

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento del Pepino (*Cucumis sativus* L.) Cultivado a Campo Abierto y en Macrotúnel, en Suelo o en Bolsas con Sustrato de Fibra de Coco Tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ o con CaSO_4 a Diferentes Concentraciones

Por:

ALHONDRA ALCOCER DUARTE

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento del Pepino (*Cucumis sativus* L.) Cultivado a Campo Abierto y en Macrotúneles, en Suelo o en Bolsas con Sustrato de Fibra de Coco Tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ o con CaSO_4 a Diferentes Concentraciones

Por:

ALHONDRA ALCOCER DUARTE

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

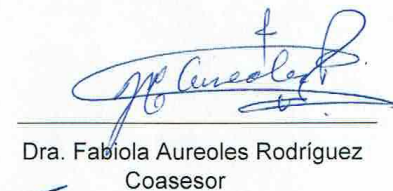
Aprobada por:



Dr. Marco Antonio Bustamante García
Asesor Principal



Dr. Enrique Navarro Guerrero
Coasesor



Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2018

AGRADECIMIENTOS

Primordialmente le agradezco a Dios, que me ha dado la oportunidad de alcanzar mis sueños y, junto a mi familia, se ha convertido en la base principal para seguir avante en cada instante de mi vida.

Agradezco a mis padres quienes con esfuerzo y sacrificio, lucharon para darme lo mejor en principios, valores y tenacidad, convirtiéndome en la persona que soy hoy en día.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi Asesor de Tesis el **Dr. Marco Antonio Bustamante García** por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

Mi agradecimiento también va dirigido a mis Coasesores al **Dr. Enrique Navarro Guerrero**, a la **Dra. Fabiola aureoles Rodríguez**. Por el tiempo que se tomaron en cada asesoría para la revisión del presente trabajo.

A mi novio, quien día a día me entrega su compañía, su paciencia, su amor y su comprensión, gracias por ser parte de mi vida; a mis hermanos por apoyarme siempre, ayudarme incondicionalmente y brindarme un abrazo cuando más lo necesitaba.

Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clases durante todos los niveles de Universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

DEDICATORIAS

A mi padre Sergio.

Por los ejemplos de perseverancia, humildad que lo caracteriza y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante en esta carrera difícil y por su amor.

A mi madre María Carmen.

Eres una mujer que simplemente me hace llenar de orgullo, te amo y no va haber manera de devolverte todo lo que me has dado desde que nací. Esta tesis es un logro más que llevo a cabo, y sin lugar a duda ha sido en gran parte gracias a ti; no sé en donde me encontraría de no ser por tus ayudas, tu compañía, y tu amor.

A mis hermanos.

Porque con su voz de aliento y constante apoyo me han demostrado su infinito amor filial, como soporte en este trabajo emprendido y haber formado el pilar inquebrantable de confianza,

A mis sobrinos.

A todos mis sobrinos, que anhelan materializar cada uno de los sueños que están aflorando en sus corazones; nada es imposible mis niños lindos, con la ayuda de Dios todo lo podemos y si el coloca sueños en sus corazones, también les dará la capacidad y todo lo que necesiten para lograrlos, fueron motivos de inspiración para mí.

A mi novio Joaquín.

Por la ayuda que me has brindado ha sido sumamente importante, estuviste a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más tormentosas, siempre ayudándome. No fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo siempre fuiste muy motivador ya que me decías que lo lograría, gracias amor.

ÍNDICE

Contenido	Página
AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIAS.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Importancia del cultivo.....	4
2.2 Calidad de plántula.....	6
2.3 Valor Nutritivo.....	7
2.4 Origen.....	8
2.6 Características morfológicas.....	8
2.6.1 Raíz.....	8
2.6.2 Tallo.....	8
2.6.3 Hojas.....	8
2.7.4 Flor.....	9
2.8.5 Fruto.....	9
2.6.6 Semilla.....	9
2.7 Requerimientos de clima.....	9
2.7.1 Temperatura.....	9
2.7.2 Humedad.....	10
2.8 Requerimientos de Suelo.....	10
2.9 Riego.....	11
2.10 Fotoperiodo.....	11
2.11 Fibra de Coco.....	11
2.12 Macrotúneles.....	14
2.13 El Nitrato de calcio.....	15

2.13.1 Aplicaciones agronómicas.....	15
2.13.2 Usos del Nitrato de calcio.....	15
2.14 Sulfato de Calcio.....	15
2.14.1 Uso del Sulfato de Calcio	16
2.15 Nitrógeno	17
2.16 Fosforo	17
2.17 Funciones del Calcio	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1 Localización del área de estudio.....	19
3.2 Características ambientales del área de estudio.	19
3.3 Establecimiento del experimento.	19
3.4 Tratamientos del sustrato lavado con calcio.	20
3.5 Tratamientos de condiciones del cultivo.	20
3.6 Manejo del cultivo	21
3.7 Variables evaluadas	21
3.7.1 Longitud del tallo	21
3.7.2 Medición de la clorofila con el SPAD-502.....	21
3.7.3 Peso fresco de follaje	21
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1 Longitud de tallo	22
4.2 Medición de la clorofila con el SPAD-502.....	24
4.3 Peso fresco del follaje.....	26
V. CONCLUSIONES.....	29
VI. LITERATURA CITADA	30

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales Estados en los que se sembró y produjo pepino ciclo otoño-invierno año 2001/2002.	4
Cuadro 2. Principales Estados en los que se sembró y produjo pepino ciclo primavera-verano 2002/2002.	5
Cuadro 3. Valor de exportaciones de pepino (Miles de dólares).	5
Cuadro 4. Valor nutricional del pepino.	7
Cuadro 5. Temperaturas críticas para el desarrollo del cultivo del pepino.	10
Cuadro 6. Características químicas de la fibra de coco.	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Longitud del tallo del pepino cultivado en campo abierto en suelo y en sustrato en bolsas con fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y con CaSO_4 a diferentes concentraciones.	23
Figura 2. Longitud del tallo del pepino cultivado en macrotúnel en suelo y en sustrato en bolsas con fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y con CaSO_4 a diferentes concentraciones.	23
Figura 3. Unidades Spad (Clorofila) en hojas del pepino cultivado en campo abierto en suelo y en sustrato en bolsas con fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y con CaSO_4 a diferentes concentraciones.....	25
Figura 4. Unidades Spad (Clorofila) en hojas del pepino cultivado en macrotúnel en suelo y en sustrato en bolsas con fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y con CaSO_4 a diferentes concentraciones.....	26
Figura 5. Peso fresco de follaje del pepino cultivado en campo abierto en suelo y en sustrato en bolsas con fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y con CaSO_4 a diferentes concentraciones.	27
Figura 6. Peso fresco de follaje del pepino cultivado en macrotúnel en suelo y en sustrato en bolsas con fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y con CaSO_4 a diferentes concentraciones.	28

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro de entrenamiento sobre agricultura orgánica Biointensiva del departamento de horticultura de la UAAAN en el ciclo otoño-invierno 2017. La semilla se germinó en charolas con peat moss y perlita, manteniendo estas en condiciones óptimas para tener buena germinación y crecimiento de plántulas, estas se trasplantaron al suelo en bolsas o con sustrato de fibra de coco en camas de 7 mts de largo. El trasplante de plántula directamente al suelo tuvo una separación de 30 cm. Antes del trasplante a las bolsas, el sustrato fue tratado con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y CaSO_4 a las concentraciones de 0, 20, 40 y 80 mM. El cultivo en suelo como en bolsas se realizó tanto a campo abierto como en macrotúnel. 28 días después del trasplante, se midió la longitud del tallo, las Unidades Spad en las hojas y el peso fresco del follaje. El pepino se desarrolló mejor en sustrato que en el suelo, así como también fue mejor en macrotúnel que a campo abierto. El lavado del sustrato de fibra de coco fue mejor con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ que con CaSO_4 , especialmente utilizando la dosis de 40 mM, ya que con esta se observaron las mejores respuestas del cultivo.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la necesidad de producir más alimentos para satisfacer la demanda de una población en constante crecimiento ha motivado al uso de nueva tecnología con afán de incrementar el rendimiento de la producción agrícola.

El pepino (*Cucumis sativus L.*), es considerado como una hortaliza de fruto inmaduro, en México se consume como fruta fresca (pepino) y en algunos casos como encurtidos (pepinillos).

