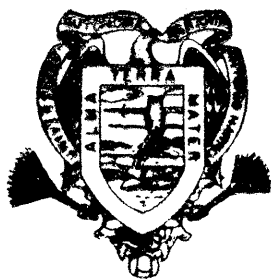


CARACTERIZACION AGRONOMICA DE PELICULAS
FOTOSELECTIVAS PARA ACOLCHADO EN EL
CULTIVO DE CHILE ANAHEIM
CON FERTIRRIGACION

JUANITA FLORES VELAZQUEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA



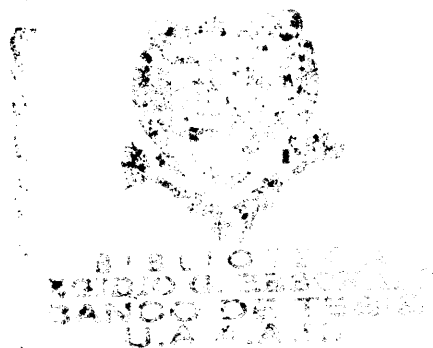
Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista. Saltillo, Coah.

DICIEMBRE DE 1996



Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
HORTICULTURA**



COMITE PARTICULAR

Asesor principal:



M.C. José Hernández Dávila

Asesor:



M.C. Luis Ibarra Jiménez

Asesor:



M.C. Jesús O. Pimentel González

Asesor:



M.C. Reynaldo Alonso Velasco



Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Diciembre, 1996

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación en Química Aplicada por brindarme la oportunidad de pertenecer al Departamento de Agroplásticos por más de diez años así como por facilitarme la realización del presente trabajo de tesis.

A mis Asesores:

El más sincero agradecimiento por la disposición, apoyo y consejo que siempre me brindaron, especialmente a M.C. José Hernández, M.C. Luis Ibarra, M.C. Reynaldo Alonso y M.C. Octavio Pimentel quienes con su amplia experiencia, las sugerencias y opiniones aportadas permitieron la planeación, realización y culminación del presente trabajo.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por la culminación académica y a todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A mis hijas:

**Edna Magaly
Edith Sayuri**

Quienes constituyen el principal motivo de mi existencia, siendo el impulso y la fuerza necesaria para seguir adelante

A mis padres:

**Juan Flores Aguilar
Aurora Velázquez Arizpe**

Porque a ellos les debo lo que soy

A mis hermanos:

**Rosa María
María Enriqueta
Alma Leticia
Juan Gerardo
Raul Mario
Aurora**

Por apoyarme y estar siempre conmigo

COMPENDIO

Caracterización Agronómica de Películas Foselectivas para acolchado en el Cultivo de Chile Anaheim con Fertirrigación.

POR

JUANITA FLORES VELASQUEZ.

MAESTRIA

HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE, 1996.

M.C. José Hernández Dávila - Asesor -

Palabras clave: Acolchado con películas foselectivas, Chile Anaheim, Fertirrigación, Radiación fotosintéticamente activa, Temperatura del suelo.

Con el objeto de evaluar seis películas foselectivas para acolchado procesadas en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) y cuatro películas foselectivas comerciales en el cultivo de chile Anaheim bajo condiciones de fertirrigación, se estableció el presente trabajo en el Campo Experimental CIQA durante el ciclo Primavera-Verano de 1994 bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones.

Los tratamientos evaluados fueron: Polietileno blanco (PEB), amarillo (PEAm), azul (PEA), verde (PEV), café (PEC) y rojo (PER) (Procesadas en CIQA); negro (PEN), Policloruro de vinilo gris humo (PVCGH), blanco opaco (PVCBO) y rosa (PVCR) (películas comerciales) y el sistema tradicional de cultivo, sin cubierta plástica o Testigo.

Los resultados muestran que para Índice de área foliar (IAF) y peso seco de hoja el tratamiento PER mostró los mayores valores con 1.2257 y 6.025 gramos por planta superando al testigo absoluto en 247 y 412 por ciento respectivamente. En cambio, para el número de frutos totales por planta y producción total, el tratamiento que registró los mayores valores fue el PEB con 73.39 frutos y 52.988 ton/ha, lo que representa un incremento de 12 y 21 por ciento con respecto al testigo convencional y de 78 y 101 por ciento con respecto al testigo absoluto.

La radiación fotosintéticamente activa (RFA) recibida en el cultivo en dos fechas de muestreo, indica que los valores máximos de RFA se registraron a las doce horas del día para la mayoría de los tratamientos, mostrando la radiación un comportamiento similar entre tratamientos incluyendo al testigo.

La temperatura del suelo fue medida a dos profundidades: 15 y 30 cm en las mismas fechas de muestreo que la RFA, registrándose incrementos en los tratamientos acolchados desde 12 hasta 20°C con respecto al tratamiento sin cubierta plástica. Debido a los incrementos de temperatura y mejor distribución de humedad del suelo logrados por efecto de la cubierta plástica, entre otros efectos, los acolchados superaron al testigo en la eficiencia en el uso de los nutrimentos con

incrementos desde un 72 hasta 123 por ciento, también mostraron mayor eficiencia en el uso del agua registrando incrementos desde 121 hasta 187 por ciento con respecto al testigo absoluto. La lámina de agua ahorrada por efecto de la cubierta plástica fue de 21.41 cm (30 por ciento), el testigo recibió 71.35 cm de lámina de agua.

El tratamiento mas rendidor fue el PEB, procesado en CIQA, con un rendimiento de 52.988 ton/ha seguido de los tratamientos PVCBO (película comercial) y PEA procesado en CIQA con rendimientos de 47.699 y 46.684 ton/ha respectivamente, el testigo absoluto registró un rendimiento de 26.349 ton/ha.

ABSTRACT

**Agronomic Characterization of Photoselective Films in
Mulching of Anaheim Chili grown with Fertirrigation**

FOR

JUANITA FLORES VELASQUEZ

MASTER OF SCIENCE

HORTICULTURE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA DECEMBER 1996

M.C. José Hernández Dávila - Advisor -

Key words: Soil mulching with photoselective films, Anaheim Chili, Fertirrigation, Photosynthetically active radiation, Soil temperature.

The objective of this study was to evaluate six films developed in the Chemistry Applied Research Center (CIQA) and four films in the crop of chili "Anaheim" under fertirrigation conditions. The present study was carried out in the Experimental Station from CIQA during the seasons Spring-Summer in 1994 using a randomized block design with four repetitions.

The evaluated treatments were: white polyethylene (WPE), yellow (YPE), blue (BPE), green (GPE), brown (BrPE) and red (RPE) processed at CIQA. The commercial films were: black (BPE), gray polyvinyl chloride (GPVC), opaque white (OWPVC) and pink (PPVC). Bare soil, without plastic cover, was used as the control.

The results show that the Leaf Area Index (LAI) and dry weight of leaves registered the highest values for the treatment RPE with 1.2257 and 6.025 grams per plant overcoming to the control with 247 and 412 per cent respectively. However, the total number of fruits per plant and the total production showed the best results for the WPE treatment with 73.39 fruits and a total production of 52.988 ton/ha which represent an increase of 12 and 21 per cent in relation to the control (black plastic mulch) and an increase of 78 and 101 per cent with respect to the absolute control.

The maximum values of photosynthetically active radiation (PAR), in two sampling dates, were registered at 12 AM, for the total of the films including to the control, bare soil.

Soil temperatures were determined at two depths (15 and 30 cm) during the same dates that for PAR, the increases in mulching treatments were from 12-20 °C with respect to the control. The increase in temperature and a better humidity distribution in the soil led to the mulching treatments a higher efficiency in nutrients assimilation with values from 72 up to 123 per cent, also the efficient use of water increased from 121 up to 187 per cent with respect to the control, by effect of the plastic cover, the saved water was 21.41 cm (30 per cent), the control received 71.35 cm.

The best yield was for the WPE treatment developed at CIQA with a yield of 52.988 ton/ha, followed by OWPVC with 47.699 ton/ha (commercial film) and BPE developed at CIQA, with 46.684 ton/ha, the control registered a yield of 26.349 ton/ha.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	xv
INDICE DE FIGURAS	xvi
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	5
Importancia Económica del Cultivo de Chile	5
Requerimientos del Cultivo	6
Acolchado de Suelos	8
Efectos y Beneficios del Acolchado	9
Efecto del Acolchado sobre el Control de Malezas	9
Efecto del acolchado sobre la Humedad del Suelo	10
Efecto del Acolchado sobre la Temperatura del Suelo	11
Efecto del Acolchado sobre la Fertilidad	11
Efecto del Acolchado de Suelos en la Actividad Microbiana ..	12
Producción de Cosechas Tempranas	13
Producción de Altos Rendimientos	13
Supresión de Labores	14
Materiales Utilizados para el Acolchado de Suelos	15
Películas Convencionales	16
Películas con Características Especiales	18

Películas de Bajo Espesor	18
Películas Degradables	19
Películas de Liberación Controlada	23
Películas Fotoselectivas	24
Propiedades de las Películas Fotoselectivas	25
Propiedades Ópticas	25
Propiedades Mecánicas	27
Cambios Estructurales en las Películas	28
Respuesta de las Plantas a los Acolchados Fotoselectivos	29
Calidad de la Luz	29
La Luz como Factor Morfogénético	30
Influencia Espectral en la Fisiología de la Planta	32
Resultados de Investigación con Películas Fotoselectivas	35
MATERIALES Y METODOS	39
Localización del Sitio Experimental	39
Clima	39
Suelo	40
Diseño Experimental	40
Establecimiento del Experimento	42
Siembra del Almácigo	42
Preparación del Terreno	43
Trazo del Experimento	43
Instalación del Sistema de Riego	44
Fertilización	45
Acolchado de Suelos	45

Trasplante	46
Labores Realizadas	46
Variables Evaluadas	46
Fenología	46
Cosecha	47
Indice de Area Foliar y Peso Seco	47
Radiación Fotosintéticamente Activa	48
Temperatura del Suelo	49
Eficiencia de Nutrimentos	49
Eficiencia en el Uso del Agua	50
RESULTADOS	51
Fenología	51
Porcentaje de Floración	51
Indice de Area Foliar y Peso Seco	53
Cosecha	56
Inicio y Final de Cosecha	56
Rendimiento	57
Número de Frutos por Planta por Corte	57
Peso de Frutos por Planta por Corte	60
Radiación Fotosintéticamente Activa	63
Temperatura del Suelo	65
Eficiencia en el Uso de Nutrimentos	70
Rendimiento y Eficiencia en el Uso del Agua	73
DISCUSION	76
Fenología	76
Porcentaje de Floración	76

Indice de Area Foliar y Peso Seco	77
Cosecha	78
Inicio y Final de Cosecha	78
Rendimiento	81
Número de Frutos por Planta por Corte	81
Peso de Frutos por Planta por Corte	83
Radiación Fotosintéticamente Activa	84
Temperatura del Suelo	86
Eficiencia en el Uso de los Nutrientes	88
Rendimiento y Eficiencia en el Uso del Agua	90
Caracterización Agronómica de las Películas Fotoselectivas y Eficiencia de la Técnica del Acolchado	93
CONCLUSIONES	97
RESUMEN	99
LITERATURA CITADA	102

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
2.1 Comportamiento de la producción de chile en Coahuila durante el período de 1989 a 1993	6
2.2 Calidad y efectos de la radiación solar	34
4.1 Porcentaje de floración a diferentes días después del trasplante en plantas de chile Anaheim con películas fotoselectivas (datos transformados por arcoseno).....	52
4.2 Índice de área foliar y peso seco de hoja en plantas de chile Anaheim con películas fotoselectivas	55
4.3 Número de frutos por planta por corte y número de frutos total por planta en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas	59
4.4 Peso de frutos en gramos por planta por corte y rendimiento total en ton/ha del cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas	61
4.5 Eficiencia en el uso de nutrimentos bajo acolchado plástico con películas fotoselectivas en chile Anaheim	71
4.6 Eficiencia en el uso del agua bajo acolchado plástico con películas fotoselectivas en chile Anaheim	75
5.1 Caracterización agronómica de películas fotoselectivas evaluadas en chile Anaheim con fertirrigación. CIQA, 1994 ...	96

INDICE DE FIGURAS

Figura		Páginas
4.1	Porcentaje de floración alcanzado a los 48 ddt en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994 ...	53
4.2	Índice de área foliar, en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994	56
4.3	Número de frutos total por planta en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994	60
4.4	Producción en gramos por planta por corte en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994	62
4.5	Radiación fotosintéticamente activa registrada el 1 de junio a 1.2 m de altura sobre la superficie de cada uno de los tratamientos con películas fotoselectivas en el cultivo de chile Anaheim. CIQA, 1994	63
4.6	Radiación fotosintéticamente activa, registrada el 4 de julio a 1.2 m de altura sobre la superficie de cada uno de los tratamientos con películas fotoselectivas en el cultivo de chile Anaheim. CIQA, 1994	64
4.7	Temperatura del suelo, registrada a 15 cm de profundidad, el día 1 de junio en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994	65
4.8	Temperatura del suelo, registrada a 30 cm de profundidad, el día 1 de junio en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994	67
4.9	Temperatura del suelo, tomada bajo el plástico a 15 cm de profundidad, el día 4 de julio en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994	68
4.10	Temperatura del suelo, registrada bajo el plástico a 30 cm de profundidad, el día 4 de julio en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994	69

4.11	Promedio de temperaturas diarias registradas durante los muestreos del 1 de junio y 4 de julio en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994	70
4.12	Eficiencia en el uso de los nutrimentos mediante la utilización de películas fotoselectivas en el cultivo de chile Anaheim. CIQA, 1994	72
4.13	Producción total, en toneladas por hectárea, en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994	74
4.14	Eficiencia en el uso del agua registrada en los diferentes tratamientos de películas fotoselectivas en el cultivo de chile Anaheim. CIQA, 1994	75
5.1	Eficiencia de la técnica del acolchado al utilizar películas fotoselectivas en el cultivo de chile Anaheim. CIQA, 1994	95

INTRODUCCION

El cultivo de chile en México ha venido incrementando su superficie de siembra. En 1992 la superficie nacional sembrada fue de 105,000 ha, cosechándose 95,000, siendo la diferencia, las pérdidas ocasionadas por problemas de virosis y bacterias (Hortalizas, Flores y Frutas, 1992). Entre los chiles picantes se encuentra el Anaheim cuyos usos son para mercado fresco, procesado y deshidratado, consumiendo per cápita 25 kg anuales.

Uno de los problemas más serios en las regiones áridas chileras, es el de las malezas, por lo que para su control así como para la obtención de cosechas tempranas y mejorar la calidad de los productos se recomienda la utilización de técnicas de plasticultura como lo son el acolchado de suelos y la fertirrigación.

