar					
Fuente	72DDS	79DDS	86DDS	93DDS	100DDS
Tratamiento 1	12367.3a	12645.0a	16854.0a	17470.0a	17227.0a
Tratamiento 2	10175.2b	11791.0a	13971.0b	15628.0a	16325.0a
CV	12.77	17.60	13.23	19.64	18.35
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					

En la Figura 12, se observa la tendencia del IAF, presentando el tratamiento uno el nivel A en los once muestreos, seguido por el tratamiento dos con niveles más bajos, respectivamente. Hay (1989) reporta valores de IAF que van desde tres hasta ocho en distintas variedades de papa en Inglaterra. Así mismo, menciona que se ha encontrado poca ventaja en el rendimiento en altos IAF, debido a que los estratos medios e inferiores no reciben suficiente luz para la función fotosintética.

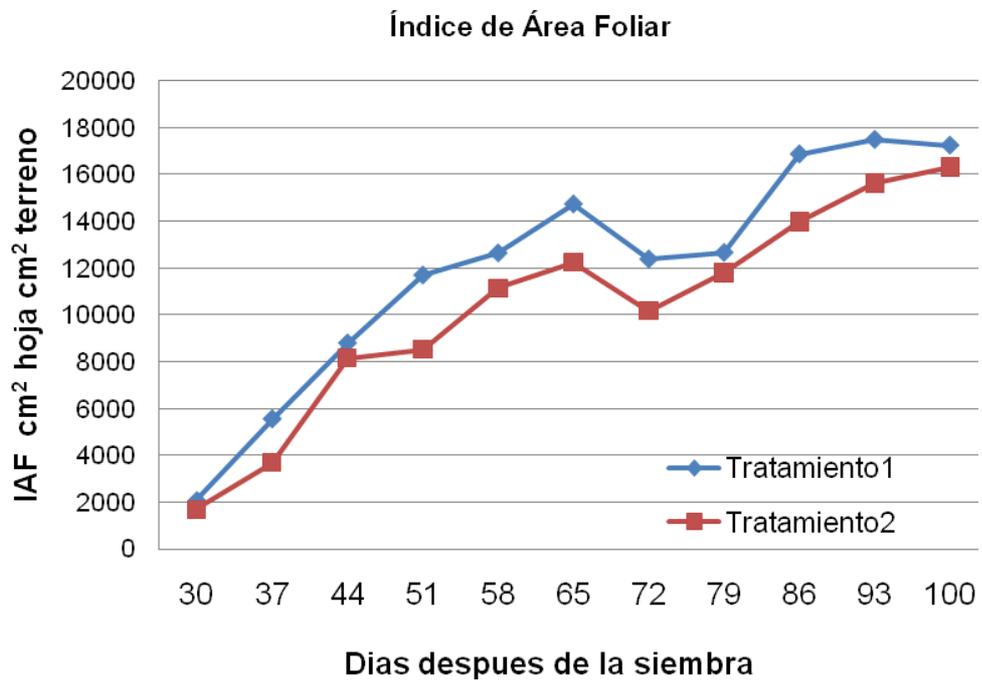


Figura 12. Índice de área foliar (IAF) del híbrido de pepino Sprint 440 II, cultivado bajo invernadero con cubierta plástica, modificado con nanopartículas (Tratamiento1) y cubierta con plástico comercial (Tratamiento2).

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que las cubiertas plásticas evaluadas para invernadero; plástico modificado con nanopartículas y plástico comercial, alteraron el crecimiento y desarrollo del híbrido de pepino Sprint 440 II, lo cual se manifestó en altura, diámetro de tallo, número de entrenudos, número de flores, rendimiento, así como en el área foliar, tasa de crecimiento relativo, tasa de asimilación neta, índice de área foliar y razón de área foliar.