Esta hortaliza es muy valorada por su periodo vegetativo corto, por sus valores nutricionales que ayudan a reducir la presión arterial como el contenido en ácido ascórbico y pequeñas cantidades del complejo vitamínico B, además sus semillas son ricas en aceites vegetales. En cuanto a minerales es rico en potasio, hierro, calcio, fósforo y magnesio y por tratarse de un cultivo con gran adaptabilidad de siembra, pues puede prosperar incluso en el clima invernal. Aunque se pueda sembrar en cualquier temporada, es más abundante durante la estación de primavera.

La importancia de los suelos en buenas condiciones radica en suministrar a las plantaciones lo mejor de los nutrientes, ya que de ello dependerán las cosechas. La necesidad de mantener los suelos saludables es primordial para realizar plantaciones adecuadas para el consumo de la humanidad. Las características básicas de un suelo sano, generalmente se notan cuando, el suelo es oscuro, suave y húmedo al tacto.

En nuestro país existen una serie de sustratos que pueden ser empleados para el desarrollo de cultivos hidropónicos, estos se utilizan solos o en mezclas, en busca de obtener las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas y asimilación de nutrientes. Un sustrato es un medio sólido e inerte, que protege y da soporte a la planta para el desarrollo de la raíz en las hortalizas y flores.

Hoy en día, la fibra de coco es un sustrato muy prometedor. Es sostenible, puede ser reutilizado con facilidad y numerosas investigaciones han demostrado que la fibra de coco tienen una capacidad natural para evitar enfermedades en las plantas. El cultivo en fibra de coco favorece el desarrollo de raíces, tallos y flores. Al contrario que la tierra para macetas, la cual se compacta fácilmente, la estructura de la fibra de coco mantiene las cantidades de aire necesarias para un buen desarrollo del sistema radicular, lo cual da lugar a una saludable rizosfera aeróbica -esencial para una adecuada absorción de agua y nutrientes.

Los macrotúneles ofrecen a los productores hortalizas de alta calidad, ventajas competitivas de mercado y un uso más sustentable y eficiente de los insumos. Por estas razones los macrotúneles desempeñan un papel importante, ya que precisamente una de las numerosas ventajas de la producción en macrotúneles es su capacidad de producir cultivos durante todo el año, al reducir los efectos negativos de las condiciones ambientales adversas.

Uno de los problemas que puede presentar la fibra de coco es que puede contener altos nivel de Na, el cual puede afectar el desarrollo de los cultivos. Para evitar esto, se debe lavar con agua o con una solución de Ca para desaparecer y reducir el nivel de Na antes de realizar el trasplante de los cultivos.

El Nitrato de Calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) es muy adecuado para prevenir y corregir las deficiencias de calcio en cítricos, frutales, lechuga, melón, pimiento, tomate y hortalizas en general, así como para disminuir los peligros de sodificación de los suelos no calizos cuando se riega con aguas salino-sódicas.

El sulfato de calcio (CaSO_4) ayuda a los suelos a que renuevan gradualmente y no se degraden tan fácilmente con la utilización de los fertilizantes químicos y abuso de los cultivos no rotativos. Se aplica directamente a cualquier terreno

permitiendo el mejoramiento de las condiciones de humedad y las propiedades fisicoquímicas del suelo. Desplaza sales y corrige las deficiencias de calcio en los cultivos.

Existen reportes donde la fibra de coco se ha lavado con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, pero no reportan la concentración y no sabemos si el CaSO_4 pudiera tener el mismo efecto.

1.1 Objetivo

Evaluar el desarrollo del pepino cultivado en suelo y en fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y CaSO_4 a diferentes concentraciones.

1.2 Hipótesis

El crecimiento y desarrollo del pepino, será influenciado por las condiciones del cultivo y por los diferentes tratamientos del sustrato con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y CaSO_4 .

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo

El pepino (*Cucumis sativus L.*) es una hortaliza que en México se consume como fruta fresca y en ensalada; aunque hay especies como el pickle que se prepara para encurtidos, radicando su importancia tanto en la superficie cultivada como en la producción obtenida.

En México la producción de esta hortaliza juega un papel muy importante debido a que su consumo genera una gran demanda tanto en el mercado nacional como en el internacional, lo que provoca que al año se produzcan poco más de 700 mil toneladas cultivadas a lo largo de la República donde estados como Sinaloa, Michoacán, Baja California, Morelos y Veracruz son los principales productores de pepino. Debido a esto el país ocupa el puesto número 11 como productor a nivel mundial con poco más de 16 mil hectáreas destinadas para la producción de esta hortaliza; asimismo México se encuentra entre los primeros lugares en la lista de exportadores, seguido de España y Holanda, donde Estados Unidos es el principal consumidor con una importación del 83 por ciento del total que se produce, el resto se envía a Canadá (Hidroponia, 2017).

Cuadro 1. Principales Estados en los que se sembró y produjo pepino ciclo otoño-invierno año 2001/2002.

Estado	Superficie Sembrada (ha)	Producción Obtenida (ton)
Sinaloa	3, 557	132, 962
Michoacán	3,355	61, 104
Veracruz	595	19, 963
Morelos	593	8, 039
Baja California	388	11, 097
Guerrero	376	5, 305
Colima	272	5, 812
Guanajuato	209	2, 747

(SAGARPA, 2002).

Cuadro 2. Principales Estados en los que se sembró y produjo pepino ciclo primavera-verano 2002/2002.

Estado	Superficie Sembrada (ha)	Producción Obtenida (ton)
Baja California	1,129	35, 230
Morelos	962	23, 137
Michoacán	809	13, 522
Nayarit	276	2, 402
Colima	224	3, 809
Guanajuato	205	2, 690
Hidalgo	182	3, 471
Tamaulipas	169	1, 441

(SAGARPA, 2002).

Este cultivo también fue establecido en invernadero según datos obtenidos por la SAGARPA, en el año 2002, el único Estado de la República Mexicana productor de pepino en sistema forzado en el ciclo primavera-verano fue Baja California con una superficie sembrada de 3 ha., y un rendimiento de 111.867 ton/ha., logrando una producción de 336 ton., y con un precio medio rural de \$ 7, 656. 19 por tonelada (SAGARPA, 2002).

El cultivo de esta hortaliza tiene una estabilidad de la superficie, con un aumento de la producción. En el Cuadro 3 se muestra que los valores de exportación han permanecido en forma estable, (SAGARPA, 2003).

Cuadro 3. Valor de exportaciones de pepino (Miles de dólares).

PAISES	2001	2002	2003
PAISES BAJOS	261,714	217,419	241,239
ESPAÑA	207,310	218,038	234,041
MÉXICO	176,735	192,330	201,626
CANADA	23,179	30,743	36,147
EUA	23,023	26,145	26,147
OTROS	126,438	142,770	156,747
TOTAL	818,399	827,445	895,863

(SAGARPA, 2003).

La demanda de pepino en los Estados Unidos de Norteamérica ha tenido un crecimiento sin precedentes en los últimos años. La importación creció de 394.107 toneladas en 2002 a 459.242 toneladas en 2007, es decir, un incremento del 16,5% en solo cinco años (FAOSTAT, 2010). De este volumen de importación 361.721 toneladas proceden de México, siendo el principal país exportador de pepino hacia los Estados Unidos (MERCANET, 2007).

En el 2009 en México se sembraron alrededor de 14.600 ha de pepino con rendimiento de 30,0 t ha⁻¹ como media de producción. En el estado de Sonora ese mismo año se programó una superficie de siembra de alrededor de 570 ha, ocupando el quinto lugar a nivel nacional. Con respecto a la Costa de Hermosillo, en el 2009 se sembraron alrededor de 220 ha con un rendimiento promedio de 18,2 t ha⁻¹ (SIAP, 2010).

La producción de pepino en invernadero en el noroeste de México ha sido un éxito, al obtenerse buenos rendimientos con una sola duración del ciclo, siendo esta de 108 días en invierno, lo que da oportunidad de realizar dos siembras al año prolongando así la ventana de producción (Hernández, 2006). Bajo condiciones de invernadero, la producción de pepino es de 2 a 9 veces más que en campo abierto, dependiendo del nivel tecnológico, el manejo y las condiciones climatológicas, (FUIMAIF, 2005).

2.2 Calidad de plántula

Más del 90% de los cultivos agrícolas son propagados por semillas y ellas son los portadores primarios de los recursos genéticos y de los nutrientes para el primer estadio de crecimiento (Wageningen, 1994).

Las plántulas en sus primeros días desempeña un papel crucial en su desarrollo, el ambiente temprano que lo rodea al cultivo es de vital importancia y determinará si la planta habrá de desarrollarse en toda su potencialidad.

La efectividad del trasplante depende de varios factores, principalmente de las especies y del estado de desarrollo de la planta y específicamente de la

relación entre el área foliar, longitud, grado de suberización de las raíces y las condiciones ambientales (Rosa, 1996).