La fertirrigación consiste en la aplicación de los fertilizantes mediante el sistema de riego por goteo que trae como consecuencia un ahorro de fertilizantes al ser las aplicaciones más dirigidas y fraccionadas de acuerdo a las necesidades del cultivo, así como un incremento en los rendimientos al eficientarse el uso del agua y de los fertilizantes (Arellano, 1995).

En la agroplasticultura, el plástico más utilizado es el polietileno, esto es debido a cuestiones de tipo económico, ya que su precio es inferior a cualquier

Otro material plástico utilizado en la agricultura, aunque también se utilizan, pero en menor escala las películas de policloruro de vinilo. En cuanto al color o pigmentación, actualmente además de los tradicionales negro-opaco y transparente, se utilizan también películas con características especiales como son las fotoselectivas, de bajo espesor, las foto y biodegradables; entre las primeras se encuentran las de color azul, rojo, gris-humo, verde, marrón, café, amarillo, blanco y las aluminizadas o metalizadas.

Los acolchados fotoselectivos afectan la luz del ambiente de la planta alterando la longitud de onda y la cantidad de radiación reflejada por la superficie del acolchado dentro del dosel de la planta (Benoit y Ceustermans, 1992). En general la transmisión de una mayor intensidad luminosa, intensifica la fotosíntesis, pero existe para cada planta una intensidad de luz, energía luminosa, de saturación a partir de la cual la actividad de la luz disminuye tanto más cuanto mayor es esta intensidad, esto es debido a que el exceso de luz provoca la destrucción de los pigmentos (Adrados, *et al.* 1983).

Las radiaciones visibles y las del infrarrojo corto son las responsables del crecimiento de la planta y del calentamiento que ocurre a su alrededor así como en el suelo. Dentro de las acciones fisiológicas de las diferentes longitudes de onda de la porción visible del espectro electromagnético sobre las plantas se encuentran dos máximos de respuesta fotosintética para las longitudes de onda de 440 y 680 nanómetros (nm), que corresponden a la azul violeta y al rojo naranja. La radiación azul es la que absorben más fácilmente los carotenos, mientras que la roja es más efectiva para la fotosíntesis, por lo que en la fase de crecimiento vegetativo de hojas y

tallos es fundamental la radiación azul, mientras que para la fase de crecimiento generativo, desarrollo de flores y frutos, es la roja (Adrados et al. 1983).

Por esta razón es importante conocer qué parte y qué intensidad de la radiación solar es la de mayor importancia para el desarrollo de cada especie de cultivo, ya que las plantas realizan sus procesos metabólicos mediante la captación de energía solar, la cual transforman en energía química y esto depende tanto de la intensidad como de la calidad y duración de luz que recibe la planta y en función de esto, depende el tamaño de la planta adulta, la cantidad de hojas, el principio de la floración, la fructificación y la senescencia.

A la fecha, la mayoría de los trabajos realizados con películas fotoselectivas están basados en el efecto que éstas producen sobre el rendimiento de los cultivos, sin tomar en cuenta las longitudes de onda que emiten hacia las plantas, como afectan estas longitudes a las plantas y que efectos promueven o inhiben en ellas.

Los objetivos e hipótesis planeados para este trabajo fueron los siguientes:

Objetivos

- ◆ Caracterización agronómica de películas fotoselectivas de polietileno y policloruro de vinilo en el cultivo de chile Anaheim.

- ◆ Determinar el tipo de película que tenga mayor efecto sobre el rendimiento de chile Anaheim.

Hipótesis

- ◆ Las películas fotoselectivas provocarán sobre el cultivo un efecto de abrigo semejante al que producen las películas tradicionales, pero las superarán en algunas características del crecimiento vegetativo y reproductivo.

REVISION DE LITERATURA

Importancia Económica del Cultivo de Chile

México es uno de los principales abastecedores de chile en los mercados de Estados Unidos y Canadá, principalmente en el ciclo Invierno-Primavera, durante los meses de noviembre a mayo, por lo que la importancia de este cultivo radica en la generación de divisas, siendo también importante socialmente ya que es un cultivo que requiere de gran cantidad de mano de obra durante todo su ciclo, aproximadamente de 130 a 150 jornales/ha. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Sin fecha.

La producción de chile en México se encuentra bastante diseminada y las zonas productoras se distinguen de acuerdo al tipo de chile que producen, así por ejemplo, el chile de los tipos Ancho, Mulato y Pasilla se siembran en el Bajío, Aguascalientes, Zacatecas y Jalisco; el tipo Serrano en Nayarit, Veracruz, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León; los chiles de exportación dulces (Bell) y picantes (Anaheim, Caribe, Fresno, Cayenne y Hungarian) se siembran en Sinaloa, Nayarit, Sonora y Baja California; los de tipo Mirasol en Aguascalientes, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, mientras que el Jalapeño se siembra en los estados de Veracruz, Oaxaca y Chihuahua

En Coahuila, la zona chilera se localiza en el centro y sur del estado (cuadro 2.1), destinándose casi la totalidad de la producción al mercado nacional, básicamente al mercado de abastos de Monterrey, N.L., de donde es distribuido principalmente al Distrito Federal

Cuadro 2.1. Comportamiento de la producción de chile en Coahuila durante el período de 1989 a 1993

Año	Superficie (ha)		Rendimiento (ton/ha)	P.M.R.
	Sembrada	Cosechada		\$/ton
1989	484	454	7.447	1,239
1990	487	426	11.692	623
1991	493	365	9.060	2,138
1992	643	579	9.948	1,453
1993	485	475	11.442	2,055

Fuente: SARH

P.M.R. (Precio Medio Rural)

Requerimientos del Cultivo

Los requerimientos climáticos favorables para el cultivo del chile son climas calurosos, en los que la temporada de crecimiento es larga y con pocos peligros de heladas, su humedad relativa óptima es entre 50 y 70 por ciento, posee cierta tolerancia a la sequía y es una planta que soporta contenidos de sal desde 2560 hasta 6400 ppm, desarrollándose mejor en suelos desde ligeros hasta pesados, prefiriendo los limo-arcilloso profundos, con buen drenaje, los suelos arcillosos no son recomendables debido a que pueden retener bastante humedad y pueden provocar asfixia en las raíces. Tolera ciertas condiciones de acidez y crece bien a pH de 6.8 a 5.5. (Valadez, 1994).

Para que la planta tenga un desarrollo óptimo, es necesario que el suelo tenga una temperatura adecuada debido a que el calor del suelo no solamente permite realizar las funciones vitales de las raíces de las plantas, sino que además permite el desarrollo de la vida microbiana que influye en la degradación de los compuestos minerales y de la materia orgánica de los suelos. Debido a esto, la solubilidad de las sales del suelo es óptima en determinadas temperaturas (Serrano, 1990).

La temperatura del suelo requerida para la germinación de las semillas de chile es de 15 °C como mínima, la máxima es de 35 °C y la óptima es de 29 °C, por otro lado, Lorenz y Maynard (1988) señalan que si las temperaturas del suelo se encuentran entre 0 y 10°C no hay germinación, mientras que a 15°C las semillas tardan 25 días en germinar, a los 20 °C tardan 13 días, de 25 a 30 °C tardan ocho días, en tanto que a los 35 °C la germinación empieza a los nueve días y a 40 °C o más la semilla no germina.

La temperatura promedio mensual del suelo para el mejor crecimiento del cultivo se encuentra en el rango óptimo de 21 a 29 °C, siendo la mínima de 18 °C y la máxima de 35 °C, según lo reportado por Lorenz y Maynard (1988).

La temperatura ambiente para su desarrollo es de 18 a 26 °C durante el día, mientras que por la noche su temperatura óptima es de 15 a 18 °C, deteniendo su crecimiento a temperaturas menores de 10°C. Altas temperaturas provocan la caída de flores y/o frutos (Valadez, 1994).

Acolchado de Suelos

El acolchado de suelos es la técnica más simple de aplicación de plásticos en la agricultura, éstos vinieron a substituir procedimientos más antiguos como el empajado. Esta técnica es practicada desde hace muchos años por los agricultores con la finalidad de proteger a los cultivos y a los suelos de la acción de los agentes atmosféricos. Actualmente se utiliza el acolchado de suelos con películas plásticas en una gran diversidad de cultivos hortícolas, así como en cultivos ornamentales y algunos frutales.

Según la naturaleza de los materiales utilizados (residuos vegetales, productos de origen mineral como la arena, papel alquitranado y láminas de aluminio) ofrecían además otras ventajas como la opacidad a la luz solar que impedía el desarrollo de las malas hierbas, la absorción del calor del sol por el suelo protegido y su posterior liberación durante la noche constituía un medio de defensa para la planta contra las bajas temperaturas nocturnas, influyendo de esta manera en un aumento en el rendimiento, así como precocidad en las cosechas (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Anteriormente, el poco conocimiento de la técnica del acolchado propició, en cierto grado, un crecimiento limitado de la misma, aunque en nuestro país existen notables superficies y cultivos que son susceptibles de utilizar esta técnica.

En la actualidad, las películas plásticas han desplazado a los materiales anteriores y su difusión se ha incrementado con el transcurso de los años, por lo que prácticamente es conocida universalmente y ha sido adoptada en horto, flori y

fruticultura por las posibilidades que ofrece de resolver muchos problemas relativos al ambiente que en el pasado difícilmente eran atacados, tales como la hostilidad del terreno y clima.

Efectos y Beneficios del Acolchado

Efecto del Acolchado sobre el Control de Malezas

El acolchado de suelos con polietileno (PE) negro provee cierto efecto herbicida que ayuda a eliminar casi totalmente las malezas a excepción del “coquillo”. Este efecto se debe a la impermeabilidad del plástico a la luz, lo que impide que las malezas realicen su actividad fisiológica, por lo tanto, con esta práctica, se evita el uso frecuente de herbicidas que permiten el crecimiento de malezas no selectivas a estos agroquímicos.

Cuando se utilizan materiales opacos se impide el crecimiento de malezas y por lo tanto disminuye la competencia que tienen con las plantas por el agua y los nutrimentos. El crecimiento y desarrollo de las malezas que se originen debajo de los plásticos dependerá considerablemente del color de los mismos, esto quiere decir de su permeabilidad a la luz.

En algunos materiales que no son totalmente opacos aparece la maleza en mayor o menor cantidad, sin embargo muchas veces no llega a desarrollarse plenamente ya que el plástico termina por sofocarla a consecuencia de las altas temperaturas y la humedad que se genera debajo del mismo.

Las películas que se pueden utilizar para este fin son las negras, aluminizadas o de colores, siempre y cuando sean totalmente opacas al paso de la radiación solar (Ibarra y Rodríguez, 1991). Por su parte Weiss (1995) menciona que las películas que reducen la luz azul y roja, pero no así la radiación rojo lejana e infra-roja son empleadas para controlar el crecimiento de malezas sin reducir la temperatura del suelo.

Efecto del Acolchado sobre la Humedad del Suelo

Debido a que el plástico actúa como una barrera impermeable al vapor de agua y a los líquidos, impide de este modo la evaporación del agua del suelo conservando así la humedad del mismo, evitando su compactación, además mantiene la humedad a disposición de las plantas para que sea utilizada en su metabolismo.

El efecto positivo del acolchado en relación al régimen hídrico del suelo está determinado tanto por la cantidad de agua disponible bajo la cobertura como también por su distribución en el perfil del terreno.

Como el agua se acumula en los estratos más superficiales debido a la capilaridad que responde a la mayor temperatura existente en las capas más superficiales del suelo, el sistema radicular se desarrollará en sentido horizontal, habiendo un incremento en el número de raicillas con lo que la planta asegura una mayor absorción de agua y sales minerales (Guariento, 1983).

Efecto del Acolchado sobre la Temperatura del Suelo

El efecto ideal del acolchado sobre la temperatura del suelo debe ser una reducción en los desequilibrios térmicos a que está sometido, esto quiere decir que debe incrementar la temperatura cuando el ambiente climático sea frío y reducirla cuando la insolación sea tan fuerte, que pueda obstaculizar la actividad vegetativa normal de la planta bajo cultivo. Obviamente no se pueden obtener todos estos efectos con un solo tipo de material plástico, por lo que es necesario escoger el tipo de película más adecuado para cada situación específica.

La modificación de la temperatura del suelo está en función del tipo de acolchado que se utilice. Durante el día, el plástico transmite al suelo las calorías recibidas del sol, mientras que por la noche detiene en cierto grado, el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia la atmósfera. Para que el efecto del acolchado sobre la temperatura del suelo sea relevante se necesitan superficies acolchadas suficientemente amplias, por lo que la anchura mínima del acolchado no deber ser menor de un metro. (Robledo y Martín, 1988)

Efecto del Acolchado sobre la Fertilidad

Al influir el acolchado sobre la temperatura y humedad del suelo operan sobre la naturaleza físico-química del suelo, actuando del mismo modo sobre la flora microbiana, en las reacciones bioquímicas y químicas del terreno, promoviendo así la nitrificación y generando una mayor disponibilidad de los nutrimentos en el suelo para que éstos sean aprovechados por las plantas.

Los valores óptimos de temperatura para asegurar una buena nitrificación varían según sean los terrenos (más sueltos o más compactos) entre los 25 y 45 °C, además de necesitarse una saturación hídrica del 50 al 60 por ciento, mientras que para terrenos desnudos se necesitan contenidos hídricos del 60 al 80 por ciento. Estos límites de temperatura y humedad son fácilmente logrados por medio del acolchado, quedando el abono nítrico a disposición de la planta y cuando se le suministra el agua de riego, la percolación, que es causa de fuertes pérdidas de abonos nítricos por lavado, es reducida al mínimo (Robledo y Martín, 1988)

Con el aumento de temperatura y la humedad óptima que se consigue bajo el acolchado de suelos, se incrementa el desarrollo de los microorganismos que trabajan en beneficio de la fertilidad del suelo por lo que hay mayor cantidad disponible de fósforo asimilable en las capas superiores del suelo (Serrano, 1990), en cambio, a temperaturas frías hay una lenta liberación del nitrógeno y del fósforo de la materia orgánica del suelo o causa una baja asimilación de fósforo y potasio por las plantas (Tisdale y Nelson, 1988).

Efecto del Acolchado de Suelos en la Actividad Microbiana

La actividad de la microflora del suelo está condicionada por el estado físico, la humedad y temperatura, que son factores que pueden ser influenciados por el acolchado.

Esta actividad microbiana, principalmente durante el proceso de transformación de las sustancias orgánicas, favorece la producción de anhídrido

carbónico bajo la cubierta plástica, observándose un incremento hasta de 4 veces con respecto al producido en terrenos descubiertos, asimismo durante este proceso hay liberación de nutrimentos al hacerse más disponibles para las plantas, las formas asimilables de los elementos nutritivos (Guariento, 1983).

Producción de Cosechas Tempranas

Un suelo acolchado proporciona a la planta mejores condiciones para su desarrollo, lo que se traduce en adelanto de cosecha y por consiguiente en mayores beneficios económicos debido a que los productos salen al mercado antes de que éste se sature, logrando así un mejor precio del producto, asegurando el contacto del productor con el comprador así como la venta de sus productos en el mercado antes de que empiece la principal estación en el mercado.