Bajo el invernadero con película modificada con nanopartículas, las plantas tuvieron un crecimiento y desarrollo más rápido. Se obtuvieron frutos de mejor calidad que bajo el invernadero con plástico comercial, donde las plantas tuvieron menos desarrollo y crecimiento. Aunque en los dos tratamientos no hubo diferencias entre el número de flores femeninas pero, si hubo diferencia en cuanto al amarre de frutos beneficiando al tratamiento uno.

Los rendimientos de producción variaron entre sí, obteniéndose un mejor rendimiento en el cultivo bajo invernadero con cubierta plástica modificada con nanopartículas con (34.91 toneladas por hectárea) superando al cultivo bajo invernadero con cubierta plástica comercial en el cual se obtuvo (31.4 toneladas por hectárea) una diferencia del 11.13%. Lo cual se vería reflejado en ganancias en la venta de la producción.

En los valores de Tasa de crecimiento relativo e Índice de área foliar, fueron superiores al usar la cubierta modificada con nanopartículas. En la Tasa de asimilación neta los dos tratamientos no mostraron diferencias significativas. En la Razón de área foliar la cubierta plástica modificada con nanopartículas fue superior a la cubierta plástica comercial.

El plástico modificado con nanopartículas mostro ser mejor para la precocidad de frutos, crecimiento, desarrollo y floración registrando valores más altos en el rendimiento del cultivo.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Aguirre Valdez M. del S. Gloria 1985. Efecto de dos diferentes tipos de plásticos como acolchado del suelo y tres diferentes cubiertas de invernadero en pepino. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila.
- Ascencio, J. y J.F. Fargas, 1993. Análisis de crecimiento del frijol (*phaseolus vulgaris L.*) .var. Turrialba-41 cultivado en solución nutritiva. Turrialba 23 (4):420-428.
- Azofeifa Alvaro, A. 1999. Análisis del crecimiento en dos tipos de chile. XI congreso nacional agronómico.
- Beadle C.L. 1988. Análisis del crecimiento de vegetales coombs, J. O.O Hall, S.P. long y J.M. Scurlock (Editores). Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad colegio de posgraduados. Chapingo, Mex.
- Bruggink, G.T. and E. Heuvelink. 1987. Influence of light on the growth of Young tomato, cucumber and sweet pepper plants in the greenhouse: effects on relative grow rate, net assimilation, rate ans leaf area ratio. Sci Hort. 31: 161-174.
- Castaños, C. M. 1993. Horticultura manejo simplificado. Universidad autónoma Chapingo. Colección fénix.
- Denisen, L. E. 1993. Cultivo de plantas y flores. Editorial Limusa S. A de C.V. México D.F.
- Díaz G.E. 1999. Evaluación de tres híbridos de pepino (*Cucumis Sativus L.*) Bajo acolchado de suelos y fertirrigación. Tesis de licenciatura de la UAAAN.

- Díaz, G. E. 1999. Evaluación de tres híbridos de pepino (*Cucumis Sativus L.*). Bajo acolchado de suelos y fertirrigación. UAAAN. Tesis licenciatura.
- Hernández. D.J. análisis de crecimiento en cilantro en relación a la interacción Genotipo ambiente. Tesis de Doctorado: Facultad de agronomía UANL. Marín, NL.
- Hernández. M.O. 1999. Evaluación del efecto de microtúneles con películas prototipo para invernadero, sobre el cultivo de calabacita. UAAAN. Buenavista saltillo. México. Tesis de licenciatura.
- Hernández. D.J. 2003. Crecimiento y desarrollo del cilantro (*Coriandrum sativum L.*) por efecto del fotoperiodo y la temperatura y su control con fitorreguladores. Tesis de doctorado, UANL. Marín, N. L. 172 p.
- Hunt, R. 1982. Plant curves the functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold, Pub. London, U.K
- Ledesma. V M. A. 1994. Efectos de cubiertas plásticas de colores en la producción de plántula de brócoli. UAAAN. Buenavista Saltillo. Tesis de licenciatura.
- Manrique, L.A. 1990. Plant morphology of Cassava during summer and winter. Agronomy Journal 82 (5):881-886.
- Martínez M., J. 1995. Estimación de la eficiencia del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Tesis de maestría F.A.UA.A.N.L. Marín N.L. México.
- Quezada 1991. Evaluación de cuatro variedades de pepino (*Cucumis Sativus L.*) bajo técnicas de praticultura. XXIV congreso nacional de horticultura de la SOMETECH. Buenavista saltillo, Coahuila, México.