2.3 Valor Nutritivo

Las propiedades nutricionales del pepino tiene en especial importancia su elevado contenido en ácido ascórbico y pequeñas cantidades del complejo vitamínico B. las semillas son ricas en aceites vegetales cuadro 4.

Cuadro 4. Valor nutricional del pepino.

Valor nutricional en 100 g de sustancia comestible	
Agua	90.6 %
Carbohidratos	7.7 g
Proteínas	0.8 g
Ca	14 mg
P	16 mg
Fe	0.4 mg
Na	12 mg
K	251 mg
Ácido ascórbico	33 mg
Tiamina (B1)	0.04 mg
Vitamina A	3400 UI*
Liboflavina (B2)	0.03 mg

*Una Unidad Internacional (UI) de vitamina A es equivalente a 0.3 microgramos de vitamina A en alcohol.

2.4 Origen

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es originario de la India. De Candolle (1919), Es una planta anual, herbácea, que puede ser rastrera o trepadora y, que posee zarcillos (Valadez, 1992).

2.5 Clasificación taxonómica

Reino.....Vegetal

Clase..... Dicotyledoneae

Orden..... Cucurbitales

Familia.....*Cucurbitaceae*

Genero..... Cucumis

Especie..... *sativus* L.

Nombre común: pepino

2.6 Características morfológicas

2.6.1 Raíz

Su sistema radicular es abundante, ya que su raíz principal puede llegar hasta 1.10 m de profundidad; sin embargo, las raíces secundarias y los pelos absorbentes son bastantes superficiales.

2.6.2 Tallo

Su tallo es anguloso por los cuatro lados y está cubierto con pelos (tricomas), los zarcillos no tienen ramificaciones.

2.6.3 Hojas

Las hojas son de forma triangulada, ovalada con lóbulos no bien formados y su longitud es de 7 a 20 cm en ocasiones es mayor.

2.7.4 Flor

El pepino es una planta monoica, es decir presentan flores masculinas y flores femeninas en la misma planta. La polinización se efectúa por insectos (abejas), la mayoría de las flores tienen fecundación por polinización cruzada.

2.8.5 Fruto

Son de forma oblonga y de tamaño variable. Muestran una coloración va de color verde pálido al amarillo crema, pudiendo alcanzar una longitud de 5 a 40 cm. Su ciclo es de aproximadamente 60 días.

2.6.6 Semilla

Las semillas son de forma plana de color blanco y miden de 8 a 10 mm, de largo con un grosor de 3.5 mm dependiendo de la variedad con la que se esté trabajando (Valdez L., 1998), (SEP, 1997).

2.7 Requerimientos de clima

El pepino es una planta de clima templado a frío. Requiere menos calor que el melón, pero le perjudica el calor excesivo y la humedad (Tiscornia, 1983).

Requiere humedad relativa alta entre el 70 y 90 % es muy exigente en luminosidad, en especial en la floración.

2.7.1 Temperatura

Se menciona que el pepino requiere de una temperatura del suelo de al menos 12° C para la germinación. La tasa de crecimiento en el cultivo se incrementa si la temperatura aumenta a 25° C (Pacas Herrera, 2002).

Los requerimientos de temperatura del pepino se muestran en el Cuadro 5. (Serrano, 1979).

Cuadro 5. Temperaturas críticas para el desarrollo del cultivo del pepino.

Mínima letal	-1° C
<hr/>	
Detiene su desarrollo	10 a 12° C
Germinación mínima	12° C
Germinación óptima	30° C
Germinación máxima	35° C
Desarrollo óptimo durante el día	20 a 25° C
Desarrollo óptimo durante la noche	18 a 22° C
Suelo (mínima)	12° C
Suelo (óptima)	18 a 22° C
<hr/>	

2.7.2 Humedad

Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70% y durante la noche del 70- 90%. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación no es frecuente (Sánchez, 2017). En cuanto a la humedad relativa del aire el cultivo es muy exigente, a excepción del período de recolección, en donde las plantas se hacen más susceptibles a algunas enfermedades fungosas.

2.8 Requerimientos de Suelo

El suelo es el medio ambiente por el cual se desarrollan las raíces y del cual extraen el agua y los elementos nutritivos que necesita la planta, además de servirle de sustento (Vivancos, 1997).

Es el lugar donde crecen las plantas, se almacena el agua se localizan los nutrimentos y es el soporte mecánico del cultivo, contiene material mineral,

material orgánico, agua y aire, las proporciones que existen en él, es por lo menos un 45 % de partículas minerales, 5 % de compuestos orgánicos, 25 % de agua y 25 % de aire (Rojas Peña, 2000).

Este cultivo prefiere suelos que estén bien drenados con buen contenido de materia orgánica (Valdez L., 1998).

Es una planta mediantemente tolerante a la salinidad ya que si el contenido de sales es alto la planta presenta dificultad para absorber el agua de riego, provocando un crecimiento lento, el tallo se debilita y las hojas son más pequeñas y de color oscuro y los frutos serán torcidos. Si la concentración de sales es baja traerá como resultado plantas muy frondosas ocasionando sensibilidad a enfermedades.

2.9 Riego

Comienza inmediatamente después de la siembra, con el fin de asegurar la germinación normal de las semillas, después de que empieza la floración y el fructificación, los riegos deben efectuarse cada 3 a 4 días, pero con poco agua.

2.10 Fotoperiodo

En varios trabajos se reporta que el fotoperiodo largo (mayor de 12 hrs luz) y que alta temperaturas, producen flores masculinas y bajo condiciones de fotoperiodo corto resultan más flores femeninas (Valdez L., 1998).

2.11 Fibra de Coco

La denominada “Fibra de coco” es un residuo orgánico agroindustrial de origen tropical, con una enorme potencialidad para ser utilizado como sustrato o componente de sustratos de cultivo. Se genera después de que el mesocarpio fibroso del fruto del coco (*Conos nucifera*) ha sido procesado para extraer las fibras más largas, las cuales se destinan a la fabricación de cuerdas, tapetes, cepillos, etc. Este manejo industrial de la fibra de coco genera cantidades elevadas de polvo y fibra cortas consideradas subproducto que suele emplearse como componente orgánico sustitutivo de la turba *Sphagnum* en los medios de cultivo de las plantas en contenedor.

La fibra de coco se introdujo como sustrato en sistemas de cultivo sin suelo, su presentación es de forma deshidratada, comprimida y en bolsa de polietileno que recibe el nombre de boli, se recomienda que antes de hacer uso de éste se realice un análisis del mismo para realizar ajustes en cuanto a las soluciones nutritivas, y realizar el lavado del sustrato para evitar excesos de sales que pudieran dañar a las plantas (Baixauli Soria & Aguilar Olivert, 2002).

Al igual que la turba, la fibra de coco, es un sustrato orgánico y biodegradable, aunque la velocidad de degradación es mucho menor que para la turba, por lo tanto es capaz de mantener sus características físicas iniciales durante más tiempo. Desde que comenzó su utilización está dando muy buenos resultados.

La fibra de coco es un sustrato orgánico, por lo tanto, se descompone con el tiempo debido a la actividad biológica que se desarrolla en su seno. Dicha degradación obliga a renovar el sustrato normalmente cada dos años con el fin de evitar problemas de encharcamiento (Cánovas, 1999).

El espacio poroso de la fibra de coco varía con la granulometría, pero en los tipos comerciales se sitúa al 94.05%. Posee una gran capacidad de retención de agua, llegando incluso al 800% de su peso seco. Por otro lado, el pH del material oscila entre 5 y 6 dependiendo de su origen (Cánovas, 1999). El parámetro clave en la calidad de la fibra de coco como sustrato para cultivo sin suelo es la conductividad eléctrica, pudiéndose encontrar muestras en todo el mundo que varíen desde 0.39 hasta 6.77 dS/m (Abad, 1997) .

La fibra de coco es un material ligero y presenta una porosidad total muy elevada, por encima del 93%. Presenta cantidades aceptables de agua fácilmente disponible y está bien aireado. La fibra de coco se contrae poco cuando se deja secar (Abad, 1997).

Presenta muchas ventajas la fibra de coco es un sustrato orgánico, 100% natural y renovable. La fácil rehidratación del material permite su secado y prensado en origen lo que minimiza los gastos de transporte y facilita la manipulación por el usuario final. Presenta una excelente capacidad de

retención de agua y aireación. Permite un óptimo uso del agua y de los fertilizantes. Tiene una gran resistencia al estrés hídrico, lo que proporciona tranquilidad al horticultor ante posibles imprevistos. Tiene un pH y EC aceptables, promueve el crecimiento de la raíz. La fibra de coco es totalmente biodegradable. Tras su uso como sustrato, puede ser incorporada al suelo como compost. Su peso es más ligero y no trae plagas, hierbas, o enfermedades.

