

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**Producción de plántulas de chile jalapeño
(*Capsicum annuum* L.) bajo películas fotoselectivas.**

Por:

AINER CLEIVER ROBLERO MORALES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

Febrero del 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**Producción de plántulas de chile jalapeño
(*Capsicum annuum L.*) bajo películas fotoselectivas.**

TESIS DE LICENCIATURA

Presentado por:

AINER CLEIVER ROBLERO MORALES

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador
como requisito parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobado por:

Dr. José Hernández Dávila
Presidente del jurado

Ing. Elyn Bacópulos Téllez
Sinodal

Dr. Valentín Robledo Torres
Sinodal

Dr. Víctor Reyes Salas
Sinodal

M.C. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la División de agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Febrero del 2007

DEDICATORIAS

A mis padres: Ezequiel Roblero Morales y Carmen Morales Morales, por haberme dado la oportunidad de seguir estudiando y por haber depositado toda su confianza en mi y espero que la sigan teniendo que yo nunca los defraudaré.

A toda mi familia por haberme dado apoyo moral y no me dejaron caer en los momentos más difíciles.

A mis hermanos por los sabios consejos que me dieron y no me dejaron solo cuando más los necesité.

A mis tíos que me apoyaron con sus consejos

A mis abuelos que estén donde estén siempre estarán en mi corazón

A mis hermanos:

Marisela Roblero Morales

Elmer Roblero Morales

Oribel Roblero Morales

Anabeli Roblero Morales

Magni Roblero Morales

Yubisela Roblero Morales

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por iluminar mi camino y darme la fuerza necesaria para alcanzar las metas trazadas.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme las puertas y por haberme dado la oportunidad de superarme y adquirir nuevos conocimientos.

Al Dr. José Hernández Dávila por haber confiado en mi y por tenerme paciencia y espero en dios que se recupere pronto para que siga compartiendo con nosotros sus conocimientos y que siga formando buenos profesionistas que sean de utilidad para la sociedad.

A mis amigos de cuarto:

Jacobo David Ortiz Velásquez
Isaí Abdiel González Santizo
Horacio Velázquez Roblero

A mis amigos de la especialidad de Horticultura, especialmente a:

Diana María Cifuentes Saucedo
Dover Franco Pérez Pérez
Berta Cruz García
Jacobo David Ortiz Velásquez

A todos mis amigos de la generación que se portaron buena onda conmigo quiero agradecerles su amistad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Dedicatorias	i
Agradecimientos	ii
Índice de contenido	iii
Índice de cuadros	vi
Índice de figuras	vii
Introducción	1
Objetivo	3
Hipótesis	3
Revisión de literatura	4
Origen del cultivo.....	4
Importancia económica.....	4
Requerimientos climáticos y edáficos.....	5
Suelo.....	6
Temperatura.....	6
Descripción de los subtipos de chile jalapeño.....	6
Cultivares americanos.....	7
Objetivos del transplante.....	8
Medios de cultivo y producción de plántulas en invernadero.....	9
Calidad de plántula.....	10
La importancia de la producción de plántula.....	11
Cubiertas.....	12
Propiedades ópticas de los plásticos utilizados en la agricultura.....	12
Fisiología vegetal y medio ambiente.....	13
Temperatura ambiente.....	13
Transpiración.....	14
Características de la radiación.....	14
Calidad de la luz.....	14

La luz como factor morfogénico.....	16
Influencia espectral en la fisiología de la planta.....	18
Energía luminosa o visible.....	20
Características de algunos colores de plásticos.....	20
Aplicaciones de los plásticos en agricultura.....	21
Propiedades de los plásticos utilizados en la agricultura.....	22
Opacidad a las radiaciones.....	22
Importancia de la luz.....	23
Luz y temperatura.....	24
Plásticos fotoselectivos.....	24
Invernadero fotoselectivo – rojo.....	25
Invernadero fotoselectivo – transparente.....	25
Germinación.....	25
Biomasa.....	26
Trabajos de investigación realizados con plásticos fotoselectivos.....	27
Materiales y métodos.....	30
Localización geográfica el sitio experimental.....	30
Características edafoclimáticas del área experimental.....	30
Clima.....	30
Suelo.....	30
Viento.....	31
Vegetación.....	31
Materiales.....	31
Tratamientos.....	32
Establecimiento del experimento.....	32
Instalación de cubiertas plásticas y perforaciones.....	33
Preparación del sustrato para siembra.....	33
Llenado de charolas.....	33
Preparación de la semilla y la siembra.....	34
Método.....	34
Diseño experimental.....	34

VARIABLES EVALUADAS.....	35
Biomasa fresca total.....	35
Biomasa seca total.....	35
Biomasa fresca del vástago.....	35
Biomasa seca del vástago.....	35
Biomasa fresca de la raíz.....	36
Biomasa seca de la raíz.....	36
Área foliar.....	36
Diámetro de tallo.....	36
Altura de planta.....	37
Resultados y discusión.....	38
Biomasa fresca total.....	38
Biomasa seca total.....	40
Biomasa fresca del vástago.....	42
Biomasa seca del vástago.....	44
Biomasa fresca de la raíz.....	46
Biomasa seca de la raíz.....	48
Área foliar.....	50
Diámetro de tallo.....	52
Altura de planta.....	53
Conclusiones.....	54
Bibliografía.....	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros		Pág.
Cuadro 1	Análisis de varianza en la producción total de biomasa fresca de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	39
Cuadro 2	Análisis de varianza en la producción total de biomasa fresca (g) de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	39
Cuadro 3	Análisis de varianza en la producción total de biomasa seca de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAA, 2006.....	41
Cuadro 4	Análisis de varianza en la producción total de biomasa seca de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	41
Cuadro 5	Análisis de varianza en la distribución de biomasa fresca en el vástago de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	43
Cuadro 6	Análisis de varianza en la distribución de biomasa fresca en el vástago de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAA, 2006.....	43
Cuadro 7	Análisis de varianza en la distribución de biomasa seca del vástago de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	45
Cuadro 8	Análisis de varianza en la distribución de biomasa seca del vástago de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	45
Cuadro 9	Análisis de varianza en la distribución de biomasa fresca de la raíz de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	47
Cuadro 10	Análisis de varianza en la distribución de biomasa fresca en la raíz de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	47
Cuadro 11	Análisis de varianza en la distribución de biomasa seca de la raíz de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	49
Cuadro 12	Análisis de varianza en la distribución de biomasa seca en la raíz de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	49
Cuadro 13	Análisis de varianza en el área foliar de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	51
Cuadro 14	Análisis de varianza en la acumulación de área foliar en plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras		Pág.
Figura 1	Diámetro de tallo de plántulas de chile por efecto de cubiertas plásticas foselectivas. UAAAN, 2006.....	52
Figura 2	Altura de planta al momento del transplante, en plántulas de chile por efecto de la cubierta plástica foselectiva. UAAAN, 2006.....	53

INTRODUCCIÓN

En 1982 el área sembrada de chile en el país fluctuó entre 70,000 y 80,000 ha produciendo más de 500, 000 ton de frutos frescos y 30, 000 ton de frutos secos. Los chiles de mayor importancia a nivel nacional son: el ancho, serrano, mirasol y jalapeño que cubren el 75% del área total cultivada con este género, siendo el 80% del terreno manejado con riego y el restante de temporal.

En el periodo 1986-87, la exportación de chile fue de 104,489 ton, correspondiendo 7, 442 ton al chile jalapeño. En México existen básicamente tres zonas productoras de chile jalapeño: 1) la cuenca del río Papaloapan (Veracruz y Oaxaca); 2) el norte del estado de Veracruz (municipios de Papantla, Espinal y Cazonas) y 3) la región de Delicias, Chihuahua, con 3, 000 ha de riego, aproximadamente. Otras zonas con menor producción son: Jalisco, Sonora, Sinaloa y Chiapas.

Los plásticos fotoselectivos modifican la cantidad y calidad de la radiación. En la zona del infrarrojo cercano (700 – 1000 nm) se induce un alargamiento en la planta. Estudios sobre la fotomorfogénesis han mostrado la gran influencia que ejerce la calidad espectral de la radiación sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. La relación de los flujos de fotones rojo / rojo lejano (610 – 700 / 700 – 800 nm) actúa sobre un alargamiento de los tallos. En el rojo (610 – 700 nm) y azul (410 – 510 nm) es donde se concentra la mayor radiación aprovechada en fotosíntesis o radiación PAR.

Así se han formulado plásticos que permiten seleccionar estas longitudes de onda del infrarrojo y por tanto adaptarlas a las necesidades lumínicas de la planta durante su desarrollo fenológico, fomentando así los niveles de producción.

Los invernaderos para la producción de plántulas de hortalizas son utilizados por los horticultores dedicados a los productos de exportación. En los últimos 30 años, la producción de plántulas de hortalizas ha mostrado un notable avance, pasando del uso de los sistemas de producción en almácigos al empleo de los invernaderos bien cimentados y estructurados, hasta llegar al uso de invernaderos tecnificados.

Uno de los mayores retos a los que se enfrenta el productor de plántulas es la obtención de un producto sano y de excelente calidad para el trasplante, por lo que es necesario conocer cuales son los problemas que pueden estar presentes durante su proceso de producción.

En México, se sembraron en el 2000 aproximadamente 500,000 ha de hortalizas. Muchos productores han cambiado la siembra directa por el trasplante, por que dan poblaciones más homogéneas, cosechas tempranas y maduración uniforme de las plantas, para esto hay que seleccionar la semilla adecuada, el medio de crecimiento y la calidad del agua (Hassell, citado por Juárez, 2000).

Los trasplantes permiten al productor reducir costos y aumentar utilidades por que se logran más temprano las cosechas, se producen más cosechas por año; se reduce la siembra directa, aumenta la tasa de germinación y se ahorra dinero al usar semillas híbridas (Miller, citado por Juárez, 2000).

OBJETIVO

Determinar el efecto agronómico de cuatro cubiertas plásticas en la producción de transplantes de chile jalapeño.

HIPÓTESIS

Las cubiertas fotoselectivas permiten mayor acumulación de biomasa en plántulas de chile jalapeño.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del cultivo

El origen del género *Capsicum* se ubica en América, sin embargo para ubicar el sitio exacto hay discrepancia entre los diferentes autores. Vavilov (1951) ubica su origen en América del sur, en la región de los andes y de la cuenca alta del Amazonas, que comprende: Perú, Bolivia, Argentina y Brasil. Por su parte, Cássares (1981) ubica su origen en América tropical, donde ha sido cultivado desde épocas muy remotas, ya que se han encontrado restos prehistóricos en Ancon y Huasca Prieta, Perú, en donde estuvo ampliamente distribuido y se piensa que de ahí pasó a México, aunque se sugiere que México también pudo haber sido un centro de origen independiente, ya que aquí se encuentra una gran diversidad de variedades (Valadez, 1996).