Quezada 1997. Memorias del curso nacional de plásticos en la agricultura. CIQA.

Quezada, M. R. 1996. Evaluación de películas plásticas foto y fotobiodegradables para acolchado de suelo en el cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) Tesis de maestría. Universidad autónoma agraria Antonio narro, Buenavista, saltillo, Coahuila México.

Quezada, M.R. 1992. Manual de producción en invernaderos. CIQA.

Radford, P.J 1976 Growth analysis formulae- Their use and abuse, Crop science: 3(7) 171-175.

Raygoza L. Ma. R. 2003. Componentes de rendimiento de cuatro híbridos de pepino (*Cucumis Sativus L.*) Cultivados Bajo Condiciones de Invernadero y Acolchado. UAAAN. Buenavista Saltillo. Tesis de licenciatura.

Reta S., D.G. 1986. Crecimiento y aprovechamiento de la energía solar en frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) en asociación con maíz (*Zea mays L.*) Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de posgraduados. Montecillo, México.

Reyes M. H 1992. La agroplasticultura en México. XII cong. Internacional de plásticos en la agricultura. Comité español de plásticos en la agricultura (CEPLA). Granada España, P. A67-A83.

Russell, M. P., W. Wilhelm, R. A. Olson and J. F. Power. 1994. Growth analysis based on degree days. Crop Science: (24) 28-32.

Salisbury, B.F y C. W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Ed. Grupo Editorial Iberoamericana. México. Pp. 539.

- Sánchez, C. D. 2002. Evaluación del Comportamiento de Cuatro Híbridos de pepino (*Cucumis Sativus, L.*) Bajo Condiciones de Invernadero, Acolchado Plástico y Riego por Goteo. Tesis de Licenciatura, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Serrano, C. Z 1979. Invernaderos, instalación y manejo. Publicaciones de Extensión Agrícola. Madrid España.
- Serrano, C.Z. 1990. Técnicas de invernadero. Ed., P.A.O. Suministros gráficos, S.A. Sevilla España.
- Solórzano V., E.; C. J. Ortiz y O.I. Mendoza. 1982. Análisis de crecimiento en haba (*vicia faba*) Agro ciencia, 103-106.
- Stewart, F. L. 1969. Growth and organation in plants. Addison Wesley Publishing Company. P547.
- Tamaro, D. 1921. Manual de horticultura. Editorial Catalana S.A. Barcelona, España.
- Tiscornia, J. R. 1983. Hortalizas de fruto. Editorial Acriba. Madrid España.
- Valadez, L A. 1998. Producción de hortalizas. 7ª Reimpresión. Editorial Limusa. México D.F.
- Valadez, L. A. 1998. Producción de Hortalizas, Editorial Limusa. México, D.F.
- Weiss, D. 1995. Cubiertas de plástico para invernadero como filtro lumínico para controlar el desarrollo vegetativo. In: Memoria del simposium internacional de tecnologías agrícolas con plásticos. 5-7 oct. 1995. León Gto. México.

VII. PÁGINAS WEB CONSULTADAS

Comité de innovación tecnológica. San Vicente. El cultivo de pepino. (Diciembre de 2009)

<http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.html>. (15 de Noviembre 2009)

Guía técnica del cultivo de pepino. (12 de Noviembre 2009).

Riesgos ambientales y a la salud de la nanotecnología. (Ponencia presentada al XIII Seminario Internacional “Los Partidos y Una Nueva Sociedad” – México) Gian Carlo Delgado. (Noviembre de 2009).

www.facilísimo.com Jardines. Cultivar en un invernadero: tipología y materiales. (Noviembre de 2009).