Aproximadamente 12,500 cáscaras de coco producirán 2.5 toneladas diarias de fibra de coco por turno de 8 horas diarias, con un peso de las cáscaras cercano a los 800 gramos (Fernández, 2014).

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
pH	5	
Conductividad eléctrica	2.15	mS/cm
Nitrógeno total	0.51	%
Fósforo total P ₂ O ₅	0.20	%
Potasio total K ₂ O	0.60	%
Calcio total CaO	1.40	%
Magnesio total MgO	0.20	%
Sodio total NaO	0.187	%
Hierro total Fe	0.206	%

Cuadro 6. Características químicas de la fibra de coco. (Nichols, 2009).

Algunas ventajas que proporciona este material es que presenta una elevada porosidad, retiene suficiente cantidad de agua y la hace disponible para estimular el crecimiento y desarrollo del cultivo (Rojas, 2013). Su espacio poroso es del 20%, generando un intensivo desarrollo de pelos absorbentes en las raíces de las plantas.

Anicua (2008), al utilizar una mezcla de sustrato con fibra de coco, encontró una respuesta positiva en espacio poroso del sustrato, así como en la cantidad de agua disponible para el cultivo de *lisianthus*, incrementando el crecimiento, y por ende generando mayor ingreso neto.

Para la producción de tomate cultivado en fibra de coco y bajo condiciones de invernadero aumenta en 13.2 kg/ m² representando incrementos del 7.3% comparado con el aserrín. En cambio con la mezcla de tezontle y 25% de fibra de coco, brinda mejores respuestas en altura de la planta, área foliar, así como peso fresco y seco de raíz, por lo tanto es recomendable para la producción de fresa en sistemas hidropónicos (López E, 2005).

Por otra parte, Campoverde (2007), encontró los mejores resultados en índice de calidad en las plantas y biomasa de raíz, utilizando la fibra de coco y una adecuada fertilización en *Pinus patula* bajo un vivero.

2.12 Macrotúneles

Son túneles grandes, volumétricamente parecidos a un medio cilindro, cuyo frente puede presentar una forma parabólica. Las medidas más frecuentes son: 3 a 4m de ancho por 1,5 a 2 m de alto y su largo varía según las necesidades o espacio disponible.

Según Pérez (2007), los macrotúneles tendrán un gran uso en el futuro, por las siguientes razones: Es una construcción de baja inversión inicial (3 a 4 \$/m²), es muy fácil de construir, es resistente a condiciones climáticas extremas (nieve, vientos, entre otras), es sencillo el manejo de la ventilación, es excelente para el manejo familiar, es ideal para producir hortalizas de hoja, y/o raíz, las cuales son tolerantes a las bajas temperaturas, como así también, para la producción de plantas en el suelo, charolas o macetas para anticipar cosecha con respecto al campo, de hortalizas de fruto (tomate, pimiento, berenjena, etc.) y si a éste le agregamos las cubiertas de colores, puede ser una ventaja más; también puede ser usado para plantas ornamentales, forestales o aromáticas.

Las ventajas de producir en macrotúneles es que la producción de hortalizas presenta menos enfermedades, menos rajado del fruto y se obtiene una mejor calidad de verduras. El riego y las enfermedades pueden ser controlados, ya que se pueden colocar mayas para tapar la siembra y colocar un sistema de riego por goteo. Con el uso de esta técnica permite evitar los hongos como es el tizón tardío entre otros ya que la humedad se mantiene mejor controlada.

2.13 El Nitrato de calcio

Es un cristal blanco, oxidante y muy estable y fuerte, soluble en agua, es usado desde la edad media se le denominaba anteriormente como plumb dulcisy se utilizaba como materia prima para la producción de numerosos pigmentos (Hernández, 2009).

2.13.1 Aplicaciones agronómicas

Por su composición, sal doble de nitrato de calcio y nitrato amónico, aporta 14,5% de nitrógeno en forma nítrica, un pequeño porcentaje en forma amoniacal, y un 27% de óxido de calcio, totalmente soluble.

Es muy adecuado para prevenir y corregir las deficiencias de calcio en cítricos, frutales, lechuga, melón, pimiento, tomate y hortalizas en general, así como para disminuir los peligros de sodificación de los suelos no calizos cuando se riega con aguas salino-sódicas (Hernández, 2009).

2.13.2 Usos del Nitrato de calcio

El fertilizante Nitrato de Calcio es ideal para fertirrigación y aplicación foliar por presentar un alto contenido de calcio soluble en agua. El producto es de alta pureza y contiene nitrógeno en forma nítrica y nitrógeno amoniacal, este último ayuda a estabilizar en pH en fertirriego y mejora la calidad del fruto en post-cosecha en todo tipo de cultivo hortícolas, fresas, frutales y cítricos. Igualmente el Nitrato de Calcio, en estado sólido, puede ser utilizado como explosivo, para la fabricación de fuegos artificiales, y en la producción de inhibidores de corrosión en combustibles diésel, entre otros (Villarreal Bernal & Capella Calderon, 2008).

2.14 Sulfato de Calcio

El Sulfato de calcio, es un fertilizante natural de uso agrícola, su uso genera que los suelos se renueven gradualmente y no se degraden tan fácilmente con la utilización de los fertilizantes químicos y abuso de los cultivos no rotativos. Se aplica directamente a cualquier terreno permitiendo el mejoramiento de las

condiciones de humedad y las propiedades fisicoquímicas del suelo. Desplaza sales y corrige las deficiencias de calcio en los cultivos, no permite que las plantas a través de sus raíces se llenen de hongos y parásitos, teniendo así una planta vigorosa. No permite tener acopamiento de hojas, caída de flores, yemas y frutos, evita el color amarillento en el fruto del café, fortaleciendo así la estructura del tallo en las plantas.

El sulfato de calcio mejora el rendimiento de los cultivos y la calidad de sus productos, contribuye en la asimilación del nitrógeno, el metabolismo del fósforo y potasio provocando así, la mineralización más rápida de los recursos orgánicos del suelo.

2.14.1 Uso del Sulfato de Calcio

El Sulfato de Calcio es usado en los diferentes cultivos (Arroz, Maíz, Café, Plátano, Papa, Frutales, Cacao, Algodón... Etc.), además que se recomienda aplicar a los cultivos orgánicos; en costa, sierra y selva. Su dosificación es de 600 a 1000 kg/Ha, sin embargo, depende mucho de los análisis de suelos y del cultivo que se quiere fertilizar. Puede aplicarse sólo en suelos donde existe abundante materia orgánica o acompañado de una fuente nitrogenada (Urea, Guano de la Isla, entre otros).

Las plantas adquieren azufre del sustrato como sulfato ($\text{SO}_4^{=}$). El sulfato es de por sí fácil de disolver y está sujeto a pérdidas por filtración. El metabolismo de la planta reduce el sulfato y el dióxido de sulfato a formas que puedan ser usadas para construir moléculas orgánicas. El azufre es una parte vital de todas las proteínas de las plantas y de ciertas hormonas de las plantas. También se usa en la formación de ciertos aceites y compuestos volátiles que se pueden encontrar en la familia de las cebollas y ajos.

2.15 Nitrógeno

El nitrógeno, cuyas formas de asimilación son el ion nitrato (NO_3) y el ion amonio (NH_4), es el motor del crecimiento de la planta. Dentro de la planta se combina con componentes generados por el metabolismo de los hidratos de carbono o carbohidratos para formar aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Además, por ser un constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales del desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno en las plantas es importante también por la absorción de los demás elementos nutritivos. Así mismo, este elemento es parte esencial de la molécula de la clorofila (Alejandro, 2007).

Los conocimientos actuales del metabolismo vegetal permiten asegurar que el nitrógeno absorbido bajo la forma de nitratos no puede ser utilizado por la planta. Para que ello sea posible es necesaria previamente su reducción hasta la forma amónica. Es entonces cuando puede incorporarse como constituyente de los diversos compuestos nitrogenados que están presentes en las plantas (Simón & Navarro García, 2003).

2.16 Fosforo

El fósforo únicamente puede ser asimilado por las plantas bajo las formas de iones fosfatos H_2PO_4 (monovalente) y en menor proporción HPO_4 (bivalente) presentes en la solución del suelo. La solubilidad de estos dos iones depende fundamentalmente del pH (Olivera Prendes , Afif Khouri, & Mayor López , 2006).