Importancia económica

La importancia radica en las divisas que genera, ya que México es el principal proveedor de este producto para EE.UU. y Canadá, en los ciclos de invierno-primavera (durante los meses de noviembre a mayo) que es cuando en esos países no hay producción de chile. Los principales estados productores son: Sinaloa, Sonora, Veracruz, Chiapas y Nayarit, aunque Tamaulipas, Guanajuato, Michoacán, Yucatán, Aguascalientes y San Luis Potosí también lo producen pero en menor escala.

En 1998-99 el cultivo del chile ocupó el 5º lugar en cuanto a la superficie nacional con 63, 500 ha, de las cuales se obtiene una producción de 536, 000 ton.

Dentro de la gran variedad de tipos de chile que se cultivan en México, el jalapeño es uno de los de mayor importancia socioeconómica por su amplio consumo, alta reutilización y gran demanda de mano de obra. Anualmente en el país se siembran alrededor de 40 mil hectáreas, con un rendimiento promedio de 12 toneladas por hectárea y un volumen de producción de 600 mil toneladas. De esta producción se exportan a los Estados Unidos cerca de 30 mil toneladas (6%), principalmente en la época que comprende de enero a abril.

Los principales estados exportadores de chile jalapeño son: Sinaloa con una participación del 44% del total exportable, Chihuahua con el 22.5%, Sonora con el 14.1%, Veracruz con el 8.6% y Tamaulipas con el 2.5%. En el estado de Chihuahua, el chile jalapeño es uno de los cultivos de mayor importancia socioeconómica, bajo el régimen de riego. De 1998 al 2000 se cosechó una superficie que varió de 18,870 a 19,871 hectáreas las cuales aportaron alrededor del 14 % del valor total agrícola del estado.

Una de las regiones productora de chile jalapeño más importantes del estado y del país, es la de Delicias, Chih. ya que la superficie sembrada promedio, en los últimos tres años, ha sido de 8,250 hectáreas, con una producción de 166 mil toneladas que representan el 38 % del total nacional .

Requerimientos climáticos y edáficos.

Este cultivo es propio de regiones cálidas, por lo cual no resiste heladas. La semilla necesita de una temperatura de 21.1 a 23.9 °C para su pronta germinación (Edmon, 1984, Sobrino y Sobrino, 1989 y Valadez, 1996). En la época de transplante, la temperatura mínima tiene que estar por encima de los 15º C en tanto que el óptimo se sitúa sobre los 18 a 20 °C (Sobrino y Sobrino, 1981).

Vilmorín (1977) menciona que el *C. annuum* se produce mejor en un clima relativamente caluroso, en el que la temporada de crecimiento es larga y donde existe poco peligro de heladas.

El chile aparentemente resiste mejor la sequía que el tomate o la berenjena, sin embargo, los mejores rendimientos están íntimamente ligados a un riego abundante.

Suelo

El chile jalapeño es una hortaliza que prefiere terrenos sueltos, profundos, frescos y bien labrados, ricos en sustancias orgánicas bien maduras y en los cuales no hay posibles estancamientos de agua (Fersini, 1982)

Temperatura

El rango de temperaturas para una mejor germinación es de 24 a 29 °C, los días a emergencia son de 8 a 10 y la temperatura ambiente para el desarrollo es: en el día de 18 a 26 °C y nocturna de 15 a 18 °C (Valadez, 1994).

Descripción de los subtipos de chile jalapeño

Por las características del fruto y el hábito de crecimiento se han agrupado cuatro subtipos de chile.

- ❖ Jalapeño típico: se le conoce también como chile rayado, acorchado o gordo, tiene plantas compactas de aproximadamente 65 cm de altura que produce frutos cónicos, de forma cilíndrica que mide de 4 a 8 cm de largo y de 3 a 6 cm de ancho. Este chile tiene una gran aceptación para la industria de enlatado.

- ❖ Jalapeño peludo: se le conoce también como candelaria o cuaresmeño, tiene una planta de porte alto, de 1.0 a 1.5 m de altura. La planta es de crecimiento tardío y de producción escalonada. Se obtienen seis o más cosechas bajo temporal. Este subtipo es susceptible a los excesos de humedad. El fruto es de forma alargada y cuerpo angular, mide de 6 a 9 cm de largo y de 3 a 4 cm de ancho. Otra característica del fruto es que posee un pericarpio grueso (0.5 cm de espesor). En la zona productora de Veracruz la cosecha se realiza principalmente en los meses de mayo a junio. Los frutos de este subtipo se destinan para consumo fresco.

- ❖ Jalapeño espinalteco: este subtipo posee plantas de tipo intermedio, de 70 a 80 cm de altura. Es precoz y da solamente 2 cosechas al año. Los frutos son largos, delgados y con ápice puntiagudo, con una longitud de 6 a 9 cm y un ancho de 2.5 a 3 cm, el pericarpio es delgado (0.4 cm).

- ❖ Jalapeño morita: llamado también bolita, tiene plantas de 70 cm de altura. Este tipo es el de menor aceptación comercial.

Cultivares americanos

Los cultivares norteamericanos tienen poca popularidad en el mercado nacional, ya que su sabor difiere al sabor típico del jalapeño, aunque poseen la característica del sabor picante.

Se ha encontrado que los cultivares de chile jalapeño norteamericano se desarrollan mejor y producen más en climas semiáridos como en Delicias, Chihuahua. Si se sembraran en la zona de Veracruz se verían afectados la calidad y el rendimiento.

Armijo (1990), mencionó que en la región de Delicias, Chihuahua, se siembran dos cultivares provenientes de los estados unidos, los cuales han tenido buena

aceptación comercial y buena adaptación en esta región. Se trata de los cultivares jalapeño M y Early jalapeño, los cuales “pican” al paladar pero no tienen el sabor típico del jalapeño y por tal razón son objetados a la industria mexicana, pero son exportados a los estados unidos.

Jalapeño M: presenta plantas erectas, con una altura aproximada de 75 a 85 cm y un tallo principal bien diferenciado, el cual se bifurca en dos ramas primarias que, a su vez, se dividen en dos secundarias y así sucesivamente, las plantas no presentan pubescencia en ramas ni hojas, la floración ocurre de 80 a 120 días después de la siembra y la cosecha entre los 120 y 140 días, los frutos son de forma alargada de 8 cm de largo por 2 a 5 cm de diámetro, tienen tres lóculos grandes lo cual reduce la consistencia del fruto, no hay corchosisidad, la superficie es lisa y de color verde intenso.

Early jalapeño: presenta plantas compactas, de porte bajo de 40 a 45 cm de altura, su tallo principal se bifurca en ramas primarias, secundarias y terciarias dando el aspecto de grandes, puntiagudas y encrespadas, de color verde claro. La floración inicia de 80 a 90 días después de la siembra y la cosecha entra a los 110 a 130 días, el fruto es de forma cónica, chato, de 6 a 8 cm de longitud y de color verde claro, tiene tres lóculos grandes, con pericarpio intermedio de 0.4 a 0.5 cm de espesor pero se rompe fácilmente, el fruto tiene una epidermis lisa y sin corchosisidad.

Objetivos del trasplante

En México, se sembraron en el 2000 aproximadamente, 500,000 ha de hortalizas. Muchos productores han cambiado la siembra directa por el trasplante, por que dan poblaciones más homogéneas, cosechas tempranas y maduración uniforme de las plantas, para esto hay que seleccionar la semilla adecuada, el medio de crecimiento y la calidad del agua (Hassell, citado por Juárez, 2000).

Los trasplantes permiten al productor reducir costos y aumentar utilidades por que se logran más temprano las cosechas, se producen más cosechas por año; se reduce la siembra directa, aumenta la tasa de germinación y se ahorra dinero al usar semillas híbridas (Miller, citado por Juárez, 2000).

Juárez (2000), cita las ventajas más importantes que existen entre la propagación por trasplante y siembra directa:

- Uso intensivo de las áreas de producción.
- Producción escalonada de acuerdo con las fechas de siembra.
- Reducción de los trabajos de cultivos.
- Empleo más eficiente de semillas.
- Mejor aprovechamiento de los insumos.
- Optimización de la germinación y el crecimiento de las plantas.
- Producción de plantas sin limitaciones de clima.

Medios de cultivo y producción de plántulas en invernadero

El medio de cultivo es un complejo sistema de intercambio de aire, agua y nutrientes para el sistema radicular de la planta. Los medios de cultivo consisten en componentes menos costosos por los que el agricultor proporciona agua y aire. En una charola o maceta podemos ver cada uno de estos componentes o fases: fase líquida, solución de agua/fertilizante; fase gaseosa, oxígeno/dióxido de carbono y fase sólida, componentes de los medios de cultivo.

Los invernaderos para la producción de plántulas de hortalizas, son utilizados por los horticultores dedicados a los productos de exportación. En los últimos 30 años, la producción de plántulas de hortalizas ha mostrado un notable avance, pasando del uso de los sistemas de producción en almácigos al empleo de los

invernaderos bien cimentados y estructurados, hasta llegar al uso de invernaderos tecnificados.

Uno de los mayores retos a los que se enfrenta el productor de plántulas es la obtención de un producto sano y de excelente calidad para el trasplante, por lo que es necesario conocer cuales son los problemas que pueden estar presentes durante su proceso de producción.

El uso de los plásticos en la agricultura ha permitido mejorar el ambiente de producción, favoreciendo el incremento y calidad del producto en diferentes especies hortícolas. Los plásticos han evolucionado las técnicas de producción agrícola y es común su uso en forma de películas para acolchado, microtúneles, túneles e invernaderos.

En México el uso de invernaderos ha adquirido auge en la producción de hortalizas en gran escala. Los avances en el trasplante, tales como el uso de sustratos especiales, programas de fertilización para plántulas, charolas de múltiples cavidades, híbridos de alto valor y el uso de invernaderos han contribuido al crecimiento de la industria, al incrementar la seguridad de los cultivos (Wien, 1997; Orzolek and Lamont, 1999).

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. Si bien es básico contar con un potencial genético adecuado, (de lo cual se ocupan las empresas productoras de semillas), es igualmente básico suministrarle a la semilla las condiciones óptimas para la expresión máxima de ese potencial (Wageningen, 1994).

En cierta forma las plantas domesticadas guardan mucho parecido con los seres humanos en cuanto a que requieren de muchos cuidados y protección en la etapa temprana de sus vidas. Y justamente como el bebé, el entorno ambiental en sus primeros días desempeña un papel crucial en su desarrollo como persona, el ambiente temprano que rodea al cultivo es de vital importancia y determinará si la planta habrá de desarrollarse en toda su potencialidad (Ennis, 1997).

El éxito de un cultivo depende esencialmente de su instalación en el lugar definitivo, por lo que debe utilizarse material vegetativo de buena calidad, es decir, morfológicamente bien desarrollado y en buen estado sanitario.

Sin duda alguna, un buen comienzo en la semilla de un híbrido es el máximo aprovechamiento del potencial productivo que brindan las condiciones existentes en el interior del invernadero (Mojarro, 1997).