VIII. ANEXOS

Cuadros A1. Análisis de varianza de altura de planta, del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 30 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.

30 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	13.02083333	13.02083333	4.11	0.0702
Error	10	31.70833333	3.17083333		
Total	11	44.72916667			
C.V	10.04				

37 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	999.187500	999.187500	7.69	0.0197
Error	10	1299.541667	129.954167		
Total	11	2298.729167			
C.V	20.52				

44 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	365.2033333	365.2033333	9.60	0.0113
Error	10	380.2833333	38.0283333		
Total	11	745.4866667			
C.V	5,73				

51 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1680.333333	1680.333333	22.78	0.0008
Error	10	737.546667	73.754667		
Total	11	2417.880000			
C.V	5,80				

58 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	414.540075	414.540075	3.42	0.0941
Error	10	1211.984417	121.198442		
Total	11	1626.524492			
C.V	6.42				

65 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1485.187500	1485.187500	13.02	0.0048
Error	10	1140.375000	114.037500		
Total	11	2625.562500			
C.V	5.42				

72 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	681.013333	681.013333	7.28	0.0224
Error	10	935.703333	93.570333		
Total	11	1616.716667			
C.V	4.30				

79 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	520.083333	520.083333	2.63	0.1357
Error	10	1974.666667	197.466667		
Total	11	2494.750000			
C.V	5.87				

86 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	526.687500	526.687500	2.11	0.1770
Error	10	2496.875000	249.687500		
Total	11	3023.562500			
C.V	6.20				

93 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	784.083333	784.083333	1.81	0.2080
Error	10	4328.166667	432.816667		
Total	11	5112.250000			
C.V	8.28				

100 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	212.520833	212.520833	0.33	0.5786
Error	10	6449.541667	644.954167		
Total	11	6662.062500			
C.V	10.0				

Cuadros A2. Análisis de varianza de diámetro de tallo, del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 30 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.

30 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.60300833	0.60300833	0.94	0.3560
Error	10	6.44028333	0.64402833		
Total	11	7.04329167			
C.V	10.39				

37 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.43320000	0.43320000	1.26	0.2879
Error	10	3.43840000	0.34384000		
Total	11	3.87160000			
C.V	7.67				

44 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.03967500	0.03967500	0.06	0.8151
Error	10	6.87881667	0.68788167		
Total	11	6.91849167			
C.V	9.71				

51 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	9.86453333	9.86453333	36.52	0.0001
Error	10	2.70076667	0.27007667		
Total	11	12.56530000			
C.V	6.15				

58 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.05070000	0.05070000	0.18	0.6767
Error	10	2.74826667	0.27482667		
Total	11	2.79896667			
C.V	7.01				

65 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1.67253333	1.67253333	4.90	0.0512
Error	10	3.41143333	0.34114333		
Total	11	5.08396667			
C.V	7.0				

72 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.01020833	0.01020833	0.01	0.9147
Error	10	8.46708333	0.84670833		
Total	11	8.47729167			
C.V	10.24				

79 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1.58413333	1.58413333	3.28	0.1001
Error	10	4.82636667	0.48263667		
Total	11	6.41050000			
C.V	7.51				

86 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	11.86040833	11.86040833	35.36	0.0001
Error	10	3.35448333	0.33544833		
Total	11	15.21489167			
C.V	6.51				

93 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.30720000	0.30720000	1.03	0.3339
Error	10	2.98000000	0.29800000		
Total	11	3.28720000			
C.V	6.23				

100 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	4.71253333	4.71253333	5.17	0.0463
Error	10	9.11433333	0.91143333		
Total	11	13.82686667			
C.V	10.47				

Cuadros A3. Análisis de varianza de número de entrenudos, del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 37 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.