2.17 Funciones del Calcio

A diferencia de otros elementos, el Ca no tiene gran importancia como activador enzimático. Además, es un elemento de muy baja movilidad interna. Su papel más importante es formar parte de la pared celular y mejorar la permeabilidad celular, las principales funciones del calcio dentro de la planta son:

- Forma parte del pectato de Ca que confiere rigidez y resistencia a las paredes celulares.
- Promueve la turgencia del plasma coloidal, en forma similar al K.
- Activa los meristemos de la raíz para su crecimiento radicular.

- Contribuye a la formación de nódulos de leguminosas.
- Contribuye a la germinación de los granos de polen y para que se desarrolle el tubo polínico.
- Es importante para la división y elongación celular (Kass, 1998).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio.

El trabajo de investigación se realizó en el Centro de Entrenamiento sobre Agricultura Orgánica Biointensiva “Antonio Narro”, del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, Saltillo; Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son: Latitud 25° 22’ 41” N, longitud 101° 00’ 00” W, y una altitud de 1743msnm.

3.2 Características ambientales del área de estudio.

El clima es seco y templado con lluvias en verano, principalmente. La temperatura media anual es de 17.8°C con una oscilación media anual de 10.4°C. Los meses más cálidos son Junio, Julio y Agosto con temperaturas máximas de hasta 37°C. Durante Diciembre y Enero se registran las temperaturas más bajas hasta -10°C, con heladas regulares en el periodo de diciembre a febrero. La precipitación media anual es de 370mm. Los meses más lluviosos son Julio, Agosto y Septiembre; las lluvias en invierno son moderadas. Lo anterior da como resultado un 64.8% de humedad relativa media anual que se distribuye desigualmente; el verano es la estación de mayor humedad relativa, el invierno y primavera de mayor sequía.

(<http://wwis.inm.es/179/c01296.htm>)

3.3 Establecimiento del experimento.

El presente trabajo de investigación fue realizado durante el ciclo agrícola otoño-invierno del 2017. La siembra de semilla en charolas se hizo el día 30 de Agosto del 2017, la preparación del sustrato se realizó mezclando peat moss y perlita con una pala, al mismo tiempo se le fue agregando agua hasta darle el punto de humedad que necesita para tener una mezcla homogénea. Se prosigue con el llenado de charola el cual consiste en agregar el sustrato previamente húmedo, la profundidad de la siembra se hizo tomando en cuenta dos veces el tamaño de la semilla, se va depositando una semilla por cavidad y

se cubre con el sustrato, se le da un riego ligero. La charola se mantuvo bajo condiciones de invernadero para su germinación y crecimiento de plántula. El material vegetativo utilizado fue la variedad Poinsett 76.

Antes de que se llevara el trasplante de plántula al suelo se hizo la preparación de las camas la cual se realizó de forma manual usando herramientas agrícolas. Se empieza removiendo el suelo para exponer posibles plagas y enfermedades al sol y romper capa arable del suelo. Después se determina las medidas de las camas, quedando de la siguiente manera: camas de 7m de largo con 0.7m de ancho. El caso del cultivo en bolsas con sustrato, fibra de coco se humedeció con agua revolviéndola con una pala, y después se rellenó cada una de las bolsas con el sustrato previamente humedecido.

El trasplante de las plántulas al suelo y en bolsas con sustrato se realizó el día 04 de Octubre del 2017, la distancia entre planta fue de 30 cm.

3.4 Tratamientos del sustrato lavado con calcio.

Los tratamientos que se evaluaron fueron $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y CaSO_4 en diferentes concentraciones.

Se realizó la aplicación de los tratamientos después del trasplante (06 de Octubre del 2017), en concentraciones de 00, 20, 40 y 80 (mM), aplicándose un litro por bolsa. Después al siguiente día se aplicó un litro de agua por bolsa.

3.5 Tratamientos de condiciones del cultivo.

El cultivo se estableció bajo cuatro condiciones diferentes:

- Cultivo en suelo a campo abierto.
- Cultivo en suelo bajo macrotúnel.
- Cultivo en sustrato a campo abierto.
- Cultivo en sustrato bajo macrotúnel.

En todos los tratamientos del lavado del sustrato con calcio así como en las dos condiciones de cultivo se tuvieron 3 plantas (repeticiones) por tratamiento. En el caso del cultivo en suelo se tuvieron 20 plantas (repeticiones) por cama, en cada una de las dos condiciones de cultivo.

3.6 Manejo del cultivo

Bajo las cuatro condiciones de cultivo las plantas fueron fertilizadas con una solución nutritiva de Steiner diluida al 50%, 2 veces por semana y en ocasiones con pura agua según las condiciones de radiación y temperatura. Se estuvieron eliminando frecuentemente las flores y pequeños frutos para estimular el crecimiento vegetativo y las plantas fueron tutoradas con rafia para mantener un mejor desarrollo del cultivo.

3.7 Variables evaluadas

A los 28 días después del trasplante se determinó las siguientes variables

3.7.1 Longitud del tallo

Para esta actividad se utilizó una cinta métrica para medir la longitud del tallo en (cm) la cual se llevó a cabo a los 28 días después del trasplante.

3.7.2 Medición de la clorofila con el SPAD-502

Esta variable se determinó al colocar hojas en la ventana del instrumento llamado SPAD-502 que sirvió para medir la cantidad de clorofila.

3.7.3 Peso fresco de follaje

Para esta variable se registró el peso fresco del follaje del cultivo del pepino en una báscula digital reportando el peso en gramos el cual se llevó a cabo a los 52 días después del trasplante.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Longitud de tallo

En la Figura 1 se puede ver la respuesta que tuvieron los tratamientos a campo abierto para longitud de tallo en el cultivo de pepino. Se observó que tanto el nitrato de calcio (CaNO_3)₂ como el sulfato de calcio (CaSO_4) ambos en sustrato de fibra de coco tuvieron una respuesta muy superior (de 31-42 cm) al encontrado en el cultivo en suelo (25 cm). Es de interés resaltar que en promedio las diferentes concentraciones de calcio tanto nitrogenada como sulfatada tuvieron la misma respuesta para longitud de tallo (35.5 cm). Por otro lado, se observó que la máxima respuesta para longitud de tallo con ambos fertilizantes (tanto nitrogenado como sulfatado) fue a la concentración de 40 mM, con longitudes de tallo de 42 cm y 38 cm, respectivamente. Resultados de investigación en este sentido son reportados por Liandro (2011), quien evaluó diferentes híbridos de tomate con aplicaciones de nitrato de calcio y tuvo respuesta de 45 cm a 250 cm después de 22 días y 78 días, respectivamente. En ese mismo trabajo sobresale el híbrido Kikapoo con una altura de 215 cm mientras que el híbrido Sahel tuvo la altura más baja (158 cm).

Por otro lado, en la Figura 2 se puede observar que bajo condiciones de macrotúnel la respuesta promedio para las diferentes concentraciones de calcio, fueron muy similares ya que en nitrato de calcio el promedio fue de 43.3 y en el sulfato fue de 43.0 cm. Sin embargo, podemos notar que dentro de las diferentes concentraciones de nitrato de calcio la máxima longitud de tallo se observó con 80 mM (47 cm) siguiéndole el de 40 mM con una longitud de tallo de 46 cm. Con el sulfato de calcio la mejor respuesta se obtuvo con la concentración de 20 mM (46 cm). Al comparar las respuestas de longitud de tallo se puede observar que las obtenidas en macrotúnel fueron superiores a aquellas obtenidas en campo abierto, ya que las primeras tuvieron una respuesta en promedio de 43 cm y las últimas de 35.5 cm, respectivamente. Lo

mismo se observó en el cultivo en suelo, ya que la longitud de tallo a campo abierto fue de 25 cm, mientras que en macrotúnel fue de 30 cm.