Esta anticipación a cosecha puede variar, dependiendo del cultivo y de la estación de crecimiento, desde tres hasta 28 días. (Ibarra y Rodríguez, 1991)

Producción de Altos Rendimientos

El incremento en la producción mediante el uso del acolchado de suelos oscila entre un 20 y 200 por ciento con respecto a los métodos convencionales del cultivo (Ibarra y Rodríguez, 1991)

En estos casos, el rendimiento extra provocará también costos extra en labores como son cosecha, empaque, transporte y acarreo, pero este costo adicional

es pagado con el incremento de producción, por lo que el productor puede amortizar con ello los costos de inversión.

Supresión de Labores

Con la aplicación del acolchado se logran suprimir labores como las escardas y los aporques. Si los objetivos de estas prácticas son la eliminación de las malas hierbas presentes en el cultivo, así como remover la capa superficial del suelo además de arrimarle tierra a las plantas para contribuir a la aereación del suelo y conservar la humedad, con la barrera que presentan los acolchados plásticos, la maleza o no se desarrolla o lo hace débilmente y al mismo tiempo al evitar la evaporación del agua de riego permite conservar la humedad del suelo evitando que se formen las costras que impiden el buen desarrollo de las raíces (Illic, 1992).

La utilización de plástico negro para acolchado de suelos proporciona un buen control de malezas alrededor de las plantas cultivadas. En ciertos casos, cuando el uso de herbicidas no es efectivo para el control de malezas, la aplicación de esta técnica proporciona una respuesta favorable a este problema.

Se ha afirmado también que los herbicidas bajo acolchado son más efectivos, debido a que el incremento en la humedad del suelo provoca una mejor distribución del material activo, además de no permitir la lixiviación del herbicida (Robledo y Martín, 1988).

Actualmente, algunos autores entre los que se encuentran Benoit y Ceustermans (1992) le dan un enfoque ecológico a la utilización del acolchado ya que

con ello se reduce el uso de herbicidas para la eliminación de malezas, con lo que se evita la contaminación atmosférica así como la contaminación del suelo y del agua al ser lixiviado el herbicida aplicado, esto también significa un ahorro económico en lo que respecta al costo del material químico así como el ahorro en mano de obra al suprimirse las aplicaciones de los herbicidas.

Materiales Utilizados para el Acolchado de Suelos

Entre los más utilizados se encuentran el PE y el PVC. El PE es el plástico por excelencia para usos agrícolas debido a lo favorable de su relación calidad/precio comparado con las relaciones correspondientes frente a otros plásticos más costosos. Una de sus principales características es la menor densidad que posee, es decir que es el que pesa menos por unidad de superficie. Es un derivado de la hulla y del petróleo, por lo que una característica para reconocerlo con facilidad es que cuando se quema, arde con facilidad, dando una llama viva y desprendiendo un olor a cera. Entre las características que se buscan en todos los plásticos, se debe de observar que cumplan con los objetivos esperados como son el incremento de la temperatura, el control de malezas, etc., así como que cumplan su período de uso predeterminado por su formulación en buenas condiciones y además que sea fácil de transportar, manejar e instalar (Rodríguez e Ibarra, 1991).

En resumen, se puede concluir que la elección del polietileno por los agricultores se debe tanto a su menor precio, como a la facilidad de adquisición en el mercado en las medidas y características deseadas, así como por su buen comportamiento térmico y su gran resistencia al desgarre (Robledo y Martín, 1988)

Otro de los materiales es el PVC que procede de derivados del petróleo como son el acetileno y etileno, es un material rígido por lo que es necesario añadirle plastificantes con el objeto de obtener láminas flexibles. Posee mayor poder de difusión que el PE así como mayor retención del calor nocturno (80 a 90 por ciento) por lo que no permite que se origine la inversión térmica.

Este tipo de material proporciona un mayor efecto de abrigo, pero su principal inconveniente, debido a su mayor densidad, es que su costo en comparación con el PE es mucho mayor, además de que fijan bastante el polvo en su superficie, lo que impide el paso de los rayos solares y otro gran inconveniente es su poca resistencia al desgarre una vez iniciado éste. El reconocimiento del PVC plastificado es fácil, pues al quemarlo produce vapores o humos de ácido clorhídrico, que además de ser tóxico, irritan las mucosas de la nariz y garganta (Rodríguez e Ibarra, 1991).

La mayor experiencia en el empleo de este tipo de películas está basada casi en su totalidad en el desarrollo de cultivos protegidos en Japón, los agricultores de este país lo han estado utilizando por más de cuatro décadas (desde 1951) tanto para cubiertas de invernaderos y túneles, así como para acolchados a pesar de existir otros productos para las mismas aplicaciones (Bueno, 1984)

Películas Convencionales

Las películas comúnmente utilizadas para acolchar son las negro opaco y las transparentes o incoloras. Las películas negro-opaco absorben todas las radiaciones solares, luminosas y térmicas, transmitiendo solo parte de estas últimas por

conducción a la capa superficial del terreno y por la noche el calor emerge del terreno acolchado con película negra más lentamente que cuando se ha recubierto con película transparente o cuando el suelo está desnudo. Debe tenerse en cuenta que en algunos casos la película negra se sobrecalienta debido a que absorbe rayos infrarrojos cortos y este excesivo calor puede quemar las partes vegetales que estén en contacto con las películas, así como también una irradiación excesiva puede dañar a las plantas jóvenes recién trasplantadas. La opacidad del plástico negro con respecto a las radiaciones visibles impide la fotosíntesis de las malezas, lo que ocasiona que éstas no se desarrollen impidiendo así una competencia con la planta por agua y nutrientes.

Las películas transparentes, en cambio, dejan pasar todos los rayos solares de la banda visible y los rayos infrarrojos cortos son absorbidos por el terreno, el cual se calienta. El fuerte calentamiento del terreno producido durante el día, se contrasta con un enfriamiento bastante rápido durante la noche o en períodos nublados, esta variación térmica bastante marcada puede influir negativamente sobre la producción. Cuando la radiación solar es fuerte, causa una considerable evaporación del agua del suelo, creándose una condensación en la cara inferior del plástico lo que provoca una disminución en la radiación solar reflejada. El paso de los rayos visibles permite también un desarrollo excesivo de malezas, que cuando son controladas debidamente, la película puede ser utilizada con éxito en todos los tipos de cultivo. Como la película transparente no absorbe calor más que en una mínima parte, no se corre el riesgo de quemar las partes de la planta que entren en contacto con ella (Guariento, 1983).

Películas con Características Especiales

En los últimos años las tendencias en investigación con materiales plásticos para uso agrícola se han enfocado a la búsqueda de nuevos materiales con el fin de optimizar rendimientos y eficiencia de los cultivos. Es a través de estas investigaciones que la industria polimérica ha introducido en las formulaciones de las películas para la agricultura diferentes aditivos como pigmentos (colores), pigmentos de interferencia que causan múltiple reflexión dando un efecto de brillo, filtros solares selectivos absorbentes y selectivos fluorescentes, así como también se han reducido los espesores de las películas para acolchado con el fin de abaratar los costos de las mismas. (Daponte y Verschaeren, 1994). Otro tipo de aditivos son los de tipo degradantes que se introducen en las cadenas poliméricas y mediante diversos procesos son capaces de iniciar la degradación de las películas.

Entre este tipo de películas con características especiales se encuentran las películas de bajo espesor, las películas degradables como lo son las fotodegradables y las biodegradables, las películas de liberación controlada y las películas fotoselectivas.

Películas de Bajo Espesor

Normalmente en México se utilizan películas para acolchado de suelos de 37.5 micras (μ) de espesor (calibre 150), por lo que en la actualidad en la industria del procesado ha estado desarrollando películas de bajo espesor, con lo que se logra un abaratamiento en costos de las películas, lo que hace posible su utilización en cultivos

básicos que de otra manera, con películas de calibres convencionales no es redituable aplicar esta técnica.

China es el país que maneja los espesores más bajos, siendo el espesor normal de la película 14 μ (calibre 56), mientras que sus películas de bajo espesor son de 8 μ (calibre 32), ellos prefieren estas últimas por razones económicas y las utilizan ampliamente para acolchado de cultivos básicos (Hanying *et al*, 1990).

En España, en los últimos años, se ha incrementado la superficie acolchada en el cultivo de algodón, considerándose que el 80 por ciento de las hectáreas destinadas a este cultivo en Andalucía, se acolcha con PE lineal de 12 μ (calibre 48) y de 0.7 m de ancho, mientras que para el cultivo de tomate y melón utilizan películas de 25 a 40 μ , (calibre 100 a 160), lo cual representa un consumo por hectárea de 100 a 120 kilos (Robledo, 1992).

Películas Degradables.

En todas las regiones donde se utilizan materiales plásticos para la producción agrícola, hay gran acumulación de estos materiales cada año representando esto un problema ecológico que a su vez obstaculiza las subsecuentes aplicaciones de las técnicas de agroplasticultura, ya que si no se retiran estos plásticos del campo impedirán realizar adecuadamente las labores de cultivo, obstruyendo además los implementos agrícolas e interrumpiendo el crecimiento de las plantas si los trozos de plástico interfieren en el crecimiento radicular, por lo que se hace indispensable la retirada de los plásticos del campo, lo que representa una

inversión adicional a los costos de producción, por lo que lo ideal sería contar con materiales que cumplieran con el propósito de la agroplasticultura y posteriormente se desintegraran por sí mismos en el campo (Gilead, 1990).

El interés de las investigaciones sobre las películas degradables se centra en la producción de películas que tengan las características ópticas exigidas por los cultivos, así como las propiedades mecánicas deseables en una película agrícola, pero además debe poseer una velocidad de degradación conocida y un precio atractivo desde el punto de vista económico. La vida efectiva de este tipo de películas depende de la radiación solar recibida y muy especialmente del microclima específico de la región en que se va a establecer.

La degradación de los polímeros puede efectuarse tanto por procesos fotodegradables como biodegradables. La fotodegradación puede causarse introduciendo grupos carbonilos en las cadenas poliméricas, los cuales son capaces de absorber radiaciones cercanas a los 300 nanómetros (nm), éstos son sensibilizados por la radiación solar o la atmosférica, pero no por la luz visible, mientras que la biodegradación se efectúa por la acción de microorganismos que atacan los gránulos de almidón que se adicionan al polietileno y son auxiliados por aditivos prodegradantes y autooxidativos que producen rupturas en la cadena polimérica en segmentos lo suficientemente pequeños para su posterior consumo por parte de los microorganismos (Wilder, 1990).

El país que más éxito ha tenido con la utilización de acolchados fotodegradables ha sido Israel, en cuyos campos se han empleado continuamente

acolchados con este tipo de películas por más de 15 años sin presentar acumulación de residuos plásticos (Gilead, 1990).

En la parte este y oeste de Oregon, en Estados Unidos se evaluaron tres formulaciones de plásticos fotodegradables opacos, dos formulaciones de plásticos transmisores de infrarrojo y se compararon con plásticos no degradables y con suelo desnudo en los cultivos de pimiento, tomate y sandía. Los resultados mostraron que todas las películas incrementaron la media de la temperatura del suelo con respecto al suelo desnudo, siendo las películas transmisoras de radiación infrarroja las que registraron la mayor temperatura, además todas las películas tuvieron buen control de malezas en las dos regiones, en tanto que las películas degradables se rompieron en pequeños trozos por lo que al final del cultivo se incorporaron al suelo sin ningún problema, aunque cabe mencionar que los acolchados bajo pimiento se degradaron más rápidamente que bajo los demás cultivos. Aunque la diferencia de producción entre acolchados no fue estadísticamente significativa, todos los acolchados superaron ampliamente a los cultivos en suelo desnudo (Hemphill y Clough, 1990).

En el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) se evaluaron en el cultivo de tomate cv Flora-Dade películas fotodegradables de color negro y transparente, comparándose contra películas convencionales de los mismos colores y contra suelo desnudo, encontrándose que las películas fotoselectivas no cumplieron con el tiempo de duración requerido por el cultivo, ya que iniciaron su rompimiento a los 22 días de exposición a la luz, encontrándose completamente degradada a los 30 días de exposición. En cuanto al rendimiento del cultivo, los acolchados negros, tanto el convencional como el fotodegradable

alcanzaron los mayores rendimientos con 60.6 y 61.3 ton/ha respectivamente, en tanto que las transparentes fotodegradables y convencionales registraron 58 y 53.5 ton/ha y el testigo solo logró un rendimiento de 51.5 ton/ha (Rodríguez, 1994).

Al evaluar películas fotodegradables de color negro y transparente con diferente porcentaje de aditivo y compararlas contra las películas convencionales negras y transparentes y contra suelo sin cubierta en el cultivo de melón se encontró que aunque las películas utilizadas se degradaron rápidamente, alcanzaron a proporcionar un efecto positivo sobre el desarrollo fenológico del cultivo, el rendimiento y la calidad del fruto así como también en la eficiencia en el uso del agua. Las películas fotodegradables negras con seis y cuatro por ciento de aditivos se encontraban rasgadas a los 55 días de exposición y se degradaron más rápidamente que las transparentes, siendo solo las películas convencionales las que duraron hasta finalizar el desarrollo del cultivo. En cuanto a rendimiento las películas negras fotodegradables fueron las que tuvieron mayor rendimiento, logrando 46.57, 45.05 y 44.98 ton/ha para las películas con cuatro, uno y dos por ciento de aditivo, mientras que las transparentes fotodegradables con uno, cuatro y dos por ciento de aditivo registraron rendimientos de 43.97, 43.78 y 39.32, en tanto que el testigo logró un rendimiento de 41.88 ton/ha. (García, 1994)

Al evaluar dos formulaciones de películas fotodegradables negras y transparentes en el cultivo de chile poblano cv. San Luis se encontró que estas películas proporcionan los mismos efectos que las películas convencionales para el buen desarrollo del cultivo, siempre y cuando éstas no se degraden prematuramente. Las películas negras tanto fotodegradables como convencionales promovieron en

general mayor diámetro de tallo, altura y cobertura de la planta, reflejándose esto en los rendimientos obtenidos que fueron: 23.38 ton/ha para el acolchado negro fotodegradable cuatro por ciento, mientras que para el negro convencional fue de 20.99, en tanto que la negra fotodegradable uno por ciento obtuvo 20.61, 18.01, 17.58, 14.81 y 12.02 ton/ha para la transparente convencional, transparente fotodegradable uno por ciento, testigo y transparente fotodegradable cuatro por ciento respectivamente (Martínez, 1996)

Películas de Liberación Controlada

Se ha desarrollado un tipo de película para acolchado en plástico plurilaminar, tiene propiedades únicas, dado que contiene dentro de la estructura del plástico los nutrientes básicos para las plantas. El nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) almacenado de esta forma se distribuye en forma controlada mediante diversos mecanismos. La película se compone de una resina hidrosoluble de diferentes pesos moleculares para que se disuelva en tiempos diferentes. Las láminas de esta resina también están revestidas de materiales a base de polímeros resistentes al agua con el objeto de retrasar la degradación y el ritmo de suministro, tanto de la matriz del polímero como de sus componentes. La película ha sido creada para suministrar las cantidades de N, P, K que precisan las plantas durante sus diversas fases de crecimiento. Las películas se pueden diseñar a medida para los diferentes cultivos con necesidades diferentes de N, P_2O_5 y K_2O a lo largo de sus etapas de crecimiento y cuyas exigencias son también diferentes al comparar unos cultivos con otros (Lahailh, 1992).