La importancia de la producción de plántula

La importancia de los semilleros como industria auxiliar y eslabón inicial de la cadena de producción hortícola intensiva, hace imprescindible un mejor conocimiento de los factores que regulan el crecimiento de las plántulas en comunidades extremadamente densas que nos permitan utilizar técnicas de acondicionamiento, aclimatación o endurecimiento que sean, no solo eficaces en la regulación del crecimiento, sino que presenten efectos claros y predecibles cuando estas plántulas se instalen en el lugar definitivo de producción.

El principal objetivo de cualquier semillero es el de producir plántulas de calidad. En la legislación vigente, se da una importancia casi exclusiva al aspecto sanitario de la planta siempre que tenga un tamaño y un vigor adecuado; es decir que solo se atiende al aspecto externo de la planta lo que se

llama calidad percibida. Para definir la calidad de una manera más objetiva, además del aspecto externo habría que tener muy en cuenta las respuestas que estas plántulas ofrecen tras ser trasplantadas. De esta forma habría que decidir que atributos de la planta son los más favorables para obtener una mayor producción, de la mejor calidad posible y en un momento adecuado para conseguir los mejores precios en el mercado. Esta puede realizarse asignando valores a los órganos que la constituyen: raíz, tallo y hojas; relacionando finalmente parámetros medibles en el semillero con la respuesta que esta planta tiene en cultivo una vez trasplantada (Hoyos, 1996).

Cubiertas

La importancia del material de cobertura en el cultivo bajo macrotúnel estriba en que constituye el agente modificador del clima natural de la zona en donde se vaya a construir el macrotúnel.

Propiedades ópticas de los plásticos utilizados en la agricultura

Desde hace unos años han aparecido en el mercado diferentes tipos de plásticos para invernadero, desarrollados para acondicionar la radiación que incide sobre el material vegetal, intensificando o filtrando determinadas longitudes de onda.

Los aspectos a considerar para elegir un material de invernadero, son sus propiedades fotométricas, es decir, el modo en que se comportan con las radiaciones, y sus propiedades térmicas, o sea su capacidad de aislamiento. En relación con las radiaciones hay tres factores de importancia, la transmisión, la reflexión y la absorción que definen cómo responde cada material a las radiaciones que recibe.

Un material ideal como cubierta debe dejar pasar las radiaciones comprendidas entre 300 y 3, 000 nm, y ser opaco a las radiaciones de mayor longitud de onda, que corresponden a la radiación infrarroja emitida por el suelo y las plantas; para estas radiaciones, la atmósfera es transparente en días propicios a las heladas.

En consecuencia, los plásticos para invernaderos deben tener buena transmitancia global de luz visible, poder de difusión de luz para eliminar o reducir la proyección de sombras y antiadherencia al polvo.

Fisiología vegetal y medio ambiente

La luz favorece la fotosíntesis, fenómeno responsable del aumento de masa vegetal, actuando negativamente sobre el crecimiento de los tallos favoreciendo en cambio el desarrollo de las hojas. Los vegetales elaboran durante el día los materiales orgánicos y los acumulan en forma de reserva. La falta de luz en las plantas da lugar a un crecimiento desordenado de los tallos, alargándose los entrenudos quedando sin resistencia.

Temperatura ambiente

Todas las funciones vitales de las plantas necesitan de unas temperaturas críticas y por encima o por debajo de ellas, no se realizan o se ven dificultades. Cada especie vegetal, en cada momento crítico de su ciclo biológico, necesita de una temperatura óptima para su desarrollo normal. La temperatura influye en la transpiración, respiración, fotosíntesis, germinación, crecimiento, floración, fructificación y otras funciones vitales. Cada especie vegetal tiene una temperatura óptima de desarrollo que, para la mayoría, está comprendida entre los 20 a 30 °C; igual ocurre en la germinación, brotación, etc.

Transpiración

Si la temperatura es alta dentro de una estructura y si no hay aporte de humedad en el ambiente, las plantas pueden llegar a deshidratarse, sin recuperación posible, sobre todo cuando los vegetales son jóvenes.

Características de radiación

La radiación es el proceso físico por medio del cual se transmite energía en forma de ondas electromagnéticas en línea recta y una velocidad de 300, 000 km/segundo; esta transmisión se realiza sin intervención de una materia intermedia ponderable como portadora de energía.

La radiación que llega al límite superior de la atmósfera está formada por rayos de distinta longitud de onda, principalmente:

- Rayos ultravioletas. No son visibles y su longitud de onda es muy pequeña, menor de 0.3 micrones.
- Rayos luminosos. Son los únicos visibles y su longitud de onda varía entre 0.36 a 0.76 micrones.
- Rayos térmicos (infrarrojos). No son visibles y su longitud de onda es mayor de 0.76 micrones.

Calidad de la luz

La luminosidad tiene una importante labor en todos los procesos vitales de los vegetales. Algunas de las funciones más importantes en el desarrollo de las plantas son debidas a la energía luminosa (Serrano, 1990).

Es importante además de la calidad (longitud de onda), la cantidad (intensidad) del flujo de la radiación, ya que la transferencia del vapor de agua en la

transpiración, el consumo de CO₂ y el transporte de nutrientes están directamente correlacionados con la cantidad de radiación neta (Torres, 1984).

Las plantas “funcionan” o “trabajan” con energía solar. Todas las plantas captan la energía del sol y la transforman en sustancias que directa o indirectamente, alimentan a la mayoría de las otras formas de vida de la tierra. Debido a esto el destino de una semilla germinada, o de una futura planta depende no solamente de la intensidad de la luz, si no también de la calidad de la luz que recibe la plántula, y de esta calidad dependen el tamaño de la planta adulta, la cantidad de hojas, el principio de la floración, de la fructificación y de la senescencia, siendo de esta manera la luz, la que determina todos los aspectos de la vida vegetal según el proceso de “fotomorfogénesis” (Zarka, 1992).

La luz es una forma de energía radiante de una porción del espectro electromagnético que es dividido en unidades de longitud de onda y frecuencia. Dentro de la fotobiología de la planta, la luz se categoriza en longitudes de onda cuyas unidades son los nanómetros y energía que se mide en fotones o quantum. La distribución de la calidad de la luz es la descomposición de la energía radiante en sus componentes de longitudes de onda, los cuales permiten la referencia específica a una sección del espectro electromagnético; por ejemplo la radiación fotosintéticamente activa (RFA) que es la cantidad de energía utilizada por las plantas para la fotosíntesis y está integrada por un rango espectral (longitudes de onda) de 400 a 700 nm (Decoteau y Friend, 1991).

Los principales fenómenos fisiológicos ocurren cuando las plantas son afectadas por diferentes tipos de longitudes de ondas luminosas. Así, el proceso de la fotosíntesis se activa, con diferentes intensidades, en presencia de la luz azul – verde – amarillo – naranja – rojo, energía comprendida entre los 400 a 700 nm. El fototropismo, fenómeno que consiste en el crecimiento de los vegetales orientándose hacia la luz, ocurre entre los 400 a 490 nm, que

corresponde al color azul, mientras que longitudes del orden de los 660 a los 800 nm inhiben la germinación de la semilla, por ello no es apropiado que se empleen colores rojos como cubiertas en las camas de germinación.

La germinación ocurre con mayor facilidad en el color amarillo y naranja, entre los 540 a 680 nm de longitud de onda. La influencia de la porción ultravioleta del espectro en las plantas está poco estudiada, si bien es importante porque elimina muchos microorganismos e influye en el poder de germinación y en la calidad de las semillas (Serrano, 1994; Halfacre y Barden, 1984; Alpi y Tognoni, 1991).

Los colores de los objetos se deben al tipo de luz que reflejan. Un objeto azul lo es porque refleja las longitudes de onda correspondientes al azul mientras retiene otro tipo de longitudes. El color de un material, depende de la longitud de onda que refleja, un objeto es verde por el tipo de longitud de onda que refleja. Por lo tanto dentro de un invernadero se puede manejar la calidad de la luz, empleando diferentes colores de películas plásticas como cubrimientos (Serrano, 1994; Halfacre y Barden, 1984; Alpi y Tognoni, 1991).

La luz como factor morfogenético

La fotomorfogénesis puede definirse como la influencia de la luz sobre el desarrollo de la estructura de las plantas, por lo que ésta requiere de cierta habilidad para percibir la luz ambiental necesaria para su sobrevivencia. La luz es de especial importancia para Agrometeorología tanto por la cantidad como por la calidad de luz recibida por los cultivos, o sea la intensidad de la radiación y el rango de longitud de onda.

La radiación solar es heterogénea en cuanto a longitudes de onda, pudiendo separarse en radiación ultravioleta (UV), radiación visible (LUZ) y radiación infrarroja (IR). Serrano (1990) menciona que las radiaciones UV actúan

desfavorablemente sobre la forma de las plantas, dando lugar a hojas frondosas y plantas rechonchas, mientras que las radiaciones IR tienen poca influencia sobre el crecimiento, en cambio la acción térmica que producen estas radiaciones sí tienen influencia, en tanto que los mejores resultados de crecimiento y formación de la planta se obtienen con las longitudes de onda que más se acercan a la composición espectral que necesita la fotosíntesis.

La luz tiene importantes efectos morfogénicos en las plantas como son, entre muchos otros, la tolerancia a la luz, y de acuerdo a la intensidad de la luz, las plantas pueden clasificarse como plantas heliófilas o de sol, plantas umbrófilas o de sombra, por regla general, las hojas de estas plantas son más transparentes que las hojas de las plantas heliófilas, y como plantas indiferentes (Torres, 1984).

Otro efecto es la etiolación, esta condición se presenta cuando la intensidad de la luz no es suficiente para el desarrollo normal de las plantas, por lo que a bajas intensidades de luz, las plantas tienden a incrementar el alargamiento del tallo, y además de entrenudos largos y delgados, presentan una clorosis general y malformación en las hojas.

El fototropismo constituye otro efecto morfogénico y consiste en que la dirección de la cual proviene la luz determina en alto grado la dirección del crecimiento de tallos y hojas (Torres, 1984). Esto es debido a que la luz actúa sobre la formación o inhibición de auxinas y vegetales responsables del crecimiento y multiplicación celular, es por esto que la parte del tallo expuesta a la luz no produce auxina, por lo tanto crece menos que la situada a la sombra, que sí produce auxina, razón por la cual los tallos se arquean y parece que buscan la luz (Serrano, 1990).

El fitocromo está implicado en muchas respuestas fisiológicas de la planta como son la germinación de las semillas y la floración. Existen evidencias de que la

planta posee un pigmento receptor de luz azul llamado criptocromo, aunque no ha sido identificado química ni físicamente, aunque algunas investigaciones reportan que los efectos de la luz azul en el desarrollo de las plantas incluyen la formación de antocianinas y el fototropismo (Decoteau y Friend, 1991).

Influencia espectral en la fisiología de la planta

Cada especie vegetal requiere de una cantidad específica luminosa para desarrollar la fotosíntesis y expresar su potencial productivo. Si les falta luz, las plantas tienden a alargarse y crecen con tallos y ramas débiles. Por el contrario, si una planta tiene más iluminación de la requerida, crecerá lentamente, presentará tallos duros, hojas arrocetadas. Dentro de un macrotúnel una cantidad excesiva de luz traerá como consecuencia temperaturas altas y baja humedad relativa, aumentando la transpiración de las plantas y el consumo de agua (Martínez, 1995).