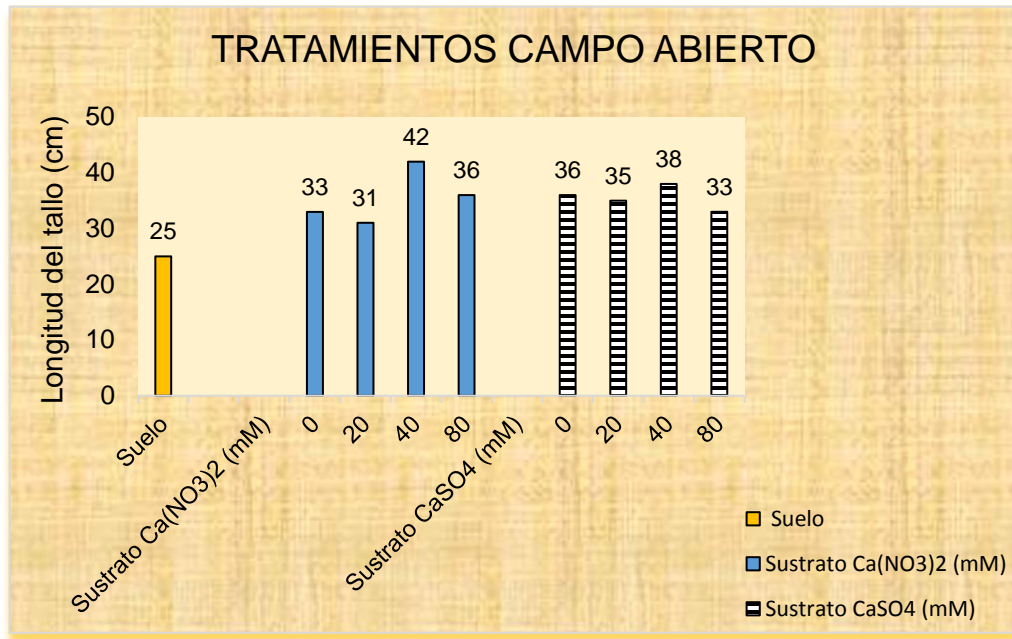


Figura 1. Longitud del tallo del pepino cultivado en campo abierto en suelo y en sustrato en bolsas con fibra de coco tratada con Ca(NO₃)₂ y con CaSO₄ a diferentes concentraciones.

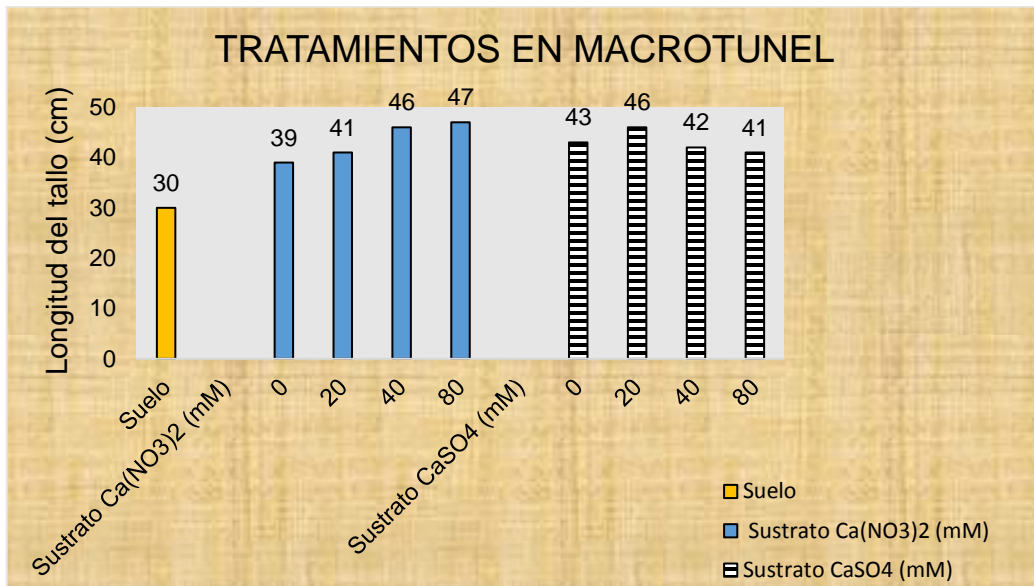


Figura 2. Longitud del tallo del pepino cultivado en macrotúnel en suelo y en sustrato en bolsas con fibra de coco tratada con Ca(NO₃)₂ y con CaSO₄ a diferentes concentraciones.

Es importante señalar que el calcio es un nutriente secundario así como el magnesio y el azufre, el primero influye en la calidad y vida útil de los frutos de los cultivos. Dado que el calcio es de poca movilidad y está muy relacionado con la baja tasa de transpiración, su absorción requiere de alta transpiración para que los cultivos comiencen a absorber agua y por ende el calcio a través de las raíces siempre y cuando no haya cantidades grandes de amonio ya que hay un antagonismo con éste. Estudios en este sentido han sido reportados por Alberto (2012), evaluando el efecto del calcio en diferentes fechas de siembra encontró que éste tuvo un efecto importante y determinante en la altura de planta y en el desarrollo de la flor de *Lilium spp.* Por otra parte, Ortiz (2011), observó que las mayores respuestas de altura de planta en tomate fue con la relación Ca:K (2 y 4.5) y con una CE(Conductividad Eléctrica) menor a 6 dSm⁻¹.

4.2 Medición de la clorofila con el SPAD-502

Por lo que respecta al contenido de clorofila y en respuesta a los diferentes tratamientos evaluados en campo abierto se pueden ver en la Figura 3 que en dicha figura se observa que el contenido de clorofila en promedio fue mayor con el nitrato de calcio en comparación con el sulfato de calcio, además podemos ver que la mayor concentración de clorofila fue obtenida con la concentración de 40 mM de Ca(NO₃)₂ (46 Unidades Spad), pero también se observa que con en relación al fertilizante nitrogenado y sulfatado de calcio a 0 mM se obtuvo la misma cantidad de clorofila (46 Unidades Spad). Todas las lecturas de clorofila en sustrato tratado con los fertilizantes tanto nitrogenados como sulfatados en campo abierto tuvieron mayor respuesta que los obtenidos en suelo directamente. Resultados en este sentido son reportados por Robledo (2011), quien evaluó diferentes relaciones amonio/nitrato en frijol ejotero y observo que las mayores concentraciones de clorofila fueron en la relación 0/100.

Lo que sí es muy claro en esta figura es que la concentración de la clorofila fue más alta con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ que con CaSO_4 , lo cual se puede deber a que el nitrógeno es más importante que el azufre para la síntesis de la clorofila.

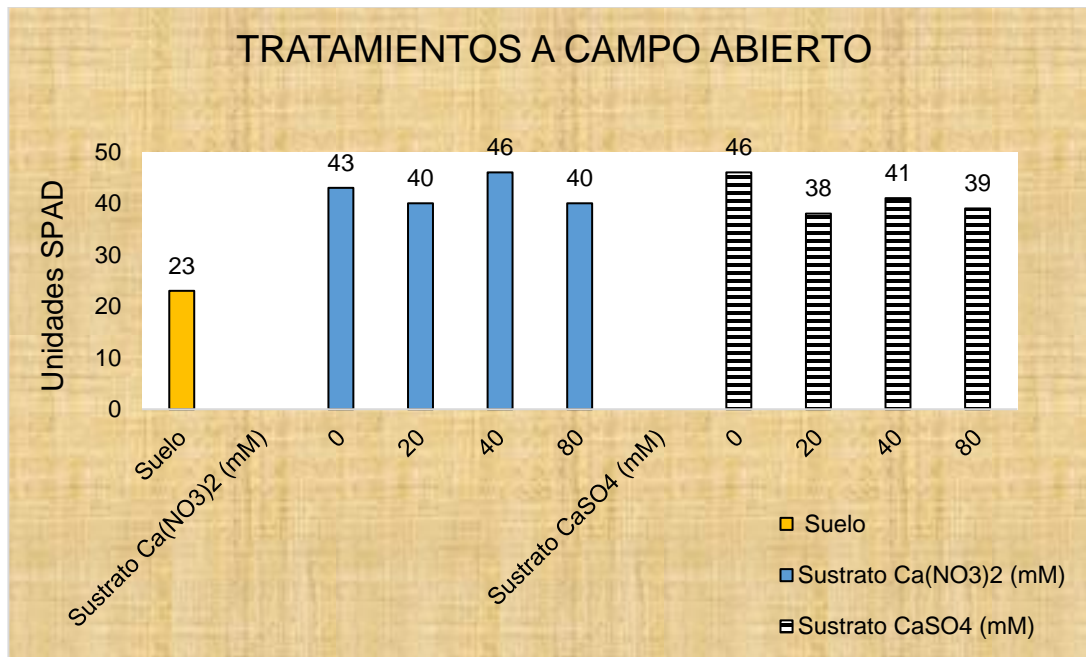


Figura 3. Unidades Spad (Clorofila) en hojas del pepino cultivado en campo abierto en suelo y en sustrato en bolsas con fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y con CaSO_4 a diferentes concentraciones.