Al-Hajjar et al. (1990) encontraron que la emisión de nutrientes básicos estaba influenciada por los diversos aditivos en la composición de la capa hidrosoluble, las

velocidades de disolución están controladas por la cantidad y el tipo de materiales de revestimiento resistentes al agua y finalmente por las condiciones ambientales como la temperatura y el tipo de agua. Esta película se degrada al cabo de la temporada del cultivo, ofreciendo las ventajas normales de una película de acolchado que también controla la emisión de nutrientes.

Bajo estos mismos principios, se elaboran también películas con liberación controlada de fungicidas y pesticidas que son incorporados en la formulación de las películas y revestidos de resinas hidrosolubles que al irse degradando van permitiendo la emisión de los productos.

Películas Fotoselectivas

En los últimos años las tendencias en investigación con materiales plásticos para la agricultura se enfocan a la búsqueda de mayores rendimientos, así como a la efficientización de los recursos disponibles, por lo que con las películas fotoselectivas se aprovecha el efecto favorable que ciertas regiones de longitud de onda del espectro electromagnético (ciertos colores) promueven en la planta, la influencia de ciertas longitudes de onda fomentan cierta influencia en actividades vitales de la planta como son efectos en la fotosíntesis, morfogenéticos y de fotoperiodismo entre otros.

Los pigmentos tanto orgánicos como inorgánicos se utilizan ampliamente en la coloración de materiales poliméricos, por lo que su selección debe ser en función de los efectos sobre la fotoestabilidad del mismo, ya que algunos pigmentos por la

absorción de la luz pueden tener un marcado efecto protector y además fotocatalizar la degradación de los plásticos, siendo los tipos de degradación térmica y radioactiva en los que comúnmente se ven involucrados los pigmentos y su comportamiento depende de la naturaleza física y química del polímero y del pigmento, del medio ambiente en el que el sistema polímero-pigmento se utiliza y de la presencia de aditivos protectores como antioxidantes y estabilizadores de la luz U.V.

Una película fotoselectiva debe proporcionar al menos los mismos beneficios que las películas convencionales además de reflejar ciertas longitudes de onda que promuevan distintos efectos sobre la planta según sea el tipo de material que se esté utilizando y además debe cumplir con ciertas propiedades, entre las que se encuentran las ópticas como reflectancia y transmitancia, propiedades mecánicas tales como las propiedades de tracción (módulo y resistencia al punto de rompimiento) así como también deben tener las resistencias físicas apropiadas como son la resistencia al impacto, a la tensión, resistencia al rasgado y un porcentaje adecuado de estiramiento (Ramírez et al, 1992).

Propiedades de las Películas Fotoselectivas

Propiedades Ópticas

La transparencia es la propiedad que tiene un material de dejar pasar la mayor cantidad posible de radiaciones solares (visibles y no visibles), para acolchados es bueno que las películas tengan cierta permeabilidad a las radiaciones emitidas por el suelo y las plantas, con el objeto de aportar calor a la parte aérea de éstas durante la noche.

Esta luz que le llega a un material puede ser reflejada, absorbida, transmitida o dispersada. La reflexión son los rayos que no atraviesan el plástico sino que se reflejan hacia el exterior según el ángulo de incidencia y la propiedad reflectante del material de que se trate. La absorbancia es la propiedad que tienen los materiales para absorber un mayor o menor porcentaje de radiaciones, mientras que la transmitancia es la propiedad que tienen los materiales para difundir las radiaciones que pasan a través de un material obteniéndose como consecuencia una mejor repartición o difusión de la luz. (Robledo y Martín, 1988 y Serrano, 1990).

Las propiedades ópticas tales como la reflectancia y la transmitancia de películas fotoselectivas pueden verse afectadas por diversos factores como son, la condensación del agua, la presencia de materias extrañas y también por los procesos fotooxidativos inducidos por el envejecimiento. Los cambios en la morfología de la estructura polimérica debidos al envejecimiento también influyen sobre las propiedades ópticas.

La reflectancia de las películas fotoselectivas puede no ser afectada por los cambios estructurales en el polímero, debido a que la reflexión se lleva a cabo en la superficie del material por medio de múltiples reflexiones internas, de tal forma que la luz no penetra a través de la película. Sin embargo la luz transmitida si podría sufrir cambios debido a reacomodos en la estructura del polímero (Orona, 1994).

Los pigmentos se pueden clasificar en dos tipos, orgánicos e inorgánicos, éstos son más estables que los orgánicos en el procesamiento de los polímeros. Los pigmentos pueden dar lugar a efectos aceleradores o retardadores del

fotocomportamiento de los polímeros dependiendo del modo en que disipen la radiación ultravioleta (UV). Los pigmentos funcionan como estabilizadores ya sea absorbiendo o reflejando la luz dañina. Entre los pigmentos inorgánicos coloreados tenemos los óxidos de hierro, de cromo, de plomo rojo, los sulfuros de cadmio y el ultramarino-azul que son ampliamente utilizados en poliolefinas, así como entre los orgánicos se incluyen las ftalocianinas azul y verde, crinacridonas rojas, etc. Sin embargo, en comparación con muchos pigmentos blancos, los coloreados muestran una pobre reflectancia a la luz UV, por lo que para reflejar cualquier cantidad apreciable sin disipaciones internas, las concentraciones del pigmento deben ser suficientemente altas para confinar la absorción de la luz por el polímero a la superficie inmediata (Orona, 1994).

El uso de los pigmentos inorgánicos opacos permite la obtención de películas fotoselectivas con propiedades ópticas que permiten obstruir la transmisión de luz visible al suelo evitando el crecimiento de malezas, además de permitir la reflexión de la radiación solar en determinadas longitudes de onda hacia el follaje del cultivo para promover efectos específicos en las plantas (Ramírez et al, 1992).

Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas de los materiales poliméricos dependen fundamentalmente de su composición y estructura, sin embargo existen otros factores que influyen en las mismas y son principalmente, el tiempo, la temperatura y la humedad. Los polímeros presentan un comportamiento gobernado enteramente por su carácter viscoelástico, por lo que el análisis del comportamiento mecánico de los

polímeros permite una aproximación muy detallada para la caracterización de estos materiales en diversos campos como la determinación de cambios estructurales por tratamientos fotorradiactivos.

Las propiedades de tracción (módulo y resistencia en el punto de rompimiento) se determinan en condiciones definidas, ya que carecen de sentido cuando no se precisa la velocidad de aplicación de la carga en función del tiempo.

Entre las propiedades mecánicas que se esperan que tengan las películas fotoselectivas son, entre otras, que tengan un calibre (grosor) uniforme y exacto, tener las resistencias físicas apropiadas, tales como la resistencia al impacto, resistencia a la tensión, porcentaje de estiramiento tanto en dirección largo como ancho y resistencia al rasgado (Orona, 1994).

Cambios Estructurales en las Películas

Los pigmentos y los aditivos juegan un papel preponderante en la película, ya que sin una calidad exacta de los mismos, su correcta y uniforme dispersión, la película no cumplirá con los fines esperados, ya que la película tendrá "lagunas" en las áreas sin soporte perfecto de aditivos y/o pigmentos y justo en estos lugares es donde se inician las fallas, ya sea en la durabilidad de la película o en sus efectos de transmisión de calor o bloqueo de la radiación solar, causando gastos y complicaciones debido a que las plantas reaccionarán en menor proporción al efecto del plástico, afectando directamente los rendimientos, como por ejemplo, cosechas

más pobres y gastos adicionales en labores de deshierbe en las zonas de deterioro de las películas. Exportadora de Plásticos Agrícola, S.A. de C.V. (EPA, 1992).

Respuesta de las Plantas a los Acolchados Fotoselectivos

Calidad de la Luz

La luminosidad tiene una importancia decisiva 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 nutrimentos 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, sino también de la calidad de 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).

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 más de 50,000 lux (unidad de iluminación que es igual a la cantidad de luz que recibe normalmente un metro cuadrado de superficie de una esfera de un metro de radio cuando se coloca en su centro un foco luminoso cuya intensidad sea de una bujía).

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 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 en la sombra, que sí produce auxina, razón por la cual los tallos se arquean y parece que buscan la luz (Serrano, 1990).

Las células sensitivas (fotorreceptoras) para captar la energía radiante se encuentran como pigmentos, llamados fitocromos, éstos pueden dividirse en dos categorías de acuerdo a su función fisiológica: pigmentos fotosintéticos y pigmentos fotomorfogénicos. Los pigmentos fotosintéticos realizan la captura de la energía radiante, la cual es transformada en energía química y azúcar a través de los procesos de fotosíntesis, en cambio la función de los pigmentos fotomorfogénicos es la percepción de longitudes de onda específicas de luz (roja, roja lejano y azul) como indicadores del ambiente de la planta y en la regulación y desarrollo de la misma

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, el fototropismo y elongaciones del hipocotilo (Decoteau y Friend, 1991).

Influencia Espectral en la Fisiología de la Planta

Daponte and 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 el responsable de

muchas respuestas fisiológicas de la planta, tal y como se puede observar en el cuadro 2.2.

Los datos del siguiente cuadro están basados en observaciones hechas por cuatro diferentes autores: Torres, Daponte y Verschaeren y por último Bueno, quienes reportan lo siguiente.

Torres (1984) trabajó en túneles con cubiertas de colores utilizadas como filtros para emitir diferentes longitudes de onda en los cultivos de tomate, chícharo y rábano en la Estación Agrometeorológica de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en tanto que los datos reportados por Daponte y Verschaeren (1994) fueron tomados como base para la elaboración de nuevas películas de etilen vinyl acetato (EVA), las cuales usarán como alternativa la influencia espectral para combinarse con la genética de las plantas o el control de plagas.

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 los 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.

Cuadro 2.2. Calidad y efectos de la radiación solar

Banda o color en el espectro	Longitud de onda en nm	Sensibilidad espectral del ojo humano	Influencia en la fisiología de la planta
UV-A UV-B ultravioleta	De: 280 a: 315	Invisible Invisible	* Detrimental influencia sobre las plantas ^{1,3} * Influencia en los procesos morfogénéticos y fisiológicos ²
Violeta	De: 315 a: 380	1%	* Efecto detrimental sobre las plantas ¹ * Influencia en el fotoperiodismo ^{1,2} * Ligera absorción por la clorofila ² * Inhibición de la elongación celular ² * Optimo para la germinación, tamaño de hojas, fotosíntesis y enraizamiento ³ * Buen efecto para el crecimiento de tallos ³
Azul Azul oscuro	De: 380 a: 500	1% 21%	* Asimilación de CO ₂ ¹ * Cambios en la viscosidad protoplasmática ¹ * Gran absorción por la clorofila y carotenoides ² * Gran influencia en la fotosíntesis ² * Optimo para germinación, enraizamiento y tamaño de hojas y bueno para el crecimiento de tallos ³
Verde	De: 500 a: 550	21% 67%	* Asimilación de CO ₂ ¹ * Baja absorción por los pigmentos ² * Buen efecto en fotosíntesis ³ * Regular efecto en germinación, enraizamiento, crecimiento de tallos, tamaño de hojas ³
Amarilla	De: 550 570 a: 590	67% 98% 81%	* Asimilación de CO ₂ ¹ * Incremento en vigor, tamaño y calidad de frutos ¹ * Baja absorción por los pigmentos ² * Regular efecto en germinación, enraizamiento, crecimiento de tallos, tamaño de hojas ³ * Buen efecto en fotosíntesis ³
Anaranjada	De: 600 a: 630	57% 44%	* Asimilación de CO ₂ ¹ * Efecto en la germinación y crecimiento de plantas y brotes jóvenes ¹ * Baja absorción por la clorofila y gran influencia en fotosíntesis y fotomorfogénesis ² * Bueno para enraizamiento y tamaño de hojas ³ * Optimo para germinación, fotosíntesis y crecimiento de tallos ³
Roja	De: 630 a: 760	44% 8%	* Germinación de semillas y asimilación de CO ₂ ¹ * Baja absorción por la clorofila y gran influencia en fotosíntesis y fotomorfogénesis ² * Bueno para enraizamiento y tamaño de hojas ³ * Optimo para germinación, fotosíntesis y crecimiento de tallos ³
IR-A IR-B	1400 3000	Invisible Invisible	* La energía absorbida es convertida en calor ^{1,2} * Necesario para conservar el calor ³

Fuente: Torres, 1984¹, Daponte y Verschaeren, 1994² y Bueno, 1984³

Resultados de Investigación con Películas Fotoselectivas

En un experimento llevado a cabo en la estación Agrometeorológica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio en 1983 se evaluaron diferentes colores de cubiertas o filtros de invernadero, la calidad de la luz filtrada se evaluó en un espectroscopio de red. Los tratamientos fueron: filtros de PE: anaranjado, amarillo, verde, azul y transparente en el cultivo de tomate, siendo el objetivo principal de este estudio la evaluación de las posibilidades de producir hortalizas en pequeños invernaderos que filtren la luz solar, en un rango de longitudes de onda más conveniente para los cultivos. De acuerdo con los resultados se obtienen plantas más grande y vigorosas en invernaderos con cubierta amarilla, se registran cambios menores de temperatura, por lo que se reduce la caída prematura de flores y se tiene un uso más eficiente del agua que cuando se utilizan cubiertas convencionales (transparentes), pudiendo duplicar la producción obtenida correspondiente al mismo volumen de agua utilizado. Los rendimientos fueron de 8.750, 6.290, 5.507, 3.524 y 3.490 kg/m² para las cubiertas amarilla, transparente, anaranjada, azul y verde respectivamente. (Torres, 1983).

Brown et al. (1991) evaluaron el rendimiento del cultivo de tomate cv. Mountain Pride bajo acolchado plástico de colores (negro, transparente, blanco, rojo, café, verde y aluminizado) comparados contra un testigo (sin acolchado) y encontraron que las plantas que crecieron bajo acolchado verde o aluminizado produjeron los frutos de mayor peso comercial que las de los tratamientos negro y blanco, mientras que las plantas que crecieron bajo los demás colores y las del testigo tuvieron rendimientos intermedios. El 55 por ciento de la cosecha precoz la produjo el tratamiento con acolchado negro.