Daponte y Verschaeren (1994) mencionan que es bien conocido que la luz solar consiste en radiaciones electromagnéticas de amplia variedad de frecuencias y energía cuántica. Solo una porción muy pequeña es visible para el ojo humano, encontrándose en el rango de los 380 a 720 nm. Este rango es responsable de muchas respuestas fisiológicas de la planta.

En Torres (1984) se encontró información de los trabajos realizados, donde fueron utilizados cubiertas de plástico de diferentes colores (amarillo y rojo); y aunque él concluye que estos colores son buenos para la fisiología de la planta, en realidad se ha quitado dicho color o banda. Los datos siguientes están basados en observaciones hechas por el autor citado.

Banda o color en el espectro	Longitud de onda en nm	Sensibilidad espectral del ojo humano	Influencia en la fisiología de la planta
Amarilla	de:550 570 a: 590	67% 98% 81%	<ul style="list-style-type: none"> • Asimilación de CO₂ • Incremento en vigor, tamaño y calidad de fruto. • Baja absorción por los pigmentos • Regular efecto en germinación, enraizamiento, crecimiento de tallos, tamaño de hojas
Rojo	de: 630 a: 760	44% 8%	<ul style="list-style-type: none"> • Buen efecto en fotosíntesis • Germinación de semillas y asimilación de CO₂ • Baja absorción por la clorofila y gran influencia en fotosíntesis y fotomorfogénesis • Bueno para enraizamiento y tamaño de hojas • Óptimo para germinación, fotosíntesis y crecimiento de tallos.

Por último los datos reportados por Bueno (1984) están basados en estudios hechos a dos películas de PVC fotoselectivo, azul y rojo desarrolladas para cubierta de invernadero, ambos reducen la transmisión de las radiaciones verde-amarilla e incrementan las azules y rojas, en las que encontraron que la película azul controla mejor las temperaturas reduciendo de uno a dos grados la temperatura en el interior con respecto a la máxima externa y los mismos que incrementa por la noche con respecto a la mínima exterior registrada, recomendando las películas azules para semilleros, cultivos de hoja y tubérculos, mientras que las rojas para cultivos precoces como sandía, berenjena, tomate, pimiento, fresón y flores.

Bidwell (1990) dice que la calidad de la luz tiene diferentes efectos en procesos como germinación, crecimiento de tallo, tamaño de hojas, fotosíntesis y enraizamientos, pero los colores como el amarillo y verde no son tan buenos para los procesos citados.

Energía luminosa o visible

La luz es la energía radiante, luminosa o visible; comprendida entre los 390 a los 760 nanómetros de longitud de onda del espectro electromagnético, es responsable de la luminosidad que capta el ojo humano. Al incidir sobre los objetos, la luz es reflejada afectando nuestra vista, lo que hace posible el fenómeno de la visión. Este tipo de energía ocupa una pequeña porción del total de la energía emitida por el sol, siendo de diferentes colores de acuerdo con su longitud de onda. La disposición de los colores de la luz, de menor a mayor longitud de onda ocurre en este orden, el color violeta (390 – 420 nm), el azul (420 – 492 nm), el verde (492 – 535 nm), el amarillo (535 – 586 nm), el naranja (586 – 647 nm) y el rojo (647 – 760 nm). La mezcla de estos colores da origen a la luz blanca y cuando se presentan por separado en secuencia forman el arco iris (Torres, 1984; Hewitt, 1995).

Características de algunos colores de plásticos

Los materiales transparentes a la luz tienen una frecuencia de vibración menor a la de la luz visible y sus átomos no pueden ser afectados por las ondas de este tipo de luz, por lo tanto dejan pasar diferentes longitudes de onda. Este es el caso del vidrio, el agua y los materiales transparentes. Las ondas infrarrojas, cuyas frecuencias son menores que las de la luz visible, hacen vibrar no solo los electrones, sino toda la estructura del material, aumentando la temperatura del cuerpo afectado. Esto ocurre con todos los cuerpos opacos o negros, la luz solar los calienta cuando incide sobre ellos porque captan la mayor parte de ella, la convierten en calor y reflejan poca energía (Hewitt, 1995).

El polietileno transparente tiene un poder absorbente del 5 al 30%, en los espesores utilizados en agricultura; el poder de reflexión es de 10 al 14 %, el poder de difusión es bajo; según esto la transparencia del polietileno está comprendida entre el 70 y 85%, es decir dentro del recinto cubierto por el

material plástico se percibe un 15 a 30% menos de luz que en el exterior (Ledesma, 1994). En el plástico transparente las fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche son pronunciadas; en el día el efecto de invernadero está a su nivel máximo, siendo transmitido el 80% de la radiación al suelo. En la noche la permeabilidad del plástico a la radiación de longitud de onda infrarroja es alta, lo cual significa que la pérdida de energía térmica de radiación terrestre sea considerable (Ibarra y Rodríguez, 1991).

El color rojo transmite una longitud de onda desde 825 a 800 nm en respuesta a la fotosíntesis, germinación y desarrollo vegetativo de plántulas (Orzolek *et al.*, 1995)

El plástico blanco, no permite el paso de luz, debido a la reflexión de la capa blanca. Por el color del film, refleja el mayor porcentaje de la radiación incidente, lo cual permite que la temperatura por lo general sea más fresca.

Las radiaciones azules y rojas son más favorables para el desarrollo horizontal de las plantas (tallos menos largos, mayor peso de hojas, mayor peso de raíces, etc.). Además se consigue reducir la temperatura en uno o dos °C en las horas de máxima luminosidad (Serrano, 1990). También, Bidwell (1990) reportó que la calidad de la luz en las bandas violeta, azul oscuro y azul son óptimas para germinación, el tamaño de las hojas y para el enraizamiento; en cambio, la luz en las bandas verde y amarilla es regular para estos mismos procesos. El color anaranjado es óptimo para germinación.

Aplicaciones de los plásticos en agricultura

Una de las diferencias fundamentales desde un punto de vista económico entre el sector primario, la agricultura, y los sectores secundarios, la industria y los servicios, es la dependencia considerable de la mayoría de las actividades agrícolas de los factores climáticos, que tienen una incidencia a menudo decisiva en los resultados.

Una de las aplicaciones más conocidas y más positivas de la tecnología en la agricultura ha sido la consecución de condiciones de cultivo independientes de los factores climáticos y de los riesgos a los que están expuestos. Desde hace mucho tiempo los agricultores se han ingeniado para producir bajo algún tipo de protección las condiciones óptimas de cultivo de determinadas plantas, consiguiendo éxitos relativamente notables (Bernart ,1987).

Propiedades de los plásticos utilizados en la agricultura

Transparencia: consiste en dejar pasar a través del plástico la mayor cantidad de luz. La transparencia está en función de tres factores importantes:

- a) Poder absorbente para la luz. El material absorbe un porcentaje mayor o menor de radiaciones.
- b) Poder de reflexión: rayos que no atraviesan el plástico por que se reflejan hacia el exterior, según el ángulo de incidencia y la propiedad reflectante del material de que se trate.
- c) Poder de difusión: las radiaciones se difunden al pasar a través del material y como consecuencia se reparte mejor la luz.

Opacidad a las radiaciones

La propiedad que tienen algunas laminas de plástico de ser relativamente opacas a las radiaciones infrarrojas de larga longitud de onda, es que disminuyen o eliminan la inversión térmica y mejoran el efecto abrigo, conociéndosele como efecto termo aislante.

El espesor de las láminas de plástico tiene una influencia en el efecto térmico a las radiaciones de larga longitud de onda, disminuyendo considerablemente a medida que se reduce el espesor. El mejor efecto de abrigo se obtiene al utilizar materiales de mayor grosor, ya que estos son más impermeables al paso de las radiaciones emitidas por el suelo (infrarrojas).

Una lámina de plástico es térmica cuando deja pasar menos de un 20% de las radiaciones de longitud de onda larga (Serrano ,1990).

Importancia de la luz

El factor que más se ve influenciado por el tipo de material, es la luz, y es sobre este factor en el que se está trabajando ampliamente para adecuarlo mejor a las exigencias de los cultivos, siendo la fotoselectividad de los filmes una de las principales vías de actuación sobre este campo. Este término hace referencia a la posibilidad de modificar el espectro de luz que pasa a través del filme de tal forma que se incremente la tasa fotosintética del cultivo. Para ello se precisa que el filme actúe en una banda muy específica del espectro, la denominada radiación PAR (Radiación Fotosintéticamente Activa), que es la establecida entre los 400 y los 700 nm de longitud de onda, es la longitud de onda que es utilizada por las plantas para los procesos bioquímicos de la fotosíntesis, y llevar a cabo la conversión de la energía lumínica a energía química para el desarrollo de la biomasa (Muñoz *et al.*, 1998; Núñez, 2000).

La energía solar radiante es el factor ambiental que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento de las plantas. De ella depende la mayoría de los procesos biológicos, incluyendo la fotosíntesis, que es el proceso de conversión de la materia inorgánica en materia orgánica. En este proceso, los rayos luminosos son absorbidos por los cloroplastos y utilizados como energía para la formación y asimilación de compuestos orgánicos complejos, a partir del CO₂ y de los elementos que la planta toma del suelo y los sustratos mediante las raíces.

Así, la energía luminosa es fundamental en varios procesos que realizan los vegetales. Además de los procesos fotoenergéticos y fotoquímicos, también interviene en los procesos de movimiento y formación de las plantas, por ejemplo, los tropismos, la orientación, el alargamiento del tallo, la formación de pigmentos y la clorofila. La luz actúa sobre el crecimiento y desarrollo de las

plantas verdes, como fuente energética para la asimilación fotosintética de CO₂ así como fuente primaria de calor y estímulo para la regulación del desarrollo de todos los tejidos vegetales (Alpi y Tognoni, 1991)

Cada especie vegetal requiere de una cantidad específica de radiación luminosa para desarrollar la fotosíntesis y expresar su potencial productivo. Si les falta luz, las plantas tienden a alargarse y crecen con tallos y ramas débiles, (Martínez, 1995)

Luz y temperatura

La luz y la temperatura son dos factores de gran importancia para el desarrollo de los cultivos, ambos tienen como origen la energía irradiada por el sol (Hewitt, 1995; Serrano, 1994).

La energía comprendida entre los 200 a los 1000 nanómetros de longitud de onda, se considera energía de onda corta y de los 1000 en adelante se consideran como longitud de onda larga. Ambos tipos de energía son importantes para el desarrollo de los vegetales y el manejo de los invernaderos (Muñoz *et al.*, 1998; Núñez, 2000).