Por lo que respecta a los contenidos de clorofila obtenidos en condiciones de macrotúnel se observa que las concentraciones del nitrato de calcio ligeramente fueron superiores en promedio a aquellas que contenían sulfato (ver Figura 4). Es importante señalar que las aplicaciones de nitrato de calcio tuvo la misma cantidad de clorofila con 44 Unidades Spad para las concentraciones de 20, 40 y 80 mM, comparadas con el testigo (39 Unidades Spad), mientras que las sulfatadas también tuvieron más o menos las mismas respuestas (42 Unidades Spad). En general se observó mayor concentración de clorofila en las concentraciones de calcio tanto nitrogenada como sulfatada en relación a la obtenida en el suelo. Lo anterior es corroborado por el estudio realizado por Mares, y otros (2016), quienes realizaron un trabajo bajo condiciones de invernadero con pimiento morrón utilizando diferentes concentraciones de nitrato de calcio y encontraron que para el contenido de clorofila las mejores

concentraciones fueron con nitrato de calcio soluble-3 y líquido (50.6 y 50.3 Unidades Spad, respectivamente).

Es importante señalar que el tipo de material, el calibre y el color de la cubierta plástica en los túneles o invernaderos tienen influencia en la radiación que se transmiten en el rango de 400 a 700 nm (Espí, 2012). Lo anterior tiene una influencia en la producción de clorofila así como en la calidad y producción de los cultivos.

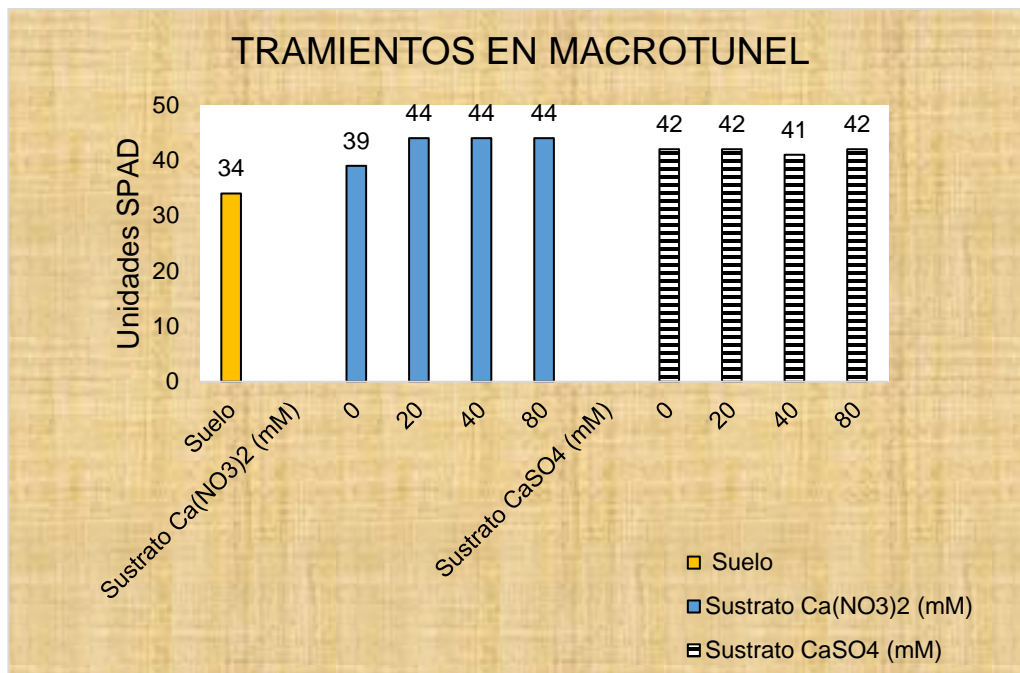


Figura 4. Unidades Spad (Clorofila) en hojas del pepino cultivado en macrotúnel en suelo y en sustrato en bolsas con fibra de coco tratada con Ca(NO₃)₂ y con CaSO₄ a diferentes concentraciones.

4.3 Peso fresco del follaje

En la Figura 5 se puede observar que a campo abierto el peso fresco del follaje fue mayor con las concentraciones de 40 mM, tanto de Ca(NO₃)₂ como de CaSO₄ (44 gr y 38 gr, respectivamente) y muy superior a lo obtenido en el suelo (5 gr).

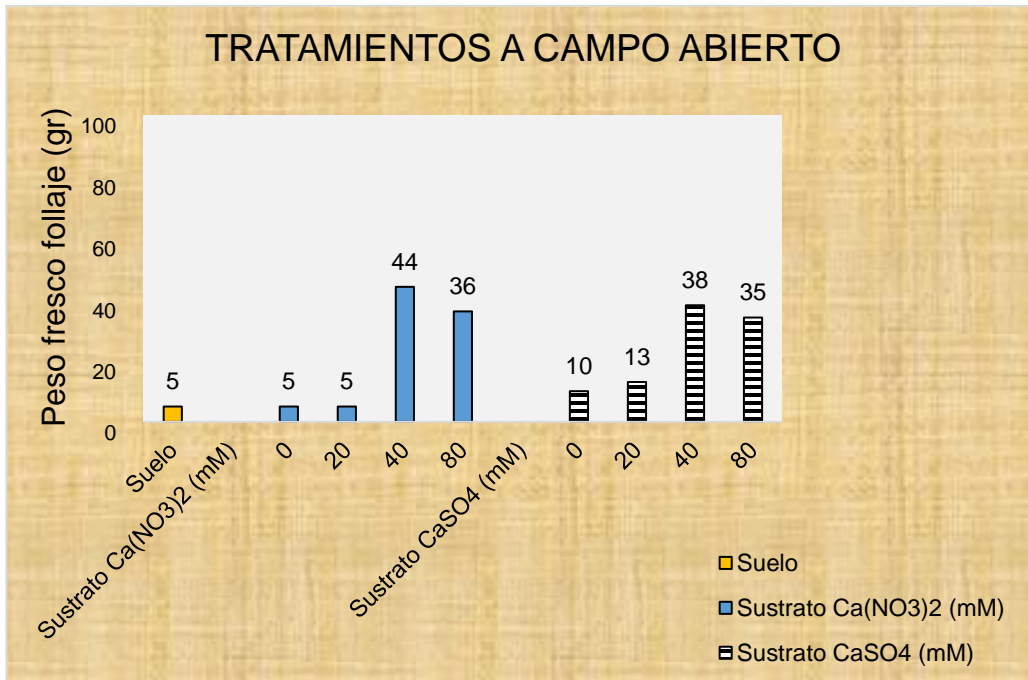


Figura 5. Peso fresco de follaje del pepino cultivado en campo abierto en suelo y en sustrato en bolsas con fibra de coco tratada con Ca(NO₃)₂ y con CaSO₄ a diferentes concentraciones.

En la Figura 6 podemos notar que en macrotúnel el peso fresco del follaje se va incrementado al irse elevando la concentración del Ca(NO₃)₂ y lo mismo ocurre con el CaSO₄, aunque con este se nota que el testigo indujo un mayor peso fresco del follaje (86 gr). En este caso la mejor respuesta se obtuvo con concentraciones de 80 mM de ambos fertilizantes. Al comparar las respuestas obtenidas en las figuras 5 y 6, podemos notar claramente que el mayor peso fresco se obtiene en el cultivo bajo macrotúnel que a campo abierto.

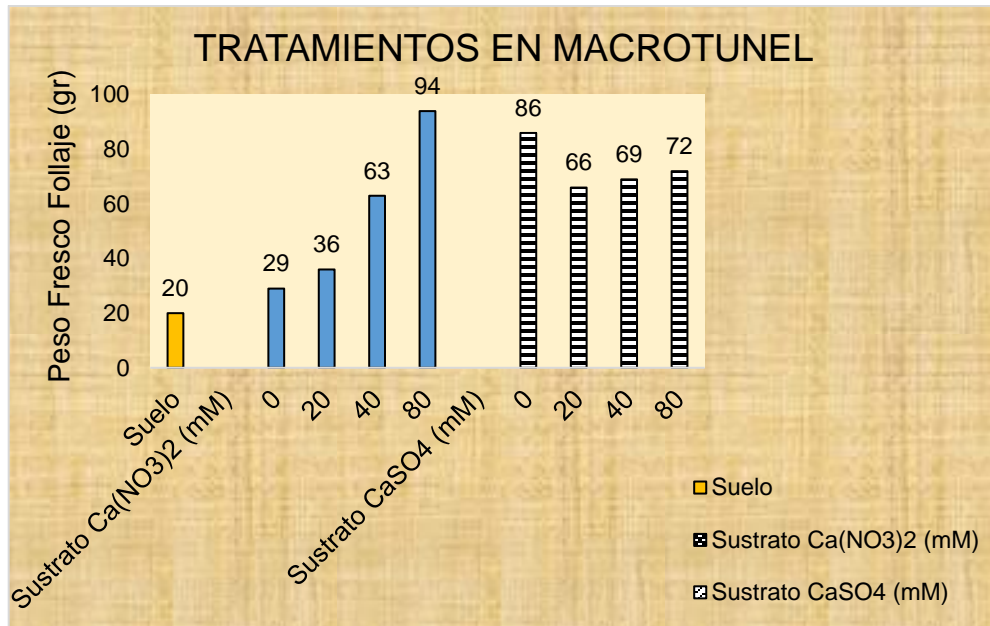


Figura 6. Peso fresco de follaje del pepino cultivado en macrotúnel en suelo y en sustrato en bolsas con fibra de coco tratada con Ca(NO₃)₂ y con CaSO₄ a diferentes concentraciones.