Decoteau and Friend (1991) mencionan que el acolchado plástico de colores afecta la luz ambiental de la planta al alterar la composición de longitudes de onda y la cantidad de radiación reflejada desde la superficie del acolchado al entorno de la planta, influenciando de este modo el crecimiento y desarrollo de la misma. Los autores sugieren que esta respuesta de crecimiento de la planta se lleva a cabo mediante la acción del fitocromo que capta las longitudes de onda de los acolchados selectivos.

Los plásticos reflectivos también se han utilizado para el control de virosis, Henshaw *et al.* (1991) compararon acolchados plásticos reflectivos de diferentes colores contra suelo desnudo durante un período de dos años. Los tratamientos fueron: suelo desnudo, suelo desnudo + insecticida, acolchado reflectivo plateado, acolchado reflectivo plateado + insecticida, acolchado amarillo, negro, blanco, negro con franjas amarillas y negro con franjas plateadas. Los acolchados reflectivos plateados con y sin insecticida tuvieron mejores rendimientos que los tratamientos de suelo desnudo con y sin insecticida, mientras que los demás colores tuvieron efectos intermedios cuando se compararon con los tratamientos antes mencionados. Las poblaciones de áfidos se redujeron al utilizar el acolchado, siendo los acolchados plateados con y sin insecticida significativamente mejores que los demás acolchados. Los síntomas de enfermedad se retrasaron al utilizar el acolchado hasta en 14 días en comparación con los tratamientos de suelo desnudo.

Zarka (1992) ha trabajado durante varios años en pruebas con películas fluorescentes sobre diversos cultivos, al principio de las estaciones y en diferentes climas encontrando una reacción de lo más positiva de los cultivos investigados con

películas fluorescentes. Estas reacciones varían en intensidad según los cultivos, las estaciones y las regiones geográficas. Actualmente se encuentra investigando con películas a las cuales les han incorporado filtros absorbentes y reflectantes destinados a la lucha contra las afecciones patológicas de las plantas. Si se consigue irradiar las plantas con una calidad de luz que responda a sus necesidades, se podrá dirigir su crecimiento según nuestras exigencias, pero apenas se entrevé la precisión con la cual la luz controla el crecimiento, desarrollo y el envejecimiento de las plantas, por lo que este proceso es aún un desafío fundamental para la agricultura en general, y la plasticultura en particular.

Campos et al. (1992) encontró que en el cultivo de pepino al utilizar plásticos de color rojo y negro comparados contra un testigo se logra una anticipación en el inicio a cosecha de siete días para los tratamientos acolchados, independientemente del color utilizado, en cuanto a la productividad del cultivo, el tratamiento con plástico rojo superó al negro y al tratamiento sin plástico al obtener rendimientos de 60.2, 47 y 42 ton/ha para los tratamientos con acolchado rojo, negro y testigo respectivamente.

Para evaluar las películas fotoselectivas de PVC en el cultivo de sandía, Linares (1993) utilizó los colores blanco, verde, rojo, amarillo y azul reportando a través de sus resultados que con la película blanca se obtuvieron los mejores resultados en los parámetros de diámetro de tallo, longitud de planta, precocidad y rendimiento total, mientras que la película que tuvo mayor porcentaje de radiación reflejada fue la amarilla, siguiéndole en orden la blanca con la cual se logró una precocidad de 12 días con respecto al testigo, mientras que en rendimiento, con esta misma película se logró un incremento del 305 por ciento (51.1 vs 12.6 ton/ha).

Resultados similares fueron los que obtuvo Lara (1993) al utilizar las mismas películas con la diferencia de que el cultivo a evaluar fue el del pimiento morrón.

Al cultivar chile Anaheim bajo condiciones de acolchado plástico con películas fotoselectivas con el objetivo de observar el efecto de éstas sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo, así como determinar la dosis óptima de fertilización en campo abierto se evaluaron los siguientes tratamientos: A) Niveles de fertilización: A₁) 160-80-80, A₂) 180-90-90 y A₃) 200-100-100 y B) Películas fotoselectivas: B₁) PE azul, B₂) PE verde, B₃) PE negro y B₄) Testigo. Los resultados obtenidos muestran que los tratamientos acolchados fueron significativamente diferentes en relación al testigo en los caracteres diámetro de tallo, altura de planta, cobertura e inicio a cosecha. Al utilizar el acolchado de suelos se anticipó la cosecha en promedio 21 días con respecto a los no acolchados, incrementó la producción en 17.027 (119.14 por ciento), 17.864 (132.71 por ciento) y 14.696 ton/ha (96.64 por ciento) en los tratamientos con acolchado de suelos con PE azul y los niveles de fertilización A₁, A₂ y A₃ respectivamente (Flores, 1993).

Gómez (1994) utilizó la técnica de acolchado con películas fotoselectivas en el cultivo de calabacita para determinar su efecto sobre el rendimiento del cultivo, para tal motivo utilizó polietileno de baja densidad (PEBD) en los colores negro, transparente, ladrillo o rojizo, coextruido (blanco/negro), negro embosado o grabado y PVC amarillo para compararlos contra un testigo sin acolchar, encontrando un mejor comportamiento en los acolchados de color rojizo ya que presentaron un mayor rendimiento así como una mejor eficiencia en el uso del agua y los nutrimentos.

MATERIALES Y METODOS

Localización del Sitio Experimental

El presente trabajo se realizó durante el ciclo primavera verano de 1994 en el Campo Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), que se encuentra localizado al Noreste de Saltillo, Coahuila, dentro de las coordenadas geográficas 25° 27' latitud Norte y 101° 02' longitud Oeste, con una altitud de 1610 metros sobre el nivel del mar.

Clima

De acuerdo a la clasificación de Köepen el clima se define como BSoK (x') (e) y conforme a la modificación hecha por García (1988) para la República Mexicana, significa:

BSo = Es el clima más seco de los BS, con coeficiente de P/T de 22.9

K = Templado, con verano cálido, siendo la temperatura media anual entre 12 y 18°C.

(x') = Régimen de lluvias intermedio, repartido entre verano e invierno, con una precipitación anual de 320 mm, siendo los meses más lluviosos los comprendidos entre julio y septiembre, acentuándose en el mes de julio, La evaporación promedio mensual es de 178 mm, siendo la evaporación más intensa en los meses de mayo a junio con 236 y 234 mm respectivamente.

Suelo

Gómez (1994) reporta que el pH del suelo del sitio experimental es de 8.1 clasificándose como un suelo medianamente alcalino, con un contenido porcentual de materia orgánica de 2.38, lo que lo hace medianamente rico. Presenta una conductividad eléctrica de 3.7 milimhos por centímetro, significando esto que el suelo es ligeramente salino, siendo la cantidad de macroelementos presentes de:

Nitrógeno total	0.119 por ciento (medianamente pobre)
P aprovechable	37.35 kg/ha (mediano)
K intercambiable	135 kg/ha (muy pobre)
Carbonatos totales	40 por ciento (muy altos)

El contenido de arcilla es de 42.00 por ciento, el de limo es de 45.40 por ciento y el de arena 12.60 por ciento, siendo clasificado como un suelo limo-arcilloso

Aviña (1995) reporta que la capacidad de campo para los estratos de 0-20 cm y de 20-40 cm es de 28 por ciento, el punto de marchitez permanente para ambos estratos es de 15.22 por ciento, mientras que la densidad aparente para el estrato de 20-40 cm es de 1.25 g/cm³ y para el estrato de 0-20 cm es de 1.26 g/cm³

Diseño Experimental

El trabajo consistió en la caracterización agronómica de películas fotoselectivas de PE y PVC en el cultivo de chile Anaheim variedad TMR-23. El

experimento se llevó a cabo bajo un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones.

Los tratamientos evaluados fueron:

PE Blanco	(PEB)	Procesada en CIQA
PE Amarillo	(PEAm)	“ “
PE Azul	(PEA)	“ “
PE Verde	(PEV)	“ “
PE Rojo	(PER)	“ “
PE Café	(PEC)	“ “
PE Negro	(PEN)	Película comercial (Testigo convencional)
PVC Gris-Humo	(PVCGH)	“ “
PVC Blanco-Opaco	(PVCBO)	“ “
PVC Rosa	(PVCR)	“ “
Testigo	(T)	Sin cubierta (Testigo absoluto)

El polietileno negro se consideró como testigo de los acolchados o testigo convencional ya que es la película que tradicionalmente se utiliza para acolchar, esto con el fin de poder valorar la eficiencia de la técnica del acolchado al utilizar películas con características especiales, para este caso en particular, las películas fotoselectivas, como testigo absoluto se consideró el suelo sin cubierta plástica y solo para tener una referencia del comportamiento del suelo desnudo con respecto al suelo acolchado, ya que es bien conocido que como técnica da muy buenos resultados.

El procedimiento para la revisión de los resultados fue mediante análisis de varianza, aplicando un diseño de bloques al azar. Se utilizó la Prueba de Tukey en las variables: inicio de floración, índice de área foliar, peso seco de hoja, número de frutos/planta/corte, número de frutos total/planta, peso de fruto/planta/corte y producción total, para radiación y temperatura, los resultados se presentan gráficamente.

U. N. A. S. A.

T05370

Establecimiento del Experimento

Siembra del Almacigo

Esta actividad se realizó en el mes de febrero, 1994, para lo cual se utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades y como sustrato se utilizó Peat Moss, el cual fue debidamente desinfectado para que la semilla no tuviera problemas una vez que hubiera emergido.

El material vegetativo fue semilla de chile Anaheim TMR-23 de la Casa Comercial Petoseed con las siguientes características: 74 a 76 días a maduración, con frutos de paredes delgadas y de color verde brillante a rojo y con un tamaño de 19 x 5 centímetros y es menos pungente que el Anaheim M.

Una vez realizada la siembra en las charolas para la producción de plántula, éstas se introdujeron en un invernadero semicircular con sistema de calefacción y ventilación para mantener constante la temperatura mínima en 25 °C y la máxima en 35 °C para acelerar la germinación y no permitir bajas temperaturas nocturnas que podrían favorecer el ataque de hongos, además de evitar el cero vegetativo del cultivo.

Las actividades realizadas durante el transcurso desde la siembra del almacigo hasta trasplante fueron, mantener las condiciones de sanidad y humedad necesarias para que las plántulas crecieran sanas y vigorosas asegurando de este modo, en lo posible, un buen establecimiento una vez trasplantadas.

Preparación del Terreno

Finalizado el ciclo del cultivo (1993), y habiendo retirado el plástico y desalojado todo residuo del cultivo anterior, al terreno se le dio un barbecho profundo y se dejó el suelo expuesto para que los pájaros pudieran levantar las posibles larvas que se encontraran en el suelo. En marzo de 1994 se hizo la preparación del terreno con el apoyo de un tractor John Deere, se realizó un barbecho y dos pasos de rastra con el fin de que el terreno estuviera lo mejor mullido posible para evitar que cuando se realizara el acolchado, el plástico se rasgara.

Trazo del Experimento

Se realizó el 1 de abril de 1994, y éste consistió primero en delimitar el ancho y largo del experimento y posteriormente se marcaron las camas y los pasillos con ayuda de cinta de medir, estacas de madera y rafia de polipropileno.

Las camas se espaciaron 1.30 m, con una altura aproximada de 0.25 m, la distancia entre plantas fue de 0.30 m, obteniéndose 25,640 plantas por hectárea. Cada unidad experimenta constó de tres camas con una longitud de 5 m, utilizando la central como parcela útil, con un total de 12 plantas.

La razón de tener este marco de plantación es la de poder contar con un área mayor en la superficie acolchada de la cama para que de este modo hubiera mayor radiación reflejada de los plásticos fotoselectivos hacia las plantas.

La razón de tener este marco de plantación es la de poder contar con un área mayor en la superficie acolchada de la cama para que de este modo hubiera mayor radiación reflejada de los plásticos fotoselectivos hacia las plantas.

Instalación del Sistema de Riego

Posterior al levantamiento de camas, se procedió a la instalación del sistema de riego el día 20 de abril, para lo cual se utilizó cinta de riego T-tape con goteros cada 30 cm y con un gasto de 490 litros por hora por cada 100 m lineales, a una presión de operación de 8 psi. Se colocó una línea de cinta de riego por cada hilera de plantas, la cual se conectó a un "tubing" por medio conectores de tipo "omni" y de éste a la línea principal de distribución de riego (poliducto de PE de 1 pulgada de diámetro), para el suministro de agua en los tratamientos de estudio se emplearon válvulas de esfera de una pulgada de diámetro.

La frecuencia y lámina de riego, se determinaron en base a la metodología de tanque tipo "A", que define el momento oportuno del riego en función de la evaporación diaria, un coeficiente de tanque y un coeficiente de cultivo (kc), aplicado según la etapa de desarrollo del cultivo. Esta metodología se empleó tanto en el testigo como en los tratamientos acolchados, con la diferencia de que en estos últimos se consideró un factor de ajuste de 0.8 por efecto de acolchado, recomendado por Veschambre y Vayasse (1980). Los kc del cultivo fueron de 0.4, 0.75, 1.1, y 0.95 para la etapa inicial (1-30 días después del trasplante, ddt), de desarrollo del cultivo (31-60 ddt), etapa intermedia (61-95 ddt) y etapa final del cultivo (96 ddt en adelante) respectivamente.

Fertilización

La fertilización utilizada para los tratamientos acolchados fue 180-90-90 y para el testigo la fórmula 200-100-100 de NPK, estas formulaciones aplicadas están basadas en resultados de investigaciones precedentes en las que se determinó que son las más sobresalientes (Flores y Ventura, 1992), quienes trabajaron con diferentes dosis de fertilización, y determinaron que el acolchado y el testigo manifiestan su mayor rendimiento con las dosis antes mencionadas. Esto también tiene como propósito el ponerlos a competir en igualdad de condiciones de nutrimentos sin que se predisponga ningún beneficio en favor de cualquiera de los tratamientos.

Las fuentes de fertilizante utilizadas fueron nitrato de amonio, nitrato de potasio y ácido fosfórico. La fertilización se aplicó en forma fraccionada cada tercer día, a partir del trasplante y durante todo el ciclo vegetativo, mediante el sistema de riego y con la ayuda de un inyector Mazzei modelo 584 para dosificar la fertilización.

Acolchado de suelo

Se realizó el 21 y 22 de abril, consistiendo en la colocación manual de las películas fotoselectivas sobre las camas. Una vez colocado el plástico y anclado en sus extremos y laterales con tierra, se procedió a perforarlo a lo largo de la cama y en la parte central de la misma a una distancia entre perforaciones de 0.30 m con un tubo de dos pulgadas de diámetro, el cual se calentó previamente, para que sellara la perforación y evitar así el rasgado de la película en el área circundante a la perforación.