37 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	16.33333333	16.33333333	14.41	0.0035
Error	10	11.33333333	1.13333333		
Total	11	27.66666667			
C.V	9.53				

44 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.33333333	0.33333333	0.27	0.6145
Error	10	12.33333333	1.23333333		
Total	11	12.66666667			
C.V	6.29				

51 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	16.33333333	16.33333333	14.00	0.0038
Error	10	11.66666667	1.16666667		
Total	11	28.00000000			
C.V	4.91				

58 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	36.75000000	36.75000000	16.58	0.0022
Error	10	22.16666667	2.21666667		
Total	11	58.91666667			
C.V	5.74				

65 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	12.00000000	12.00000000	6.79	0.0262
Error	10	17.66666667	1.76666667		
Total	11	29.66666667			
C.V	4.41				

72 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	18.75000000	18.75000000	5.00	0.0493
Error	10	37.50000000	3.75000000		
Total	11	56.25000000			
C.V	5.82				

79 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	24.08333333	24.08333333	13.26	0.0045
Error	10	18.16666667	1.81666667		
Total	11	42.25000000			
C.V	3.77				

86 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	33.33333333	33.33333333	12.50	0.0054
Error	10	26.66666667	2.66666667		
Total	11	60.00000000			
C.V	4.30				

93 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	12.00000000	12.00000000	3.91	0.0761
Error	10	30.66666667	3.06666667		
Total	11	42.66666667			
C.V	4.45				

100 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1.33333333	1.33333333	0.15	0.7063
Error	10	88.66666667	8.86666667		
Total	11	90.00000000			
C.V	7.26				

Cuadros A4. Análisis de varianza de número de flores femeninas, del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 44 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.

44 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.0833333	0.0833333	0.01	0.9375
Error	10	128.8333333	12.8833333		
Total	11	128.9166667			
C.V	34.46				

51 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	3.0000000	3.0000000	0.94	0.3558
Error	10	32.0000000	3.2000000		
Total	11	35.0000000			
C.V	13.25				

58 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	12.0000000	12.0000000	0.51	0.4903
Error	10	234.0000000	23.4000000		
Total	11	246.0000000			
C.V	28.46				

65 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	14.0833333	14.0833333	2.05	0.1831
Error	10	68.8333333	6.8833333		
Total	11	82.9166667			
C.V	12.26				

72 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	5.3333333	5.3333333	0.40	0.5413
Error	10	133.3333333	13.3333333		
Total	11	138.6666667			
C.V	17.12				

79 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	52.0833333	52.0833333	3.45	0.0928
Error	10	150.8333333	15.0833333		
Total	11	202.9166667			
C.V	17.59				

86 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	5.3333333	5.3333333	0.18	0.6814
Error	10	298.3333333	29.8333333		
Total	11	303.6666667			
C.V	30.07				

93 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	8.3333333	8.3333333	0.26	0.6211
Error	10	320.3333333	32.0333333		
Total	11	328.6666667			
C.V	26.53				

100 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	80.0833333	80.0833333	2.41	0.1515
Error	10	332.1666667	33.2166667		
Total	11	412.2500000			
C.V	22.83				

Cuadros A5. Análisis de varianza de área foliar del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 37 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.

37 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	926852.083	926852.083	11.37	0.0071
Error	10	815103.704	81510.370		
Total	11	1741955.787			
C.V	20.60				

44 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	108072.120	108072.120	0.52	0.4868
Error	10	2072398.849	207239.885		
Total	11	2180470.969			
C.V	17.92				

51 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2695875.005	2695875.005	23.88	0.0006
Error	10	1128838.138	112883.814		
Total	11	3824713.143			
C.V	11.08				

58 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	596248.58	596248.58	0.29	0.5992
Error	10	20244027.07	2024402.71		
Total	11	20840275.66			
C.V	39.91				

65 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1650823.974	1650823.974	8.30	0.0164
Error	10	1988703.852	198870.385		
Total	11	3639527.826			
C.V	11.03				

72 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1297444.803	1297444.803	6.95	0.0249
Error	10	1865830.309	186583.031		
Total	11	3163275.113			
C.V					

79 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	196897.386	196897.386	0.47	0.5072
Error	10	4162550.262	416255.026		
Total	11	4359447.649			
C.V	17.61				