V. CONCLUSIONES

En base a todos los resultados obtenidos en este trabajo podemos concluir lo siguiente:

- 1) El pepino se desarrolló mejor en sustrato que en suelo.
- 2) El desarrollo del pepino fue mejor cuando se cultivó en macrotúnel que a campo abierto.
- 3) El desarrollo del pepino cultivado en sustrato de fibra de coco, fue superior cuando este fue tratado con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ que con CaSO_4 .
- 4) Las dosis de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ que por lo general fue más efectiva para lavar la fibra de coco fue la de 40 Mm.

VI. LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. (1997). Los sustratos en el cultivo sin suelo. Tratado de cultivo sin suelo. (Mundi-Prensa, Ed.) Madrid, España.
- Alberto, A. V. (2012). Efecto del suministro de calcio en el desarrollo de la planta y calidad de la flor de *Lilium ssp.* Tipo asiático, cultivado en hidroponía. Torreón, Coahuila, México.
- Alejandro, M. R. (2007). Elementos nutritivos. Asimilación, funciones, toxicidad e indispensabilidad en los suelos.
- Anicua, S. R. (2008). Caracterización física y micromorfología de materiales orgánicos para la generación de mezclas de sustratos en la producción de *Lilium ssp.* (Eustoma grandiflorum). Texcoco, México. Recuperado el 12 de julio de 2018
- Baixauli Soria, C., & Aguilar Olivert, J. M. (2002). Cultivo sin Suelo de Hortalizas. Aspectos Prácticos y Experiencias (Vol. Dibulgación Técnica). Generalitat Valenciana.
- Campoverde, M. J. (2007). Efecto del sustrato y la fertilización en el crecimiento de *Pinus patula* Schl et Cham en vivero. Texcoco, México.
- Cánovas, A. (1999). Tratado de Agricultura ecológica.
- Careaga A., A. (1977). Estudio comparativo de costos en dos métodos de siembra de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en suelo de Cadereyta Jiménez, N.L. Monterrey, N.L., México. Recuperado el 28 de 04 de 2018, de <http://eprints.uanl.mx/3807/1/1080249917.pdf>
- Espi, E. (2012). Materiales de cubierta para invernaderos. Cuadernos de estudios agroalimentarios(2173-7568), 71-88.
- FAOSTAT. (2010). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado el 26 de 06 de 2018, de [//faostat.fao.org/site/342/default.aspx](http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx).
- Fernández, M. V. (2014). Uso de la fibra de coco como sustrato en la producción de pasca (*Euphorbia pulcherrima*; Wild.ex Klotsch) para Exportación. Escuintla.
- FUIMAIF. (2005). Cultivo de pepino europeo en invernaderos de alta tecnología en México. Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal. A.C. SAGARPA, 37. Recuperado el 27 de Mayo de 2018
- Hernández. (2006). Manejo del pepino en invernadero. Obregón, Sonora, México. Recuperado el 14 de Junio de 2018

- Hernández, M. I. (2009). Manejo de la nutrición mineral mediante el fertiriego en el cultivo protegido de tomate en condiciones de suelo Ferralítico. Recuperado el 13 de Julio de 2018
- Hidroponia. (07 de Abril de 2017). Hydro Environment. Recuperado el 28 de Abril de 2018, de <http://hidroponia.mx/situacion-actual-del-cultivo-de- pepino-en-mexico/>
- Kass, D. C. (1998). Fertilidad de suelos (Primera ed.). San José , Costa Rica: EUNED.
- Liandro, E. G. (2011). Evaluación de arios híbridos de tomate (*Lycopersicum esculentum* mill) con y sin aplicación de nitrato de calcio a cielo abierto. Torreón, Coahuila, México. Recuperado el 03 de 12 de 2018
- López E, J. (2005). Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda.
- Mares, V. Á., Partida Ruvalcaba, L., Godoy Vega, F., Medina Montenegro, H. M., Millán Ocampo, S., Cárdenas Flores , A., & Cárdenas Cota, H. M. (2016). Eficacia de formulaciones de dosis de calcio en el rendimiento de pimiento morrón. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(7).
- MERCANET. (2007). Situación del mercado estadounidense de pepino. Sistema de Información e Inteligencia de Mercados. Recuperado el 26 de Mayo de 2018, de Consejo Nacional de Producción. Sistema de Información e Inteligencia de Mercados: http://www.cnp.go.cr/php_mysql/admin/KTML/files/boletines/Pepino_marzo_2007.pdf.
- Nichols, M. (2009). Recent Advances in coir as a growing medium.
- Olivera Prendes , J. A., Afif Khouri, E., & Mayor López , M. (2006). Análisis del Suelo y Plantas y Recomendaciones de Abonado. España.
- Ortiz, W. N. (2011). Influencia de la salinidad y la relación Calcio/Potasio sobre el crecimiento y desarrollo del tomate cv. Raf. Almería.
- Pacas Herrera, C. R. (2002). Efecto de la composta en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus*) en invernadero. México, Coahuila, Saltillo.
- Pérez Pérez, D. F. (2007). Evaluación de plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo cubiertas plásticas fotoselectivas en macrotúneles. México, Coahuila, Saltillo. Recuperado el 03 de Junio de 2018, de <file:///C:/Users/Desktop/T00512%20%20PEREZ%20%20PEREZ,%20DOVER%20FRANCO%20%20TESIS.pdf>
- Robledo, E. Y. (2011). Relación Nitrato/Amonio en la solución nutritiva en la producción de frijol ejotero. Torreón, Coahuila, México.

- Rojas Peña, L. (2000). El fertirriego y la Plasticultura . UAAAN.Saltillo, Coahuila, México.
- Rojas, S. (2013). Influencia de la intensidad de Radiación PAR en la fotosíntesis de Cultivos Hortícolas bajo invernadero. Caso de Estudio de Especialidad. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).
- SAGARPA. (2002). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. México, D.F.
- SAGARPA. (2003). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP, SIACON, Anuario Agrícola por Municipio, SAGARPA. Consulta de Indicadores de Producción Nacional de Pepino, México D. F. Recuperado el 28 de 04 de 2018, de Siap.sagarpa.gob.mx.
- Sánchez, Y. P. (2017). Determinar los requerimientos hídricos del pepino(*Cucumis sativus* L) mediante el lisímetro volumétrico, en el sector la trinidad perteneciente al sistema de riego campana-malacatos. Recuperado el 30 de 11 de 2018, de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18472/1/YANDRY%20PAUL%20MARTINEZ%20SANCHEZ.pdf>
- SEP. (1997). Cucurbitáceas (3° ed.). México, D.F.: Trillas.
- Serrano, C. Z. (1979). Invernaderos, Instalación y Manejo. Extensión Agrícola. Recuperado el 07 de Junio de 2018
- SIAP. (2010). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. Recuperado el 27 de Mayo de 2018, de Sagarpa: http://reportes.siap.gob.mx/Agricola_siap/ResumenProducto.do
- Simón, N. B., & Navarro García, G. (2003). Química Agrícola (2 ed.). España: Mundi Prensa.
- Tiscornia, j. R. (1983). Hortaliza de fruto. Buenos aires, Argentina: ALBAROS. Obtenido de <file:///t19005%20sanchez%20arrieta,%20guadalupe%20%20tesis.pdf>
- Valdez L., A. (1998). Producción de Hortalizas. México D.F.: Limusa S.A. de C.V. Recuperado el 28 de 04 de 2018
- Villarreal Bernal, V., & Capella Calderon, J. d. (2008). Estudios de Inteligencia de Mercado del Nitrato de Calcio en España. España. Recuperado el 12 de 07 de 2018, de <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0046267.pdf>
- Vivancos, A. D. (1997). Tratado de fertilización (3 ed.). Madrid España: Mundi-Prensa.