Trasplante

Se llevó a cabo el 28 de abril, se irrigó el suelo y se aplicó el fungicida pentacloronitrobenzeno, PCNB, con mochila en cada una de las perforaciones donde se colocó cada planta, el riego de establecimiento del cultivo se hizo hasta que el suelo alcanzó humedad a capacidad de campo en la zona radicular y desde este momento se inició la fertirrigación en base a los requerimientos de suministro de agua del cultivo y con el criterio de dosificación de fertilizantes, previamente mencionado, lo anterior inició cuando las plantas presentaron su "amarre".

Labores Realizadas

Las labores realizadas al cultivo fueron en general deshierbes parciales en los tratamientos acolchadas y totales en el testigo además se realizaron aporques en los tratamientos de suelo desnudo. Se llevó a cabo un control fitosanitario preventivo semanal en la totalidad de los tratamientos. Las aplicaciones se hicieron en forma manual con una aspersora de mochila de 19 litros de capacidad.

Variables Evaluadas

Fenología

Para la evaluación de fenología se tomaron los datos inicio de floración, cosecha y final de cosecha. Para llevar a cabo esta valoración, el criterio para inicio y

final de cosecha se consideró que el 50 por ciento o mas de la población evaluada en cada tratamiento presentara la característica que se estuviera apreciando. En el caso particular de floración, la valoración se hizo a los 40, 42, 43, 46, 47 y 48 ddt.

Para evaluar el porcentaje de floración, se convirtieron los datos de días a inicio floración a porcentajes, para cumplir con las asunciones del análisis de varianza se transformaron por arcoseno, ya que como es conocido los datos de porcentaje no se distribuyen como una normal (Snedecor y Cockran, 1989).

Cosecha

El primer corte se realizó el 7 de julio en todos los tratamientos acolchados mientras que en el testigo absoluto o tratamientos sin cubierta plástica el primer corte se realizó siete días después, el 14 de julio, los cortes siguientes se realizaron semanalmente, evaluándose la producción por corte y total en base al número y peso de los frutos, para lo cual se utilizó un báscula de reloj con una capacidad de 20 kg.

Indice de Area Foliar y Peso Seco

Para poder reportar esta variable fue necesario conocer el área foliar y el área del suelo de los tratamientos evaluados, por lo que se realizó un muestreo de plantas en la etapa de desarrollo del cultivo, a los 54 días después del trasplante (ddt). Se tomaron tres plantas por cada tratamiento para la determinación del área foliar mediante un medidor de área foliar AT Delta-T Devices, el cual posee una tarjeta de captura de imagen que se instala en un ordenador y se controla mediante una

computadora. Posee además una unidad automática en la cual son proyectadas las hojas mediante una cámara de video al monitor de la computadora pasando las lecturas automáticas, cuyos datos se pueden almacenar para la suma total por tratamiento y posteriormente para la realización del análisis estadístico. Se realizó un único muestreo de plantas, llevándose a cabo del 21 al 25 de junio de 1994.

Con los datos del área foliar y el área del suelo se calculó el índice de área foliar mediante la siguiente fórmula:

$$IAF = \frac{\text{Area Foliar}}{\text{Area del Suelo}}$$

Se determinó peso seco de las hojas a las que se les midió el área foliar. Una vez que se pasaron las hojas por la banda transportadora para la evaluación del área foliar, se ordenaron las hojas en bolsas de papel estraza etiquetadas de acuerdo a cada uno de los tratamientos y se llevaron a una estufa de aire caliente marca Felisa donde se pusieron a secar a 70°C durante 48 horas, tiempo en que alcanzaron peso seco constante.

Radiación Fotosintéticamente Activa

La radiación se tomó durante 12 horas (de las 7 de la mañana a las 7 de la tarde), y se llevó a cabo en dos ocasiones, los días 1 de junio y 4 de julio. La radiación se determinó en forma instantánea mediante sensores del tipo Pyranometer de LI-COR Co. para medir la radiación total, mientras que la radiación

fotosintéticamente activa (RFA) se midió con sensores de tipo Quantum, ambas lecturas se almacenaron en un equipo Data-Logger LI 1000 de LI-COR Co, posteriormente el almacenador de datos se conectó a la computadora para registrarlos en un archivo para poder ordenarlos por tratamiento y por repetición para su posterior análisis gráfico.

Temperatura del Suelo

Se evaluó la temperatura del suelo a dos profundidades: 15 y 30 cm en todos los tratamientos y en dos fechas de lectura, 1 de junio y el 4 de julio. Las determinaciones de temperatura, se hicieron con un Microvoltímetro de punto de rocío HR-33T Dew Point de Wescor y termopares del tipo PST-55-30 (Wescor).

Para la colocación de los sensores en cada tratamiento, se hicieron los hoyos con una varilla, a la que se le midió con anterioridad la profundidad deseada, se colocaron los sensores separados entre sí 20 cm aproximadamente, procurando que quedaran bien fijos con tierra y evitar se movieran.

Eficiencia de Nutrientos

Para calcular esta variable entre los tratamientos estudiados se evaluó la eficiencia de los nutrientes por tratamiento, tomándose en cuenta los kilogramos de fruto producidos por kilogramo de nutriente aplicado.

Eficiencia en el Uso del Agua

Para la evaluación de esta variable se relacionaron los kilogramos de fruto producidos por metro cúbico de agua aplicado, lo que dio como resultado la eficiencia en el uso del agua en cada uno de los tratamientos estudiados.

RESULTADOS

Fenología

Porcentaje de Floración

Los tratamientos con acolchado registraron el inicio de floración a partir de los 40 días después del trasplante (ddt), el testigo absoluto representado por T, inició la floración 42 ddt.

Las evaluaciones se realizaron a los 40, 42, 43, 46, 47 y 48 ddt, encontrándose en los análisis de varianza que solo para las dos primeras evaluaciones existe diferencia estadística entre tratamientos, en las evaluaciones de los 43 a los 48 ddt no hubo diferencia entre tratamientos, por lo que no se procedió a realizar la prueba de separación de medias.

Los tratamientos con películas de PE alcanzaron el 50 por ciento de la floración a los 46 ddt, mientras que los de PVC lo lograron a los 47 ddt, a excepción del PVCR y el T que tardaron más de 49 ddt para alcanzar dicho porcentaje (cuadro 4.1). Entre los tratamientos con películas de PE destacan el PEA y el PEB, ya que fueron los primeros en alcanzar el 50 por ciento de la floración, seguidos por los tratamientos PEV, y PEN, mientras que entre los tratamientos que más se rezagaron se encuentran, además del testigo, los PVC's, con la particularidad de que el

tratamiento PVCB registró el inicio de la floración junto con los tratamientos PEN y PEV, sin embargo no registró el 50 por ciento de la floración con la misma rapidez que los PE's, sino que se retrasaron al igual que el T (datos sin transformación por arcoseno)

Si consideramos el tratamiento PEN como el testigo convencional (testigo de los acolchados, que es el que tradicionalmente se utiliza) podemos observar que el tratamiento PEB lo superó, mientras que el PVCBO tuvo el mismo comportamiento que el testigo convencional a los 48 ddt (datos no mostrados).

Cuadro 4.1. Porcentaje de floración a diferentes días después del trasplante en plantas de chile Anaheim con películas foselectivas (datos transformados por arcoseno)

Tratamientos	Días después del trasplante					
	40	42	43	46	47	48
PEV	21.43 a	32.20 a	35.23	45.22	55.74	66.90
PEAm	20.60 a	29.45 a	32.02	40.79	50.74	62.97
PVCR	19.60 a	24.84 ab	28.27	33.44	38.83	43.96
PEN	19.50 ab	22.02 ab	30.22	45.26	60.28	71.92
PER	19.39 ab	29.72 a	32.90	41.50	49.99	61.89
PEC	18.95 ab	26.31 ab	31.34	41.35	50.71	63.05
PEA	18.36 ab	23.52 ab	32.09	47.58	65.99	70.22
PEB	17.81 ab	26.88 ab	32.08	45.93	62.65	74.83
PVCGH	16.19 ab	23.89 ab	26.02	38.92	49.05	60.10
PVCBO	10.88 ab	22.95 ab	26.47	39.91	52.01	66.06
T	0.00 b	5.89 b	11.93	24.75	34.22	42.80
Tukey (0.05)	19.55	22.83	N.S	N.S.	N.S.	N.S.
C.V. (%)	47.85	38.14	30.12	22.16	29.02	29.22

Tratamientos con la misma literal no difieren significativamente entre sí al 0.05 de probabilidad
N.S. = No significancia

En la Figura 4.1 se muestran los resultados de porcentaje de floración de manera que se puedan apreciar los cambios que ocurren cuando se emplea acolchado plástico. Los datos mostrados son la transformación hecha por arcoseno a los valores reales del porcentaje de floración 48 ddt.

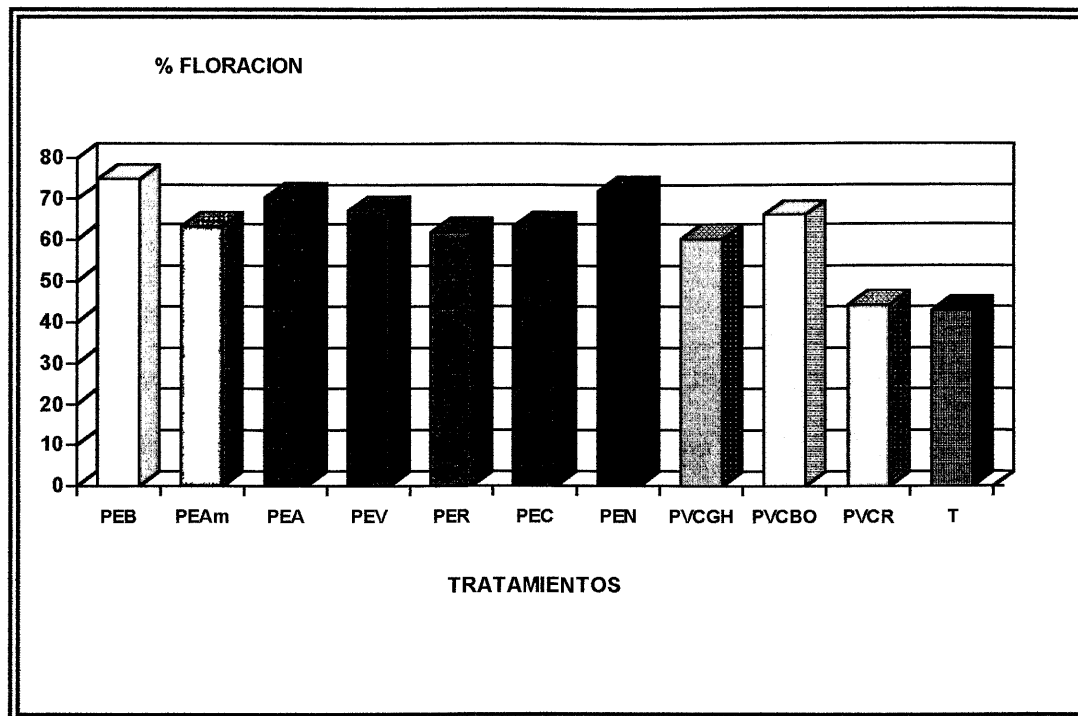


Figura 4.1. Porcentaje de floración alcanzado a los 48 ddt en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994

Indice de Area Foliar y Peso Seco

Con los datos de área foliar y superficie del suelo se determinó el índice de área foliar (IAF), y una vez obtenidos se analizaron estadísticamente, encontrándose diferencias altamente significativas entre tratamientos, cuadro 4.2, al realizar la prueba de medias, Tukey, se observa que todos los tratamientos acolchados son estadísticamente iguales y solo diferentes al tratamiento sin cubierta plástica, siendo el tratamiento acolchado, PVCBO el que registró el menor IAF, con un valor de 0.8782, mientras que T muestra un valor de 0.3527 para esta misma variable.

Entre los tratamientos acolchados, el que destaca con mayor IAF es el tratamiento PER con un valor de 1.2257, seguido por el PEN con un valor de 1.1612,

al comparar los acolchados fotoselectivos contra el testigo convencional (PEN) se puede observar un comportamiento estadísticamente igual entre los tratamientos fotoselectivos de PVC y PE a excepción del PER que fue el que registró el mayor valor.

En el cuadro 4.2 se observan dos grupos de IAF, el primero está representado por aquellos que mostraron valores mayores que uno (PER, PEN, PEC, PEV, PVCB, PEB y PVCGH) y un segundo grupo cuyos valores de IAF fueron menores que uno, que presentaron valores desde 0.3527 hasta 0.9694, incluyéndose en este segundo grupo el testigo.

Con el fin de poder apreciar mejor estos resultados, se ilustra con la Figura 4.2 el IAF obtenido en cada uno de los tratamientos evaluados con películas fotoselectivas a los 48 días después de efectuado el trasplante en el cultivo de chile Anaheim.

El peso seco, dio como resultado diferencias altamente significativas entre tratamientos acolchados respecto al testigo, lo que significa que los tratamientos acolchados son estadísticamente iguales entre si, pero diferentes al testigo, presentando valores desde 4.327 gramos por planta para el tratamiento PVCB, menor valor, hasta 6.025 gramos por planta para el tratamiento PER que registró el mayor valor.

Al hacer las comparaciones entre acolchados fotoselectivos encontramos que el testigo convencional, PEN, superó a todos los tratamientos fotoselectivos a

excepción del PER, el testigo absoluto fue superado por el testigo convencional en 398 por ciento (5.862 vs 1.175 gramos por planta de peso seco)

Cuadro 4.2. Índice de área foliar y peso seco de hoja en plantas de chile Anaheim con películas fotoselectivas.

Tratamientos	Índice de Área Foliar	Peso seco de hoja, g/planta
PER	1.2257 a	6.025 a
PEN	1.1612 a	5.862 a
PEC	1.1580 a	5.860 a
PEV	1.1267 a	5.547 a
PVCR	1.0704 a	5.425 a
PEB	1.0484 a	4.805 a
PVCGH	1.0275 a	4.757 a
PEA	0.9694 ab	4.727 a
PEAm	0.9098 ab	4.612 a
PVCBO	0.8782 ab	4.327 a
T	0.3527 b	1.175 b
Significancia	**	**
Tukey (0.05)	0.54	2.49
C.V. (%)	22.18	20.73

Tratamientos con la misma literal no difieren entre si al 0.05 de probabilidad.

Los tratamientos acolchados tuvieron el mismo nivel de significancia tanto para los PE's como los PVC's, así lo indica la prueba de separación de medias, indica también que tales tratamientos fueron estadísticamente superiores al tratamiento T. Entre los tratamientos acolchados destaca el PER con un peso seco de hoja de 6.025 gramos por planta, seguido del PEN con un valor de 5.862 que fue casi igual al PEC que registró un peso seco de 5.860 gramos por planta, en cambio para el resto de los tratamientos, los valores medios de cuatro repeticiones oscilaron entre 4.3 y 4.8 gramos por planta, los menores valores fueron para los PVC's. Por su parte, el T tuvo el menor valor de peso seco de hoja, registró solo 1.715 gramos por planta, haciéndolo esto estadísticamente inferior a todos los tratamientos acolchados.