86 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2243585.232	2243585.232	5.99	0.0344
Error	10	3744929.553	374492.955		
Total	11	5988514.785			
C.V	13.23				

93 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	915945.56	915945.56	0.96	0.3496
Error	10	9511058.91	951105.89		
Total	11	10427004.47			
C.V	19.64				

dds100 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	219708.259	219708.259	0.26	0.6228
Error	10	8530571.842	853057.184		
Total	11	8750280.102			
C.V	18.35				

Cuadros A6. Análisis de varianza de la tasa de crecimiento relativo (TCR), del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 37 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.

37 días después del trasplante

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.021	0.0213	12.97	0.0048
Error	10	0.016	0.0016		
Total	11	0.037			
C.V	15.89				

44 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00072	0.00072075	0.51	0.4916
Error	10	0.01413	0.00141382		
Total	11	0.01485			
C.V	10.37				

51 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.02650800	0.02650800	62.21	<.0001
Error	10	0.00426100	0.00042610		
Total	11	0.03076900			
C,V	4.80				

58 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00658008	0.00658008	16.30	0.0024
Error	10	0.00403617	0.00040362		
Total	11	0.01061625			
C.V	4.518				

65 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00559008	0.00559008	8.32	0.0163
Error	10	0.00672083	0.00067208		
Total	11	0.01231092			
C.V	4.95				

72 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00294533	0.00294533	5.28	0.0444
Error	10	0.00557767	0.00055777		
Total	11	0.00852300			
C.V	4.94				

79 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00520833	0.00520833	4.27	0.0656
Error	10	0.01218533	0.00121853		
Total	11	0.01739367			
C.V	6.73				

86 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00567675	0.00567675	5.77	0.0372
Error	10	0.00983617	0.00098362		
Total	11	0.01551292			
C.V	5.54				

93 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.02641408	0.02641408	6.69	0.0271
Error	0	0.03949283	0.00394928		
Total	11	0.06590692			
C.V	9.48				

100 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00118008	0.00118008	1.22	0.2953
Error	10	0.00967483	0.00096748		
Total	11	0.01085492			
C.V	5.13				

Cuadros A7. Análisis de varianza de la tasa de asimilación neta (TAN), del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 37 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.

37 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2.2304133E-7	2.2304133E-7	6.17	0.0323
Error	10	3.6146367E-7	3.6146367E-8		
Total	11	5.84505E-7			
C.V	26.84				

44 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2.5608408E-7	2.5608408E-7	2.75	0.1281
Error	10	9.3067683E-7	9.3067683E-8		
Total	11	1.1867609E-6			
C.V	51.54				

51 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	8.7264133E-7	8.7264133E-7	15.82	0.0026
Error	10	5.5148567E-7	5.5148567E-8		
Total	11	1.424127E-6			
C.V	50.24				

58 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1.99692E-7	1.99692E-7	5.86	0.0361
Error	10	3.4099667E-7	3.4099667E-8		
Total	11	5.4068867E-7			
C.V	195.01				

65 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2.9304083E-8	2.9304083E-8	0.26	0.6239
Error	10	1.1450102E-6	1.1450102E-7		
Total	11	1.1743143E-6			
C.V	50.83				

72 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	7.3947E-8	7.3947E-8	0.51	0.4905
Error	10	1.4430557E-6	1.4430557E-7		
Total	11	1.5170027E-6			
C.V	-91.91				

79 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	6.2930083E-8	6.2930083E-8	0.49	0.5014
Error	10	1.2938148E-6	1.2938148E-7		
Total	11	1.3567449E-6			
C.V	93.29				

86 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	3.2656333E-8	3.2656333E-8	0.21	0.6534
Error	10	1.5243417E-6	1.5243417E-7		
Total	11	1.556998E-6			
C.V	71.91				

93 días después del trasplante

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00000455	0.00000455	1.83	0.2063
Error	10	0.00002490	0.00000249		
Total	11	0.00002945			
C.V	80.69				

100 días después del trasplante

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00000711	0.00000711	2.50	0.1452
Error	10	0.00002847	0.00000285		
Total	11	0.00003557			
C.V	-119.34				

Cuadros A8. Análisis de varianza de razón de área foliar (RAF), del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 37 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.