Plásticos fotoselectivos

Los plásticos fotoselectivos modifican la cantidad y calidad de la radiación. En la zona del infrarrojo cercano (700 – 1000 nm) se induce un alargamiento en la planta. Estudios sobre la fotomorfogénesis han mostrado la gran influencia que ejerce la calidad espectral de la radiación sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. La relación de los flujos de fotones rojo / rojo lejano (610 – 700 / 700 – 800 nm) actúa sobre un alargamiento de los tallos. En el rojo (610 – 700 nm) y azul (410 – 510 nm) es donde se concentra la mayor radiación aprovechada en fotosíntesis o radiación PAR.

Así se han formulado plásticos que permiten seleccionar estas longitudes de onda del infrarrojo y por tanto adaptarlas a las necesidades lumínicas de la planta durante su desarrollo fenológico, fomentando así los niveles de producción.

Invernadero fotoselectivo - rojo

Modificando la cantidad y calidad de la luz que ingresa al invernadero podemos actuar selectivamente en el ciclo de los cultivos, insectos y hongos, pudiendo de ésta manera por ejemplo:

Favorecer el crecimiento y calidad de los cultivos (Rojo)

Disminuir la incidencia de enfermedades (barrera UV-Azul)

Disminuir la población de insectos vectores (barrera UV)

Invernadero fotoselectivo – transparente

El plástico transparente tiene un poder absorbente de 5 al 30% en los espesores utilizados en agricultura; el poder de reflexión es de 10 al 14%; el poder de difusión es bajo. Según esto, la transparencia del PE está comprendida entre el 70-85%, es decir, dentro del recinto cubierto por el material plástico se percibe un 15-30% menos de luz que en el exterior.

Germinación

Para la germinación del chile, Knott (1957) reporta que la temperatura óptima para los chiles dulces es de 21 °C 30 °C, mientras que los chiles picantes requieren de 21 °C a 24 °C.

Según Delouche (1971) el fenómeno de la germinación es el más importante y final en la vida de una semilla. Representa tanto la realización como el cumplimiento de la función básica de una semilla. De la gran variedad de

funciones que tiene la semilla, destacan la propagación, de la herencia genética de plantas de una generación de cultivos a otras. También se desempeñan eficientemente como un medio conveniente para la distribución de las poblaciones de plantas a través de áreas de adaptación.

Leopold y Kriedemann (1975) indican que en la germinación de una semilla se involucra la formación de un sistema de enzimas, estimulando la emergencia de la radícula, y como segundo paso, el desarrollo de la plúmula. También menciona que después de que se inhibe la semilla, está desarrolla sistemas metabólicos necesarios para la germinación y que las enzimas provienen de dos fuentes; éstas pueden ser liberadas o activadas a partir de las proteínas que ya existen en la semilla o pueden ser sintetizadas por los ácidos nucleicos.

Para Fernández de Soto (1985) germinación es la reasunción del crecimiento por el embrión de las semillas de las estructuras esenciales, que dependiendo de la clase de semilla utilizada, indican la utilidad para convertirse en una planta normal bajo condiciones favorables en el suelo.

Biomasa

Biomasa, abreviatura de masa biológica, es un término genérico que hace referencia a la cantidad de materia viva producida por plantas, animales, hongos o bacterias, en un área determinada.

Hay otra característica que diferencia a la biomasa de otros recursos energéticos y es el hecho de que es un recurso potencialmente renovable. El carbón, el gas, el petróleo y otros combustibles fósiles, no se consideran biomasa, aunque deriven de material vivo. El tiempo necesario para la formación de estos combustibles (millones de años) hacen que no puedan ser considerados como renovables.

El material de cerramiento de un invernadero condiciona el microclima que se genera en su interior y consecuentemente la respuesta de los cultivos, modificando la cantidad y calidad de la radiación, tanto de onda corta como de onda larga, que influye directamente sobre el balance de energía de un invernadero. Las plantas absorben, transmiten y reflejan la radiación en diferentes proporciones para las distintas longitudes de onda. Así para la radiación PAR (400 – 700 nm) el espectro de absorción de la hoja es del 90% de la radiación incidente, mientras que en la radiación del infrarrojo cercano (700 – 3 000 nm) transmite la casi totalidad de la radiación, para reducir el calor almacenado producido por las longitudes de onda que no se utilizan en la fotosíntesis. Sin embargo, en el infrarrojo lejano las hojas están capacitadas para absorber importantes cantidades y por tanto para emitir las facilitando la eliminación del exceso de calor (Jones, 1985). McCree (1972), correlacionó la tasa de fotosíntesis con diferentes flujos de luz y concluyó que la franja de 400 – 700 nm mostraba ser el mejor indicador de la respuesta fotosintética, siendo esta franja de especial interés a la hora de estudiar un material de cerramiento.

Existe evidencias de que la producción de materia seca, particularmente en la fase vegetativa del crecimiento de la planta, es una función lineal de la cantidad de radiación interceptada (Hamlym, 1982), por ello la transmisividad del material de cubierta es una propiedad importante.

Trabajos de investigación realizados con plásticos fotoselectivos

Hoyos (1996) con el cultivo de pepino cultivado durante 45 días en invernadero con diversas cubiertas de películas fotoselectivas encontró que en peso fresco del tallo, raíz y hoja el plástico rojo y testigo fueron los mejores; en peso seco del tallo, hoja y raíz, también el plástico testigo y rojo fueron los mejores; en

longitud del tallo el mejor fue el plástico rojo; en diámetro del tallo el mejor fue el testigo, seguido por la cubierta roja.

Hernández *et al.*, (2004) encontraron que los trasplantes de mejor calidad del cultivo de Brócoli por su crecimiento horizontal, fueron obtenidos al cubrir el microtúnel con policloruro de vinilo de color blanco y violeta, seguidos por los trasplantes producidos en microtúnel cubierto con polietileno de color amarillo y anaranjado.

Daza (1994) encontró que los mejores resultados al producir plántulas de coliflor (*Brassica oleracea*) var. *Botrytis*, en microtúneles con cubiertas plásticas de colores, fueron obtenidas al utilizar cubiertas de PVC blanco y PVC violeta.

Robledo *et al.*, (2004) de sus resultados se muestra que la cubierta de color amarillo y celeste son los colores que más favorecen el desarrollo del peso fresco y seco de la parte aérea de plántulas de lechuga, pero el peso fresco y seco de raíz se favoreció con los colores amarillo, rojo y blanco, esto permite concluir que estos tipos de colores de cubierta promovieron una mayor acumulación de materia fresca y seca, probablemente como resultado de una actividad fotosintética superior.

Domínguez (2005) de sus resultados es posible concluir que las cubiertas de color transparente influyen favorablemente en el aumento de biomasa logrando plántulas de mayor calidad en tomate de cáscara y con resultados similares el amarillo y blanco; las cubiertas de color amarillo inducen un crecimiento del tallo y parte aérea y altos pesos frescos y secos, originando plantas de alta calidad, sin embargo el color rojo indujo altos pesos frescos de raíz, y el transparente presentó altos pesos secos de raíz y materia seca total, la cubierta amarilla es la que origina las plántulas de mayor calidad en cuanto a características de altura y materia seca total, indicando una alta cantidad de acumulación de fotosintatos y resistencia durante el trasplante. También las cubiertas de color

blanco y amarillo influyeron favorablemente en el cultivo de lechuga en el aumento de biomasa.

Sánchez (2005) encontró que en la producción de plántulas de lechuga en microtúneles con cubiertas fotoselectivas hubo mejores resultados con los tratamientos amarillos y blancos.

Torres (1983), al trabajar con tomate con plásticos fotoselectivos, dedujo que la cubierta amarilla permitió a las plantas mayor asimilación de CO₂ que se tradujo en mayor vigor, tamaño y calidad de frutos. Además, otras características como altura de planta, número de entrenudos y longitud de los mismos también fueron influidas positivamente.

Muñiz (1994) trabajando en la producción de plántulas de tomate bajo cubiertas plásticas de colores, concluyó que estas, acortan el periodo para el trasplante y encontró que el PVC blanco es mejor para la producción de plántula de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización Geográfica del sitio experimental

Este trabajo se realizó bajo condiciones de macrotúneles cubiertos con diferentes colores de plástico en el periodo de marzo-mayo del 2006 ubicados a un costado del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, el cual está situado a 25° 22' Latitud Norte, y 101° latitud Oeste, y a una altura de 1742 msnm (Mendoza, 1983).

Características edafoclimáticas del área experimental

Mendoza (1983) describe la zona con las siguientes características:

Clima

Tipo BWhw (x'), el cual es seco y templado, con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 13.3 °C, con una oscilación media de 10.4 °C, los meses cálidos son junio, julio y agosto con temperaturas máximas de 37 °C, y durante enero y diciembre se registran las mas bajas hasta de – 10.4 °C, con heladas regulares en el periodo de febrero.

Suelo

Para el presente trabajo experimental se utilizó peat- moss en un 60% y 40% de perlita, el cual fue mezclado perfectamente y humedecido para favorecer a la semilla.

Viento

Los vientos predominantes son del sureste, en casi todo el año, a excepciones del invierno donde predominan los del noreste, y se presentan con mayor intensidad en los meses de febrero y marzo.

Vegetación

Está clasificada como matorral desértico rosetófilo, pastizal inducido y bosque de pino.

Materiales

Para realizar las actividades se utilizaron los siguientes materiales:

- Medidor de área foliar “portable area meter LI – COR mod. LI – 3, 000 A”
- Espátulas
- Bolsa papel
- Cúter
- Macrotúneles
- Semilla de chile jalapeño
- 4 macrotúneles de 12 m de largo por 4 de ancho y 2 m de alto; con ventila lateral de 1 m de ancho.
- Tubo galvanizado de ½ pulgada.
- Charolas de plástico de 128 cavidades en color negro
- Polietileno de color rojo, amarillo y blanco (calibre 300) y transparente de calibre 600.
- Sustrato de peat-moss más perlita.
- Perforador de plástico
- Termómetro
- Regla métrica

- Grapas
- Estufa “lindberg”
- Regadera de jardín
- Cajas petri
- Fungicida tecto 60 “preventivo”
- Hygro – termo calendar clock (temperatura)
- Tubo galvanizado
- Madera
- Balanza analítica

Tratamientos

Los tratamientos están compuestos de la siguiente forma:

- T1 polietileno transparente (testigo)
- T2 polietileno amarillo
- T3 polietileno rojo
- T4 polietileno blanco

Establecimiento del experimento

Para la realización del experimento, primero se establecieron cuatro macrotúneles ubicados en el departamento de Horticultura de la UAAAN, con las siguientes medidas (12 m de largo por 4 m de ancho y 2 m de alto, con una ventila de 1 m de ancho). Para la construcción de los macrotúneles se utilizaron tubos galvanizados de ½ pulgadas. Al término de la construcción de la base de los macrotúneles se cubrieron con plásticos de colores calibre 300 (rojo, blanco, amarillo) y el transparente calibre 600. T1 = transparente, T2 = amarillo, T3 = rojo, T4 = blanco.