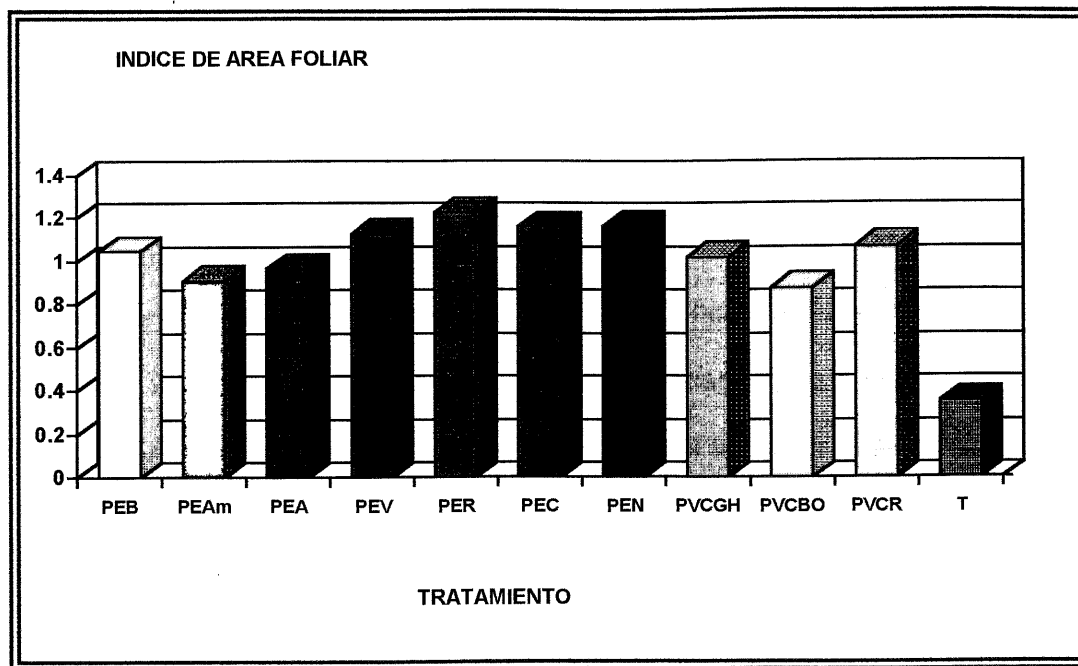


Figura 4.2. Índice de área foliar, en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994

Cosecha

Inicio y final de Cosecha

El inicio de la cosecha se presentó a los 70 ddt para todos los tratamientos con cubierta plástica y a los 77 días para el suelo desnudo (sin acolchado), de donde se deducen siete días de anticipación a cosecha por efecto de acolchado. Los tratamientos de PE y PVC no registraron diferencias entre sí, respecto al inicio de cosecha.

Se aclara que para esta variable no se realizó análisis de varianza, debido a la homogeneidad de los nueve tratamientos acolchados y la homogeneidad del testigo en las cuatro repeticiones para iniciar la cosecha, entonces, no se pueden establecer

diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, pero sí las diferencias cuantitativas mencionadas en el párrafo anterior.

Por otro lado, el final de cosecha fue el mismo para todos los tratamientos evaluados, con 146 ddt, durante este período, se hicieron 12 cortes. El número de cortes fue igual para todos los tratamientos acolchados, sin embargo, en el primer corte no hubo frutos con madurez fisiológica para el tratamiento sin cubierta plástica; en el cual se inició la recolección siete días después.

Rendimiento

Número de Frutos por Planta por Corte

Se realizaron los análisis de varianza para el número de frutos por planta para cada uno de los cortes efectuados en cada tratamiento del cultivo, encontrándose diferencias altamente significativas entre tratamientos para cinco de un total de 12 recolecciones, esas diferencias se registraron en los cortes dos, tres, cuatro, ocho y 10 en tanto que las siete restantes recolecciones no tuvieron significancia estadística entre tratamientos, lo que indica que en estos cortes los tratamientos tuvieron un comportamiento similar (cuadro 4.3).

Al analizar los frutos por planta por corte, se observa que el comportamiento de los tratamientos no tuvo una misma tendencia, por lo que es difícil hacer comparaciones por corte. Sin embargo, el número de frutos por plantas por corte fue superior en las primeras cinco y últimas tres recolecciones en los tratamientos

acolchados respecto al testigo, en las restantes cuatro, el testigo exhibe superioridad en magnitud respecto a algunos tratamientos acolchados.

Por otro lado al comparar el testigo convencional (PEN) contra los demás acolchados fotoselectivos, podemos observar que su comportamiento no sigue una misma tendencia en cuanto al resto de los PE's, ya que en algunos cortes supera a algunos PE's y solo en el corte 10 logra superar a todos los tratamientos fotoselectivos, en cambio en los cortes dos, seis, siete y 12 es superado el testigo convencional (PEN) por los tratamientos fotoselectivos de polietileno.

Por otro lado, los acolchados de PVC, en los cortes seis, siete, ocho y 12 superaron al testigo convencional y en el corte seis incluso el testigo absoluto superó al testigo convencional o PEN.

El número de frutos total/planta, entre los tratamientos acolchados, el mejor tratamiento fue el PEB con 73.39 frutos, seguido del PEA con 72.08 frutos, mientras que en el T se obtuvieron 41.18 frutos. En lo que respecta a los PVC's, el que produjo más frutos fue el PVCBO, seguido por los tratamientos PVCR y PVCGH con 70.52, 66.20 y 64.83 frutos totales por planta respectivamente (Figura 4.3)

Al observar el comportamiento de las películas fotoselectivas encontramos que aunque los tratamientos con cubierta plástica fueron estadísticamente iguales, el testigo convencional, PEN fue superado por la mayoría de los tratamientos de PE y PVC, a excepción del PER y el PVCGH, siendo el primero el que registró menor número de frutos totales por planta entre los polietilenos con 63.70 frutos, los

tratamientos PEB, PEA y PVCBO, registraron los mayores valores con 8.33, 7.02 y 5.46 frutos adicionales de los obtenidos con el testigo convencional que fueron 65.06 frutos totales por planta.

Cuadro 4.3. Número de frutos/planta/corte y número de frutos total/planta en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas

Trata- mientos	Número de cortes						
	1	2	3	4	5	6	7
PEB	1.54	2.02 ab	2.72 a	6.02 ab	12.81	5.91	2.60
PEAm	1.31	1.91 ab	2.95 a	5.29 ab	7.50	4.89	4.39
PEA	1.97	2.41 a	2.35 ab	6.79 a	9.37	4.62	2.18
PEV	1.70	2.12 ab	1.95 ab	6.31 a	9.39	2.58	4.08
PER	1.41	1.91 ab	2.33 ab	6.10 a	10.60	4.31	2.47
PEC	1.87	2.06 ab	2.31 ab	6.00 ab	8.97	3.41	2.81
PEN	1.62	1.83 ab	2.04 ab	5.72 ab	12.72	2.56	1.39
PVCGH	1.12	2.25 ab	2.31 ab	6.50 a	8.87	4.77	2.25
PVCBO	1.04	1.45 ab	1.91 ab	5.72 ab	10.62	3.10	3.06
PVCR	0.91	2.43 a	2.31 ab	6.60 a	7.85	4.41	2.60
T	0.00	0.87 b	1.20 b	2.66 b	4.00	3.08	1.75
Tukey 0.05	N.S.	1.4	1.3	3.4	N.S.	N.S.	N.S.
C.V (%)	60.10	30.28	25.34	24.01	42.45	65.99	49.36
Trata- mientos	Número de cortes					Núm. frutos total/planta	
	8	9	10	11	12		
PEB	1.72 ab	7.04	10.60 ab	10.81	9.56	73.39 a	
PEAm	2.50 ab	6.81	11.85 ab	10.00	8.33	67.77 a	
PEA	2.37 ab	7.04	13.70 ab	9.56	9.66	72.08 a	
PEV	2.29 ab	7.16	11.54 ab	8.99	8.00	66.16 a	
PER	0.93 b	5.12	9.91 ab	8.60	9.95	63.70 a	
PEC	1.87 ab	5.39	11.77 ab	11.81	8.77	67.08 a	
PEN	1.89 ab	6.70	14.25 a	8.66	5.62	65.06 a	
PVCGH	2.31 ab	4.79	9.25 ab	9.68	10.70	64.83 a	
PVCBO	2.64 ab	6.39	12.49 ab	10.83	11.20	70.52 a	
PVCR	3.54 a	7.02	11.79 ab	8.43	8.27	66.20 a	
T	1.33 b	5.81	6.95 b	8.20	5.27	41.18 b	
Tukey 0.05	1.9	N.S.	6.8	N.S.	N.S.	19.5	
C.V (%)	36.74	31.24	24.57	26.14	40.64	12.18	

Resultados con la misma literal no difieren entre si al 0.05 de probabilidad
N.S. = No significancia

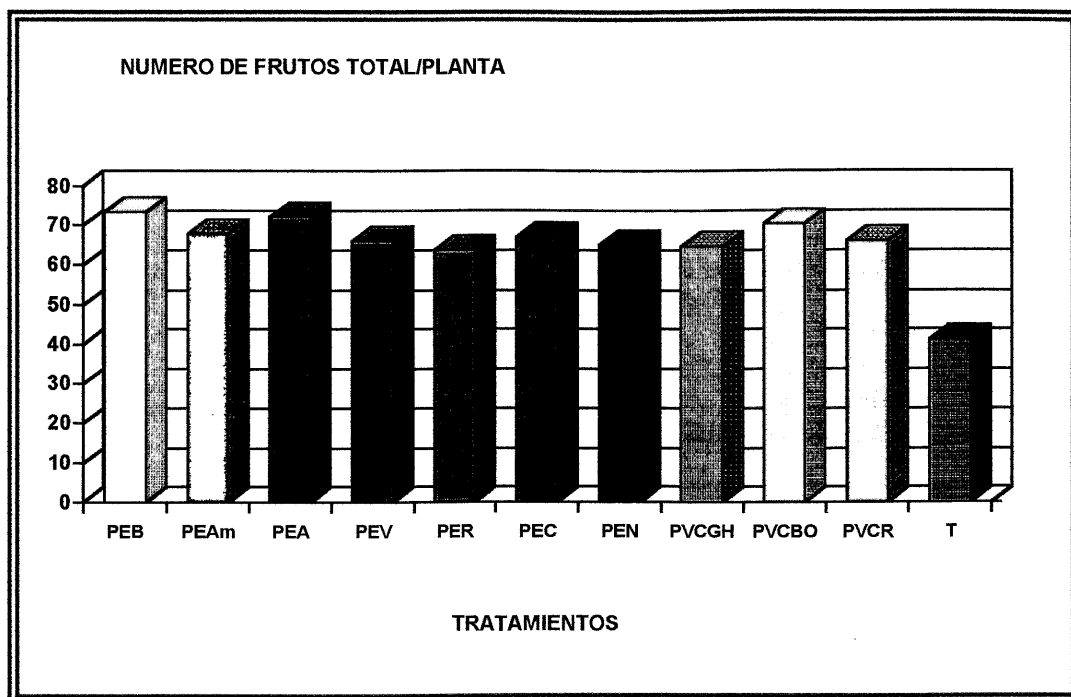


Figura 4.3. Número de frutos total/planta en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994

Peso de Frutos por Planta por Corte

En los análisis de varianza para el peso de frutos, para cada uno de los cortes efectuados en todos los tratamientos evaluados, se encontraron diferencias altamente significativas para los cortes del uno al cuatro y ocho al 10, los cortes cinco, seis, siete, 11 y 12 no tuvieron diferencia estadística entre tratamientos, indicando con esto último, que los tratamientos tuvieron un comportamiento estadísticamente igual, (cuadro 4.4). La ilustración gráfica del rendimiento por corte se presenta en la Figura 4.4

Si por otro lado analizamos el comportamiento del testigo convencional contra los demás tratamientos acolchados fotoselectivos, encontramos que no se sigue una

misma tendencia, ya que en el corte 10, el peso de frutos del testigo convencional supera a los demás acolchados fotoselectivos tanto de PE como de PVC, en cambio en otros cortes, como por ejemplo, en los cortes siete y 12 los acolchados fotoselectivos tanto de PE como de PVC superan al testigo convencional.

Cuadro 4.4. Peso de frutos en gramos/planta/corte y rendimiento total en ton/ha del cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas.

Trata- miento	Número de cortes						
	1	2	3	4	5	6	7
PEB	65.00	79.58 ab	115.62 a	256.87 a	603.33	272.92	114.06
PEAm	50.62	73.33 ab	110.72 a	221.46 ab	339.58	216.25	171.35
PEA	82.29	95.83 a	101.87 ab	294.58 a	354.16	205.20	95.41
PEV	76.87	87.29 ab	81.04 ab	259.57 a	402.29	101.98	165.62
PER	63.64	74.16 ab	93.54 ab	247.50 a	447.28	211.45	98.95
PEC	78.75	82.70 ab	99.37 ab	265.83 a	405.00	173.96	115.52
PEN	67.39	71.04 ab	82.29 ab	230.20 ab	530.83	109.37	58.85
PVCGH	44.06	82.91 ab	87.70 ab	239.58 ab	372.70	212.50	85.52
PVCBO	48.12	70.41 ab	76.04 ab	232.08 ab	501.04	140.31	143.75
PVCR	42.29	97.91 a	95.62 ab	265.62 a	384.78	189.58	88.64
T	0.0	33.12 b	47.29 b	107.91 b	182.50	158.33	61.98
Tukey 0.05	N.S.	57.3	55.8	135.7	N.S.	N.S.	N.S.
C.V (%)	62.63	30.20	25.20	23.16	44.26	66.93	59.48

Trata- miento	Número de cortes					Producción total ton/ha
	8	9	10	11	12	
PEB	73.64 ab	267.29	376.04 ab	358.33	287.50	52.988 a
PEAm	91.04 ab	236.45	364.16 ab	293.74	235.62	44.411 ab
PEA	88.95 ab	247.91	434.37 ab	280.20	247.91	46.684 a
PEV	79.79 ab	239.79	346.04 ab	258.33	216.05	42.732 ab
PER	34.37 b	179.79	296.87 ab	233.33	275.72	41.661 ab
PEC	74.06 ab	188.12	383.96 ab	367.63	237.71	45.650 a
PEN	76.14 ab	240.41	445.83 a	268.74	191.66	43.805 ab
PVCGH	89.68 ab	165.62	279.58 ab	271.87	278.85	40.811 ab
PVCBO	107.81 ab	230.20	401.04 ab	323.95	315.10	47.699 a
PVCR	158.33 a	253.12	359.99 ab	236.46	214.58	44.066 ab
T	45.72 b	199.37	199.37 b	242.70	144.58	26.349 b
Tukey 0.05	86.19	N.S.	199.0	N.S.	N.S.	15.2
C.V (%)	41.91	31.64	22.89	27.32	42.87	14.27

Tratamientos con la misma literal no difieren significativamente entre si al 0.05 de probabilidad
N.S. = No significancia

Tanto en esta variable como en la de número de frutos por planta podemos observar que los coeficientes de variación en la mayoría de los cortes son muy altos,

son aceptables, con valores menores de 20 y que es además la forma más representativa de justificación del análisis de datos.