37 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	443.025464	443.025464	6.59	0.0280
Error	10	672.072053	67.207205		
Total	11	1115.097517			
C.V	4.08				

44 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	632.012131	632.012131	15.04	0.0031
Error	10	420.169355	42.016936		
Total	11	1052.181486			
C.V	3.59				

51 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1581.852181	1581.852181	14.46	0.0035
Error	10	1093.983817	109.398382		
Total	11	2675.835999			
C.V	6.95				

58 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2640.274000	2640.274000	5.02	0.0490
Error	10	5261.586650	526.158665		
Total	11	7901.860651			
C.V	17.09				

65 días después del trasplante

Fuente	Gl	Sumas de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	837.655590	837.655590	1.36	0.2699
Error	10	6140.165492	614.016549		
Total	11	6977.821082			
C.V	21.18				

72 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	64.102519	64.102519	0.59	0.4593
Error	10	1082.361064	108.236106		
Total	11	1146.463582			
C.V	10.44				

79 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	236.9185333	236.9185333	4.86	0.0520
Error	10	487.4797193	48.7479719		
Total	11	724.3982527			
C.V	7.25				

86 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	519.648924	519.648924	2.84	0.1227
Error	10	1828.586505	182.858650		
Total	11	2348.235429			
C.V	15.88				

93 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	998.421147	998.421147	3.38	0.0959
Error	10	2954.384013	295.438401		
Total	11	3952.805160			
C.V	25.55				

100 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	857.827390	857.827390	4.68	0.0559
Error	10	1834.337686	183.433769		
Total	11	2692.165076			
C.V	22.45				

Cuadros A9. Análisis de varianza de índice de área foliar (IAF), del híbrido de pepino Sprint 440 II, bajo dos tratamientos, datos tomados a partir de los 30 días después del trasplante hasta los 100 días después del trasplante.

30 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de La media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	406566.453	406566.453	4.82	0.0528
Error	10	843113.795	84311.380		
Total	11	1249680.249			
C.V	15.54				

37 días después del trasplante

Fuente	Gl	suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	10298357.10	10298357.10	11.37	0.0071
Error	10	9056708.34	905670.83		
Total	11	19355065.44			
C.V	20.61				

44 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1200801.97	1200801.97	0.52	0.486
Error	10	23026649.14	2302664.91		
Total	11	24227451.11			
C.V	17.93				

51 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	29954164.62	29954164.62	23.88	0.0006
Error	10	12542646.67	1254264.67		
Total	11	42496811.29			
C.V	11.08				

58 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	6624984.8	6624984.8	0.29	0.5992
Error	10	224933617.9	22493361.8		
Total	11	231558602.7			
C.V	39.91				

65 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	18342486.13	18342486.13	8.30	0.0164
Error	10	22096705.87	2209670.59		
Total	11	40439192.00			
C.V	11.03				

72 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	14416051.91	14416051.91	6.95	0.0249
Error	10	20731446.49	2073144.65		
Total	11	35147498.40			
C.V	12.77				

79 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2187749.02	2187749.02	0.47	0.5072
Error	10	46250561.09	4625056.11		
Total	11	48438310.11			
C.V	17.61				

86 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	24928724.80	24928724.80	5.99	0.0344
Error	10	41610331.10	4161033.11		
Total	11	66539055.91			
C.V	13.24				

93 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	10177171.6	10177171.6	0.96	0.3496
Error	10	105678430.2	10567843.0		
Total	11	115855601.8			
C.V	19.65				

100 días después del trasplante

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2441202.58	2441202.58	0.26	0.6228
Error	10	94784131.60	9478413.16		
Total	11	97225334.19			
C.V	18.36				