Instalación de cubiertas plásticas y perforaciones

El colocado del polietileno sobre las estructuras de los macrotúneles se hizo por las mañanas y por las tardes con el fin de que el viento no perjudicara el trabajo, se perforaron los tubos para ajustar el polietileno, en la parte exterior del macrotúnel se cavó una zanja a una profundidad de 30 cm, luego los extremos del plástico se colocan en la zanja y se cubren con tierra tratando de dejarlo lo más tenso posible.

Se cortaron unas tablas a lo largo para formar reglas y colocarlos a lo largo del macrotúnel con la finalidad de dejar ventilas de 1 m de ancho, las cuales se sujetaron a un tubo para abrir y cerrar para controlar la temperatura.

En las caras de los macrotúneles se dejaron las puertas con los marcos de madera y cubiertas de plástico del mismo color.

Preparación del sustrato para siembra

Con el fin de dotar a la semilla de humedad y para desencadenar el proceso de germinación, la mezcla de peat-moss y perlita se humedeció y se homogenizó perfectamente con una pala. Lleva un 60% de peat-moss y 40% de perlita esto con la finalidad de que haya buen drenaje y buen desarrollo de raíces con buena aireación.

Llenado de charolas

Previamente a la siembra las charolas se lavaron con agua, jabón y una solución con cloro en un recipiente que está dentro del invernadero de hortalizas, se dejaron secar al sol para su posterior llenado. Se colocó la mezcla del sustrato dentro de las cavidades de la charola, hasta que se logró un buen llenado, para dar una adecuada compactación y uniformidad al sustrato.

Preparación de la semilla y la siembra

Se colocó una semilla de chile jalapeño por cada cavidad, enterrándola unos 5 mm, luego se le puso una ligera capa de sustrato y se colocaron dentro de los macrotúneles. Al suelo del macrotúnel se le colocó un plástico de color negro para evitar la salida de maleza y puedan hacer competencia por humedad y nutrientes con el cultivo de chile.

Se estuvo regando constantemente desde la siembra, dos veces por día, esto cuando hacia demasiado calor, para evitar deshidratación de las plántulas.

Método

A los resultados que se obtuvieron se les practicó el análisis de varianza, para determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos, la comparación de medias de Tukey se realizó con el paquete computacional de la FAUANL, versión 2.5 (Olivares, 1995)

Diseño experimental

Este trabajo de investigación fue establecido en un diseño experimental de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, en las cuales se realizaron ocho evaluaciones tomando las plántulas más homogéneas de cada charola. T1 (transparente), T2 (amarillo), T3 (rojo), T4 (blanco)

Variables evaluadas

Biomasa fresca total

En esta variable se tomaron lecturas de la raíz y del vástago de plántulas representativas de cada repetición, las plantas se limpiaron cuidadosamente separando las raíces de la base del vástago y se pesaron en la balanza analítica, una vez obtenido los datos se sumaron y se obtuvo la biomasa fresca total.

Biomasa seca total

Se colocaron las bolsa de "glissine" con la muestra dentro de la estufa a una temperatura de 70 °C, a los cinco días se retiraron de la estufa, se dejaron enfriar y se pesaron en la balanza analítica para obtener el peso seco total tanto de raíces como del vástago. Los resultados se sumaron y dividieron entre el número de plantas utilizadas para obtener un promedio de cada evaluación.

Biomasa fresca del vástago

De cada repetición se escogió una planta representativa de la cual se pesó solamente el vástago en la balanza analítica y se tomaron las respectivas lecturas.

Biomasa seca del vástago

Se seleccionaron plantas al azar y representativas de cada repetición, luego se procedió a separar el vástago de la raíz, el vástago se colocó en una bolsa de glissine pequeña, luego se llevó a la estufa para secarlo durante cinco días a una temperatura de 70 °C, se sacaron para pesarlo en seco en la balanza analítica para obtener los datos.

Biomasa fresca de la raíz

Las plantas seleccionadas se sacaron de la charola, se separaron las raíces del vástago, se les quitó la tierra cuidadosamente hasta dejarlos completamente limpias para después pesarlas en la balanza analítica, los resultados obtenidos se sumaron y dividieron para sacar un promedio en cada una de las evaluaciones realizadas.

Biomasa seca de la raíz

Una vez pesadas en fresco se pusieron en una bolsa de glissine, se metieron a la estufa durante cinco días a una temperatura de 70 °C, una vez seco se pesaron en la balanza analítica para obtener los resultados y obtener un promedio por tratamiento.

Área foliar

Se tomaron plantas representativas en cada repetición de cada tratamiento, cada planta se midió con el medidor de área foliar “portable area meter LI – COR mod. LI – 3, 000 A”. Los resultados obtenidos en cada repetición se sumaron para obtener un promedio del área.

Diámetro de tallo

En esta variable se seleccionaron tres plantas representativas por repetición en cada tratamiento, se midió la base del tallo de las plantas con un vernier para obtener el diámetro. Los resultados se sumaron para obtener un promedio por repetición.

Altura de planta

A las plantas seleccionadas para medir el diámetro de tallo se les midió la altura de con la ayuda de una regla métrica, considerando desde la base del tallo hasta la parte más alta de la planta. Los resultados individuales por planta fueron sumados y divididos entre el número de plantas por tratamiento para obtener un promedio de altura. Los datos se anotaron en cm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biomasa fresca total

En los análisis de varianza realizados en esta variable se encontró que hay diferencia significativa en la primera y octava evaluación con $P \leq 0.01$, mientras que en las evaluaciones segunda a la séptima no hay significancia (Cuadro 1). En la comparación de medias para esta variable se encontró que en la primera evaluación la cubierta color rojo fue la mejor (31% más) con respecto a la cubierta transparente, y en la octava evaluación fue mejor la cubierta transparente con respecto a los otros tratamientos aunque, estadísticamente es igual al tratamiento con cubierta roja y también al de color blanco (Cuadro 2). Para esta variable las cubiertas color rojo y transparente son buena opción para producción de biomasa fresca en plántulas de chile jalapeño.

Estos resultados pueden ser efecto de las radiaciones azules y rojas que son más favorables para el desarrollo horizontal de las plantas como es mayor peso de hojas, mayor peso de raíces, etc. (Serrano, 1990) y porque la cubierta de color rojo transmite entre longitudes de onda desde 825 a 800 nm en respuesta a la fotosíntesis, germinación y buen desarrollo vegetativo de plántulas (Orzolek *et al.*, 1995)

Los datos que se obtuvieron en esta variable concuerdan con los de Domínguez (2005), al concluir que las cubiertas de color transparente influyen favorablemente en el aumento de BFT logrando plántulas de mayor calidad en tomate de cáscara. También concuerdan con los resultados obtenidos por Hoyos (1995), quien cultivando plántulas de pimiento encontró que las producidas bajo la cubierta transparente obtuvieron mayor acumulación de BFT.

Cuadro 1. Análisis de varianza en la producción total de biomasa fresca de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS							
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	45 dds	50 dds	55 dds
Trat	3	0.0009**	0.0009ns	0.0008ns	0.0012ns	0.0022 ns	0.0016 ns	0.0041ns	0.0103**
Error	12	0.0001	0.0003	0.0006	0.0006	0.0008	0.0011	0.0012	0.0013
CV, %		11.52	14.69	15.68	13.11	12.99	13.35	11.82	10.03

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, * = significativo con $P \leq 0.05$, ** = significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 2. Análisis de varianza en la producción total de biomasa fresca (g) de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE SIEMBRA	FECHA DE EVALUACIÓN, dds							
	18	23	28	33	38	45	50	55
Transparente	0.085 ^z B	0.111 A	0.160 A	0.205 A	0.245 A	0.266 A	0.318 A	0.404 A
Amarillo	0.077 B	0.102 A	0.142 A	0.178 A	0.190 A	0.223 A	0.248 A	0.295 B
Rojo	0.111 A	0.130 A	0.169 A	0.210 A	0.232 A	0.266 A	0.311 A	0.401 A
Blanco	0.087 B	0.096 A	0.139 A	0.175 A	0.214 A	0.252 A	0.306 A	0.362 AB

dds = días después de siembra, ^z = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes.

Biomasa seca total

En los análisis de varianza realizados para esta variable se encontró que hay diferencias significativas con $P \leq 0.01$ para cada una de las evaluaciones, cabe mencionar que la última evaluación se encontró diferencia significativa con $P \leq 0.05$ (Cuadro 3). En la comparación de medias para esta variable se obtuvo que la mejor cubierta fue el color rojo (29% y 21% en la primera y segunda evaluación) con respecto a la cubierta transparente. De la tercera a la octava evaluación fue mejor la cubierta transparente con respecto a las otras cubiertas, aunque estadísticamente es igual a la cubierta color rojo, por lo cual sería bueno seguir trabajando con este color para producción de planta de chile (Cuadro 4).

Esto se debe a que la cubierta color rojo transmite una longitud de onda desde 825 a 800 nm en respuesta a la fotosíntesis y al buen desarrollo vegetativo de las plántulas (Orzolek *et al.*, 1995)

Los resultados que se obtuvieron coinciden con los obtenidos por Domínguez (2005), por Williams (1965) y por Monteith (1977) citado por Camacho (2005) y con Hoyos (1996), ya que ellos demostraron que la producción de materia seca está relacionada con la cantidad de radiación interceptada por los cultivos; y la cubierta transparente es la que deja pasar mayor intensidad de radiación y diferentes longitudes de onda aunque, esto no coincide con los resultados obtenidos es esta investigación con la cubierta color rojo.

Cuadro 3. Análisis de varianza en la producción total de biomasa seca de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS							
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	45 dds	50 dds	55 dds
Trat	3	0.0000**	0.0001**	0.0002**	0.0002**	0.0003**	0.0003**	0.0006**	0.0006*
Error	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
CV, %		16.65	19.49	14.90	12.07	14.44	9.17	11.72	13.62

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, * = significativo con $P \leq 0.05$, ** = significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 4. Análisis de varianza en la producción total de biomasa seca de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE SIEMBRA	FECHA DE EVALUACIÓN, dds							
	18	23	28	33	38	45	50	55
Transparente	0.017 B	0.024 AB	0.040 A	0.048 A	0.055 A	0.062 A	0.074 A	0.090 A
Amarillo	0.011 B	0.018 B	0.024 B	0.034 B	0.040 AB	0.045 B	0.048 C	0.065 B
Rojo	0.022 A	0.029 A	0.036 A	0.046 A	0.054 A	0.060 A	0.070 AB	0.080 AB
Blanco	0.013 B	0.017 B	0.024 B	0.033 B	0.038 B	0.048 B	0.055 BC	0.067 B

dds = días después de siembra, ^z = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes.

Biomasa fresca del vástago

En los análisis de varianza realizados se encontró que en la primera (18 dds) y séptima (50 dds) evaluación los tratamientos son significativos con $P \leq 0.05$; de la segunda a la sexta evaluación se encontró que no son significativos y la octava evaluación es significativa con $P \leq 0.01$ (Cuadro 5). En la comparación de medias se encontró que la acumulación de biomasa fresca en el vástago de las plántulas de chile, fueron mejor las cubiertas color rojo y blanco (20 y 5%) con respecto a la cubierta color transparente en la primera evaluación; en la séptima evaluación estas mismas cubiertas fueron mejores y el mismo comportamiento se observó en la octava evaluación. En esta variable las mejores cubiertas fueron el color rojo y el color blanco por lo cual conviene producir plántulas de chile en las cubiertas de estos colores (Cuadro 6).

Esto es debido a la modificación en las características de la transmisión de la PAR, de tal manera que favoreció la diferenciación celular aumentando así la biomasa fresca del vástago.

Estos resultados obtenidos difieren con los obtenidos por Hoyos (1995), quien trabajando en la producción de plántulas de pimiento encontró que la mayor acumulación de BFV fue con la cubierta transparente. Las diferencias que se obtuvieron probablemente se deben haber a la diferencia de tamaño de los macrotúneles que se manejaron en las dos investigaciones modificando con esto las condiciones de desarrollo del cultivo.

Cuadro 5. Análisis de varianza en la distribución de biomasa fresca en el vástago de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS							
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	45 dds	50 dds	55 dds
Trat	3	0.0003*	0.0003ns	0.0002ns	0.0002ns	0.0001ns	0.0001ns	0.0007*	0.0011**
Error	12	0.0001	0.0002	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0001	0.0001
CV, %		11.63	14.63	15.70	13.73	11.69	10.53	6.14	4.63

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, * = significativo con $P \leq 0.05$, ** = significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 6. Análisis de varianza en la distribución de biomasa fresca en el vástago de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE JBIERTA	FECHA DE EVALUACIÓN, dds							
	18	23	28	33	38	45	50	55
transparente	0.075 B	0.081 A	0.116 A	0.148 A	0.160 A	0.168 A	0.185 B	0.221 BC
Amarillo	0.069 B	0.088 A	0.122 A	0.146 A	0.151 A	0.172 A	0.187 B	0.212 C
Rojo	0.090 A	0.102 A	0.131 A	0.156 A	0.165 A	0.178 A	0.200 AB	0.247 A
Blanco	0.079 AB	0.083 A	0.123 A	0.138 A	0.160 A	0.177 A	0.214 A	0.241 AB

dds = días después de siembra, ^z = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes.

Biomasa seca del vástago

En los análisis de varianza realizados para esta variable se encontró que en la primera evaluación son significativos con $P \leq 0.01$; mientras que de la segunda a la séptima evaluación se encontró que estadísticamente no son diferentes y en la octava evaluación se encontró significancia con $P \leq 0.05$ (Cuadro 7). En la comparación de medias se encontró igualdad en las cubiertas color rojo, blanco y transparente en la primera evaluación y en la octava evaluación la cubierta transparente y roja fueron iguales; por lo cual sería bueno seguir trabajando con estas cubiertas para producción de plantas de chile (Cuadro 8).

Estos resultados pueden ser el efecto de las radiaciones azules y rojas que pasan a través de los plásticos transparentes y rojos que son más favorables para el desarrollo horizontal de las plantas como es mayor peso de hojas.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Samaniego *et al.* (2002), quienes indican que las diferencias espectrales causadas por las coberturas plásticas inducen cambios drásticos en el cultivo, alterando los parámetros de desarrollo como son: peso de planta, diámetro de tallo, área foliar y la acumulación de biomasa en plántulas de chile y tomate, como resultado de una alteración en la radiación visible y temperatura.

Cuadro 7. Análisis de varianza en la distribución de biomasa seca del vástago de plantas de Chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS							
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	45 dds	50 dds	55 dds
Trat	3	0.0000**	0.0000ns	0.0000ns	0.0000ns	0.0001ns	0.0000ns	0.0001ns	0.0001*
Error	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CV, %		14.37	18.44	15.98	15.86	19.89	13.27	15.81	13.76

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, * = significativo con $P \leq 0.05$, ** = significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 8. Análisis de varianza en la distribución de biomasa seca del vástago de plantas de Chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE CORTA	FECHA DE EVALUACIÓN, dds							
	18	23	28	33	38	45	50	55
Transparente	0.009 AB	0.012 A	0.019 A	0.024 A	0.029 A	0.031 A	0.037 A	0.048 A
Amarillo	0.008 B	0.011 A	0.015 A	0.021 A	0.023 A	0.027 A	0.028 A	0.036 B
Rojo	0.012 A	0.014 A	0.019 A	0.025 A	0.030 A	0.033 A	0.038 A	0.044 AB
Blanco	0.009 AB	0.012 A	0.016 A	0.021 A	0.022 A	0.029 A	0.033 A	0.037 B

dds = días después de siembra, ^z = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes.

Biomasa fresca de la raíz

En los análisis de varianza realizados para esta variable se encontró que en las ocho evaluaciones los resultados son significativos con $p \leq 0.01$ (Cuadro 9). En la comparación de medias se encontró que la cubierta color transparente y la cubierta color rojo fueron superiores a las cubiertas de color amarillo y blanco (Cuadro 10).

Estos resultados es posible se deban al efecto de mayor temperatura que se tiene con el plástico transparente y como lo citó Bidwell (1990) por efectos de la calidad de la luz en los procesos de enraizamientos.

Lo anterior coincide con lo obtenido por Robledo *et al.* (2004) al trabajar con plántulas de tomate de cáscara en donde el color rojo indujo altos pesos frescos de raíz. Y en los de Domínguez (2005) al trabajar en la producción de plántula de tomate de cáscara. Sin embargo, los resultados aquí reportados no coinciden con los autores citados en relación a la cubierta transparente.

Cuadro 9. Análisis de varianza en la distribución de biomasa fresca de la raíz de plantas de Chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS							
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	45 dds	50 dds	55 dds
Trat	3	0.0002**	0.0003**	0.0007**	0.0005**	0.0015**	0.0018**	0.0039**	0.0075**
Error	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0009
CV, %		25.12	15.12	26.98	11.74	10.91	20.24	6.56	22.19

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, * = significativo con $P \leq 0.05$, ** = significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 10. Análisis de varianza en la distribución de biomasa fresca en la raíz de plantas de Chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE JBIERTA	FECHA DE EVALUACIÓN, dds							
	18	23	28	33	38	45	50	55
rasparente	0.009 B	0.030 A	0.044 A	0.056 A	0.084 A	0.098 A	0.133 A	0.183 A
Amarillo	0.007 B	0.013 B	0.020 B	0.032 B	0.039 C	0.051 B	0.061 D	0.083 B
Rojo	0.021 A	0.028 A	0.038 A	0.054 A	0.066 B	0.093 A	0.116 B	0.154 A
Blanco	0.009 B	0.013 B	0.016 B	0.039 B	0.054 B	0.075 AB	0.093 C	0.121 AB

dds = días después de siembra, ^z = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes.

Biomasa seca de la raíz

En los análisis de varianza realizados a esta variable, se encontraron resultados significativos con $p \leq 0.01$ de la primera a la séptima evaluación y en la octava se encontró significancia con $P \leq 0.05$ (Cuadro 11). En la comparación de medias se encontró que las cubiertas color transparente (testigo) y rojo fueron mejores que los tratamientos con cubiertas color amarillo y blanco (Cuadro 12). Esto indica que para la producción de plántulas son recomendables las cubiertas de color transparente y rojo pues proporcionan buen desarrollo de raíces.

Es posible que estos datos se deban al efecto de mayor temperatura que se tiene con el plástico transparente y como lo citó Bidwell (1990) por efectos de la calidad de la luz en procesos como crecimiento de tallo, tamaño de hojas, enraizamiento, etc.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Domínguez (2005) con tomate de cáscara, reportando que la cubierta transparente presentó mayor biomasa seca de la raíz. En cambio no coinciden con los resultados obtenidos por Hernández *et al.* (2004) quien trabajando con plántulas de tomate bajo cubiertas fotoselectivas rojas obtuvo mayor biomasa seca de la raíz.

Cuadro 11. Análisis de varianza en la distribución de biomasa seca de la raíz de plantas de Chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS							
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	45 dds	50 dds	55 dds
Trat	3	0.0000**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0002**	0.0001*
Error	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CV, %		28.22	30.77	21.62	17.00	17.55	11.58	12.29	18.32

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, * = significativo con $P \leq 0.05$, ** = significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 12. Análisis de varianza en la distribución de biomasa seca en la raíz de plantas de Chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE SIEMBRAS	FECHA DE EVALUACIÓN, dds							
	18	23	28	33	38	45	50	55
Transparente	0.007 AB	0.012 AB	0.021 A	0.024 A	0.026 A	0.031 A	0.037 A	0.042 A
Amarillo	0.003 C	0.007 B	0.009 B	0.013 B	0.017 BC	0.018 B	0.021 B	0.029 B
Rojo	0.010 A	0.015 A	0.017 A	0.021 A	0.024 AB	0.027 A	0.032 A	0.036 AB
Blanco	0.003 BC	0.005 B	0.009 B	0.012 B	0.016 C	0.019 B	0.023 B	0.030 B

dds = días después de siembra, ^a = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes.

Área foliar

Los análisis de varianza realizados para esta variable reportaron significancia con $P \leq 0.05$ en la primera, segunda, quinta, sexta y séptima evaluación y en el resto de las evaluaciones no hay significancia. (Cuadro 13). En la comparación de medias las cubiertas fotoselectivas fueron mejores que la cubierta transparente (Cuadro 14). Para esta variable la cubierta color rojo es buena opción para acumular área foliar por lo cual sería bueno seguir trabajando con esta cubierta.

Estos datos se deben al tipo de transmisión de las radiaciones ya que como lo cita Bueno (1984) quien estudio a dos películas de PVC fotoselectivo, azul y rojo desarrolladas para cubierta de invernadero, ambos reducen la transmisión de las radiaciones verde-amarilla e incrementan las azules y rojas. También, porque el color rojo transmite una longitud de onda desde 825 a 800 nm en respuesta a la fotosíntesis, y buen desarrollo vegetativo de plántulas (Orzolek *et al.*, 1995)

Con los datos obtenidos en esta variable, se encontró coincidencia con lo que establece (Bueno, 1984) que dice; la radiación roja nos da un óptimo crecimiento de tallos y fotosíntesis y muy buen tamaño de hojas. También coinciden con lo reportado por Robledo *et al.* (2004) indicando que las cubiertas de color amarillo inducen un crecimiento del tallo y parta aérea de las plántulas.

Cuadro 13. Análisis de varianza en el área foliar de plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS							
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	45 dds	50 dds	55 dds
Trat	3	0.8233*	0.9921*	1.8589ns	0.7517ns	1.1181*	3.4777*	5.5909*	2.4169ns
Error	12	0.2008	0.2260	0.6447	0.4515	0.3023	0.7112	0.9639	1.2414
CV, %		16.40	14.93	17.26	12.77	9.85	13.23	13.59	13.89

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, * = significativo con $P \leq 0.05$, ** = significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 14. Análisis de varianza en la acumulación de área foliar en plantas de chile, en ocho fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE HOJA	FECHA DE EVALUACIÓN, dds							
	18	23	28	33	38	45	50	55
Verde	2.08 B	2.47 B	3.68 A	4.91 A	5.09 B	5.29 B	5.71 B	6.95 A
Amarillo	3.04 A	3.56 A	4.95 A	5.17 A	5.63 AB	6.17 B	7.00 AB	8.24 A
Rojo	3.04 A	3.49 A	5.25 A	5.89 A	6.30 A	7.55 A	8.51 A	8.80 A
Blanco	2.76 AB	3.21 A	4.71 A	5.07 A	5.31 B	6.47 AB	7.68 A	8.09 A

dds = días después de siembra, ^a = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes

Diámetro de tallo

Para esta variable se encontraron diferencias significativas siendo mejor la cubierta color transparente (testigo) con un diámetro de 1.8 mm, seguido por la cubierta blanca (T4), cubierta rojo y cubierta amarilla (Figura 1). Esto, por el efecto de sombreo que causa cada uno de los polietilenos de color en el interior del macrotúnel y por el incremento en la temperatura que se tiene con el plástico transparente.

Lo anterior pudo deberse a que el Chile es de clima cálido por lo que al existir mayor temperatura en el interior del macrotúnel se aumenta la agresividad en el crecimiento de la planta en general.

Los resultados obtenidos coinciden con Hoyos (1995), que al trabajar con plántulas de pimiento el mayor diámetro se obtuvo con la cubierta transparente.

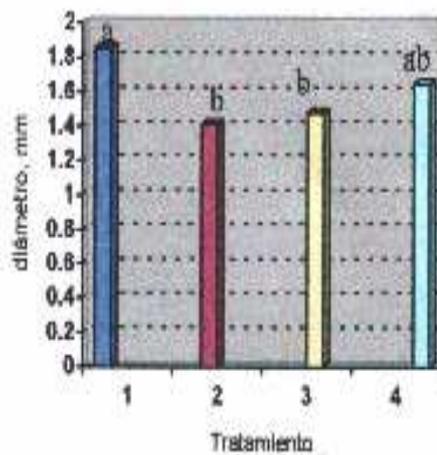


Figura 1. Diámetro de tallo de plántulas de Chile por efecto de cubiertas plásticas foselectivas. 1 = transparente, 2 = amarillo, 3 = rojo, 4 = blanco.

Altura de planta

El análisis de varianza reportó diferencias significativas entre los colores de cubierta y de acuerdo con la comparación de medias (Figura 2) los tratamientos con cubierta color amarillo y blanco mostraron los valores mayores en la altura de planta. Esto, indica mayor alargamiento de los entrenudos pero con diámetro de tallo más delgado tal y como se observó en los tratamientos. Por lo tanto las plántulas establecidas bajo las cubiertas de color rojo y transparente serán mejores para el trasplante.

Coincidiendo con Domínguez (2005) que trabajó con tomate de cáscara, en el cual reportó que las cubiertas de color amarillo inducen un crecimiento del tallo y parte aérea. También coinciden con lo obtenido por Robledo *et al.* (2004) que al trabajar en la producción de plántulas de tomate de cáscara con la cubierta de color amarilla se obtuvo la mayor altura.

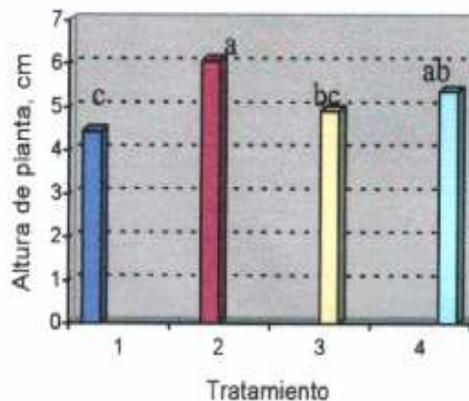


Figura 4. Altura de planta al momento del trasplante, en plántulas de chile por efecto de la cubierta plástica foselectiva. 1 = transparente, 2 = amarillo, 3 = rojo, 4 = blanco.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos las cubiertas color rojo y transparente fueron las mejores en las variables estudiadas, excepto en altura de planta en la cual fueron mejores las cubiertas color amarillo y blanco. Por lo tanto los plásticos fotoselectivos influyen en la producción de biomasa en las plantas de chile jalapeño. Por lo cual se recomienda seguir trabajado con plásticos fotoselectivos en la producción de plántulas de este cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alpí A: y Tognoni, F: 1991. "Cultivo en invernadero". Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Bernart J. Carlos; Andrés V., Juan J. y Martínez R., José 1987. Invernaderos, construcción, manejo, rentabilidad. Editorial Aedos. España
- Bidwell, R. G. S. 1990. Plant Physiology. Ed. MacMillan Publishing Co., Inc. New York. 643 p.
- Bueno A., J. 1984. Filmes de pvc para usos agrícolas. Revista de plásticos Modernos. Núm. 333. Marzo, 1984. España. 220 p.
- Cássares, E. 1981. Producción de Hortalizas. 3ª Edición Editorial IICA, San José Costa Rica.
- Daza O., C. A. 1994. Respuesta de plántulas de coliflor *Brassica oleracea* var. botrytis bajo cubiertas plásticas de colores en microtúneles. Tesis de Licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila.
- Decoteau, D. R. and H. Friend. 1991. Plant responses to wavelength selective mulches and row covers: a discussion of light effects on plants. 23rd National Agricultural Plastics Congress. American Society for plasticulture. Edited by James E. Brown. Sept. 29-Oct. 3. Mobile. Alabama.
- Delouche, J. C. 1971. Determinants of SEED quality. Se. Proc. Miss short course for seedsmen. 13:53-68 seed Technology. Lab State University, U. S. A.
- Domínguez R., A. 2005. Uso de cubiertas fotoselectivas para la producción de plántulas de hortalizas. Tesis de maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila. México.

- Edmon D., J. 1979. Principios de Horticultura. 3a Edición, Editorial SECSA, México. Pág. 492.
- Ennis, J. 1997. Como criar niños y cultivos vigorosos. Revista Productores de Hortalizas. Año 6, N° 9. México.
- Fernández de Soto J. 1985. Glosario de términos semillistas. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia. P. 29, 62.
- Fersini, A. 1982. Horticultura Práctica. 2a Edición aumentada, editorial DIANA, México, D. F., pp. 428-439.
- Halfacre, G. R. y Barden, A. J. 1984. Horticultura. A. G. T. Editor, México. Pág. 295-298.
- Hernández D., J; Robledo T. V; Benavides M. A; Flores V., J. 2004. Producción de transplantes de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica* L.) Con cubiertas fotoselectivas. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México
- Hewitt, P. G. 1995. Física Conceptual. Addison-wesley Iberoamericana.
- Hoyos E., P. 1995. Parámetros de calidad en plántulas hortícolas. En: II Jornada sobre semillas y semilleros hortícolas. Ed. Dirección General de la Producción Agraria 35/96. Congresos y Jornadas. Almería 29-31 mayo, 1995.
- Ibarra J., L. y A. Rodríguez P. 1991. Acolchado de Suelos con Películas Plásticas. Primera edición. Editorial LIMUSA, S. A de C. V. México, D. F. p 19-22.
- Juárez de la C., D. 2000. Influencia de la solución Nutritiva en la Producción de plántulas de melón (*Cucumis melo*). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Knott, J. E. 1957. Handbook for Vegetable Growers. John an Sons., Inc. New York. U. S. A.
- Lamont, W. J. Jr. 1991. Plastic mulches for the production of vegetable crops. Hort Technology. 3 (1): 35-38.
- Ledezma V., M. A. 1994. Efectos de cubiertas plásticas de colores en la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

- Leopold, C. L. and Kriedman, C. L. 1975. Plant Growth and Development. 2ed. McGraw-Hill. Book company. P. 224-226. U. S. A.
- Martínez M., F. 1995. Manual Básico de diseño, construcción y operación de invernaderos y viveros. Oasis, consultoría. Morelos, México.
- Mendoza H. J. M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata a la UAAAN. Pp. 1-5.
- Millar, E. V. 1967. Fisiología Vegetal. Editorial. Uthea. 221 p.
- Mojarro, B. 1997. Precocidad y alto rendimiento. Revista Productores de Hortalizas. Mayo. Pp 26-28. México.
- Monteith, J. L. and M. H. Unsworth. 1990. Principles of Environmental Physics. second edition, Chapman and Hall, Inc. 291 p.
- Muñiz V., A. 1994. Producción de planta de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo cubiertas plásticas de colores. Tesis de licenciatura, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Muños, P. y Col.1998. Estructura de invernaderos. Tipología y materiales. Curso superior de especialización sobre tecnología de invernaderos II. Dirección General de investigación y Formación Agroalimentaria de la junta de Andalucía. Almería, España.
- Núñez, J. 2000. Filmes plásticos para cubiertas y acolchados. Novedades agrícolas S. A. Murcia, España.
- Orzolek, M. D. 1995. Is there a difference in red mulch? Proc. Natl. Agr. Plastic Congr. 26:120-126.
- Robledo T. V., Hernández D. J., Benavides M. A., Ramírez M. H., Ramírez G. F. 2004. El uso de plásticos de colores sobre la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.). UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Samaniego C. E., M. R. Quezada-M., de la Rosa- I., J. Murguía-L., A. Benavides-M. y L. Ibarra-J. (2002). Producción de plántulas de tomate y pimiento con cubiertas de polietileno reflejante para disminuir la temperatura en invernadero. Agrociencia, 36: 305-18.

- Sánchez V., F. 2005. Estudio en plántulas de lechuga desarrolladas en microtúneles con cubiertas plásticas foselectivas. Tesis de Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Serrano C., Z. 1990. Técnicas de Invernadero. PAO Suministros gráficos, S. A. Sevilla, España.
- Serrano C., Z. 1994. Construcción de invernaderos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Sobrino I., E. y Sobrino E. V. 1989. Tratado de Horticultura Herbácea I. Hortalizas de flor y fruto.
- Torres R., E. 1990. Agrometeorología. Editorial DIANA, S. A. México.
- Valadez L., A. 1996. Producción de Hortalizas. Ed. LIMUSA, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. Cuarta reimpression. México.
- Zarka, Y. 1992. Películas foselectivas y fluorescentes en plasticultura. CEPLA, Comité Español de plásticos en Agricultura. 1992. XII Congreso Internacional de plásticos en Agricultura. 3-8 de Mayo, 1992. Granada, España.
- Vavilov N., F. 1951. Producción de Hortalizas. 1a Edición, Editorial LIMUSA, México, D. F.
- Vencer R., F. 1989. Semillas: biología y tecnología. Mundi-prensa. Madrid, España. P. 175, 177, 185, 187, 203, 595.
- Vilmorín P., F. 1997. El Cultivo del Pimiento Dulce Tipo Bell. Editorial DIANA, México.
- Wageningen, T. 1994. Por aquí empieza una buena semilla. Rev. Horticultura N° 99. España.
- Wien, H. C. 1997. Transplanting in the physiology of vegetable crops. Cap. 2. Editor H. C. Wien. Editorial CAB. International.