En la Figura 4.4, referente a rendimiento por corte se puede observar que el comportamiento no es el de una curva que empieza a crecer, tiene su punto alto en la recolección cinco y vuelve a declinar en el corte seis, siete y ocho y vuelve a repuntar en el corte diez (punto más alto en promedio) y vuelve a declinar en los dos últimos cortes (11 y 12). Este comportamiento es común observarlo durante el período de cosecha en cultivos bajo condiciones de acolchado en el cultivo de chile y otros.

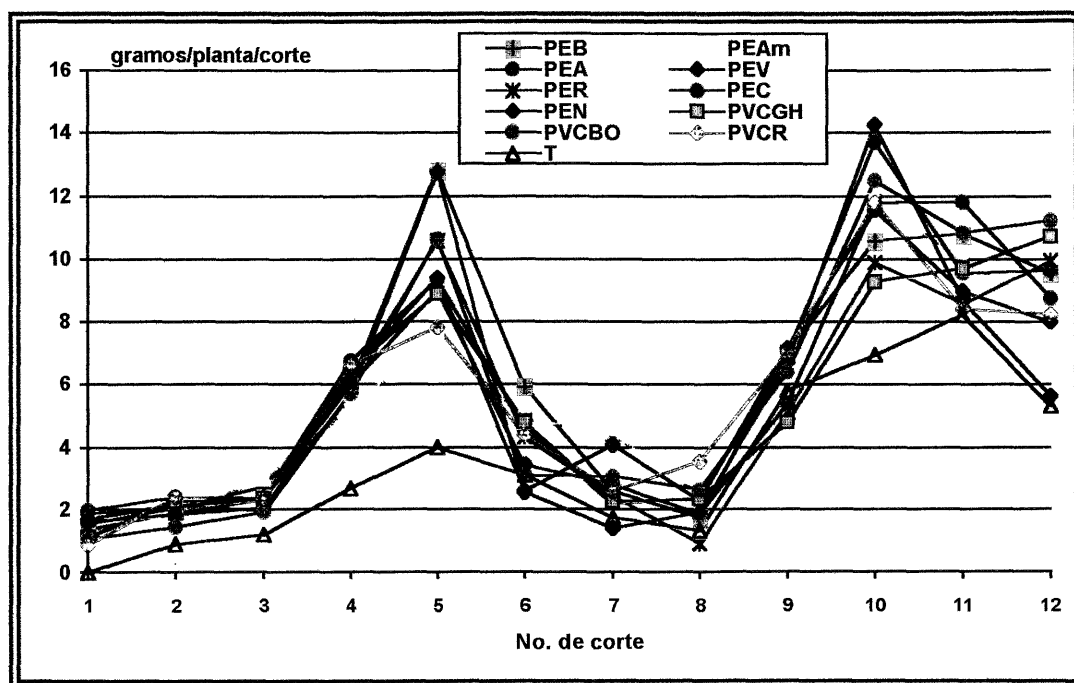


Figura 4.4. Producción en gramos/planta/corte en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994

Radiación Fotosintéticamente Activa

Se evaluó la cantidad de radiación fotosintéticamente activa (RFA) que se registró durante 12 horas en dos muestreos, realizados los días 1 de junio y 4 de julio.

En la Figura 4.5 se observa que para el muestreo del día 1 junio, la RFA presenta una curva normal para un día sin interferencias de nubosidades, mostrando todos los tratamientos un comportamiento similar, a partir de las ocho de la mañana comienza a incrementar la RFA recibida, presentando el valor máximo para todos los tratamientos a las 12 horas, con valores de 2265, 2248, 2246, 2203, 2267, 2265, 2266, 2260, 2252, 2247 y 2241 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para PEB, PEAm, PEA, PEV, PER, PEC, PEN PVCGH, PVCBO, PVCR y T, respectivamente.

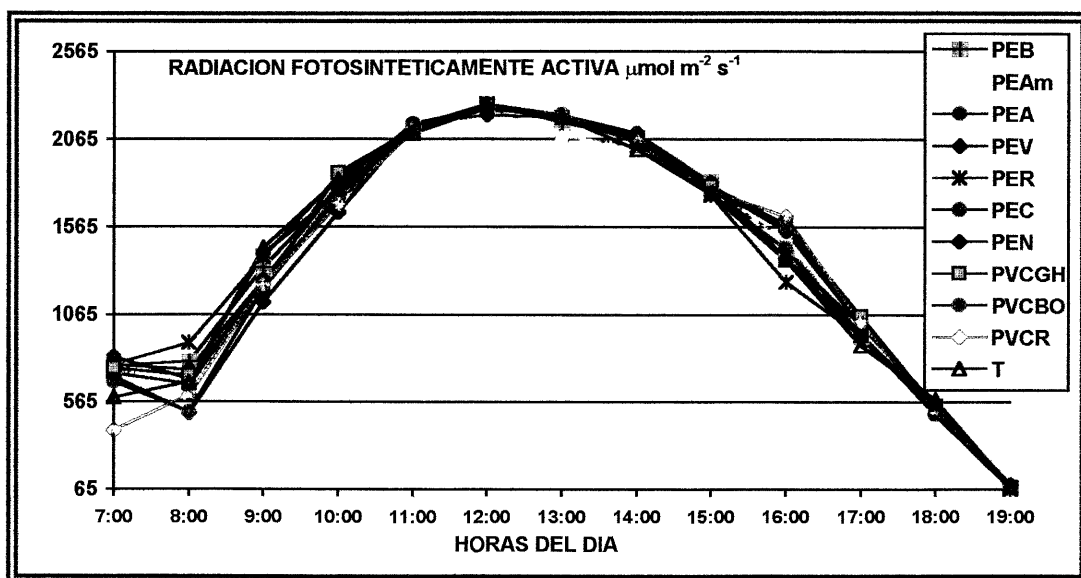


Figura 4.5. Radiación fotosintéticamente activa, registrada el 1 de junio, 1994 a 1.2 m de altura sobre la superficie de cada uno de los tratamientos con películas fotoselectivas en el cultivo de chile Anaheim. CIQA, 1994

En cambio para el muestreo del día 4 de julio, se puede observar en la Figura 4.6 que se tuvieron interferencias de nubosidades, de no haberse presentado tales interferencias, la figura presentaría una curva de RFA similar a la Figura 4.5.

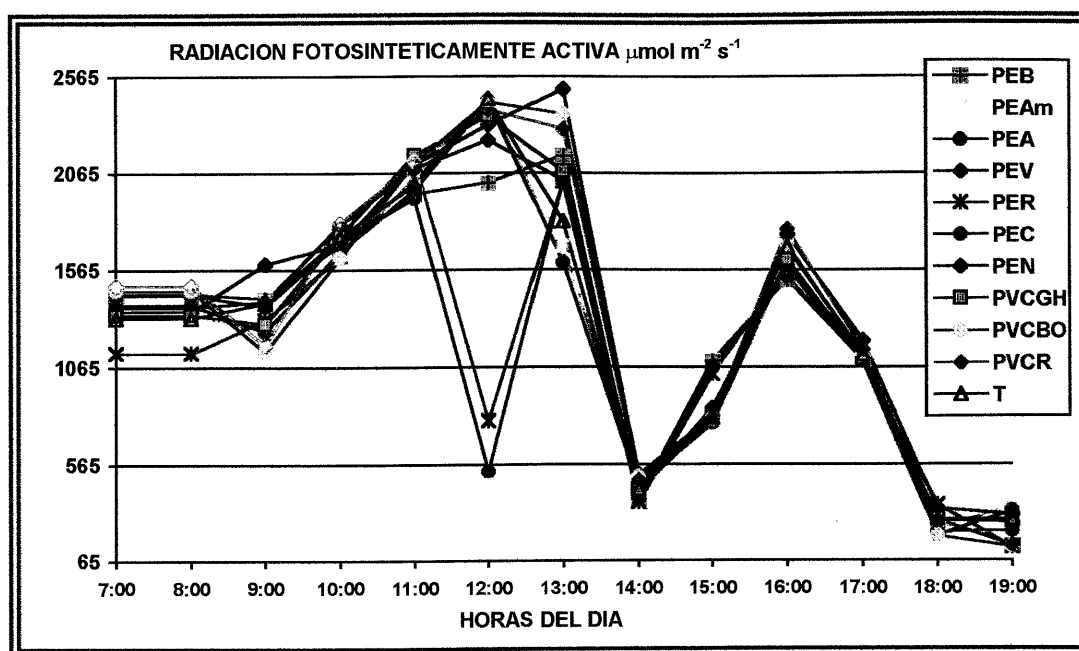


Figura 4.6. Radiación fotosintéticamente activa, registrada el 4 de julio, 1994 a 1.2 m de altura sobre la superficie de cada uno de los tratamientos con películas fotoselectivas en el cultivo de chile Anaheim. CIQA, 1994

Los valores máximos para la mayoría de los tratamientos evaluados se registran a las 12 horas, a excepción de los tratamientos PEC y PER con valores de 530.9 y 789.8 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, en estos tratamientos al momento de tomar las lecturas hubo interferencia de nubosidades, por lo que la RFA es muy baja, en cambio, los tratamientos PEB, PEAm, PEA, PEV, PEN, PVCGH, PVCBO, PVCR y T tienen valores de 2017, 2438, 2444, 2317, 2237, 2362, 2438, 2396 y 2449 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Temperatura del Suelo

Uno de los efectos quizá más importante en acolchado es el incremento de la temperatura del suelo. Se realizaron evaluaciones de la temperatura del suelo en dos ocasiones durante el ciclo de cultivo que fueron los días 1 de junio y el 4 de julio, desde las siete de la mañana hasta las siete de la noche, tomándose las lecturas a dos profundidades del suelo, a 15 y 30 cm respectivamente, Figuras 4.7 y 4.8.

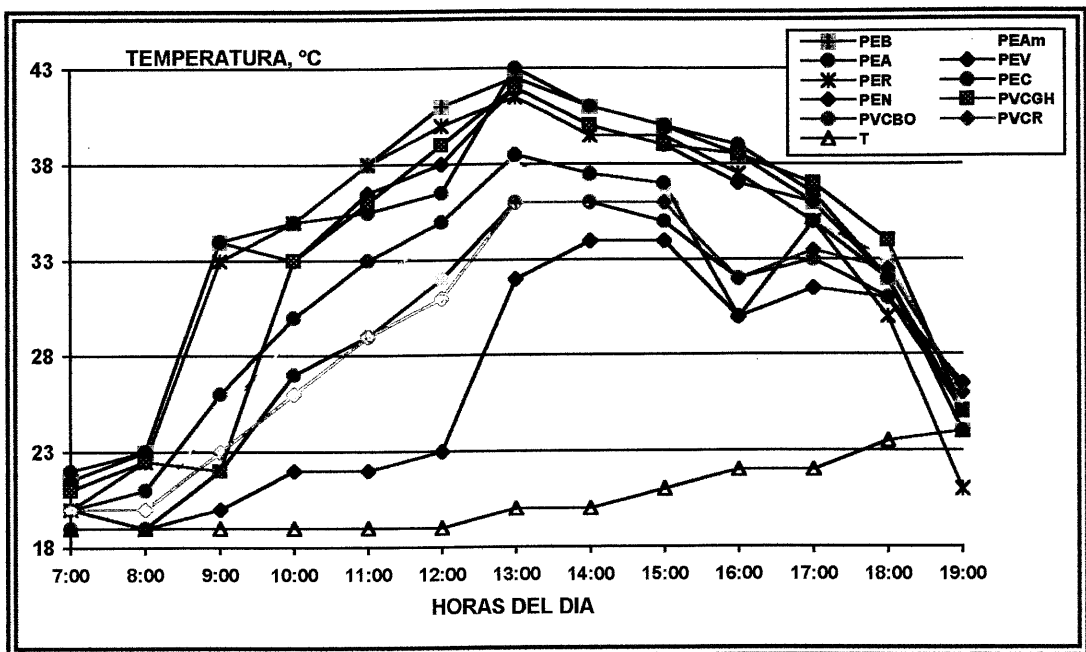


Figura 4.7. Temperatura del suelo, registrada a 15 cm de profundidad, el día 1 de junio en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994

En la primera fecha de evaluación, en la profundidad de 15 cm, el comportamiento de las películas de PE y PVC superaron al suelo desnudo. Por ejemplo, a las 13:00 horas el PEC registró la máxima temperatura que fue de 43 °C, siguiéndole los tratamientos PEB, PER, PEN y PVCGR con 42 °C, superando al T con 23 y 22 °C, el testigo registró 20 °C. Los acolchados que registraron menores

temperaturas fueron el PEV, PVCBO y PVCR con 32, 36 y 36 °C respectivamente, sin embargo registraron 12 y 16 grados más que el T. Durante las doce horas de evaluación el T tuvo una fluctuación de temperatura de 19 a 24 °C. (Figura 4.7)

En cambio, a la profundidad de 30 cm Figura 4.8, la temperatura del T oscila entre 18 y 27 °C en el transcurso de las siete a las 19:00 horas. Los tratamientos PEC y PEB registraron los mayores valores de temperatura, las lecturas oscilaron entre los 19 y 42 °C en 13 horas de registro, siendo a las 12:00 horas (al igual que a los 15 cm de profundidad) cuando los tratamientos acolchados registraron su máxima temperatura, superando al suelo desnudo con 22 grados, cuya temperatura fue de 20 °C a esa misma hora (Figura 4.8).

En la profundidad de 30 cm, Figura 4.8, se puede observar con mayor claridad, que a partir de la una de la tarde la temperatura en todos los tratamientos acolchados empieza a declinar, a excepción del PEV, que fue el que registró las temperaturas más bajas de los tratamientos acolchados, mientras que el T continúa incrementando su temperatura, esto también puede observarse en la Figura 4.7, a los 15 cm de profundidad pero el efecto es menos marcado.

Para el siguiente muestreo realizado el 4 de julio, ya se tenía el cultivo en cobertura completa, ya que éste se realizó a los 67 ddt, o sea, tres días antes de la primer cosecha sin embargo, se observó un comportamiento similar de la temperatura del suelo a los 15 cm de profundidad en los tratamientos acolchados con respecto al suelo desnudo, conservándose la tendencia del incremento del tratamiento acolchado PER hasta en 20 °C en las 12:00 y 13:00 horas con respecto al T, (Figura 4.9)

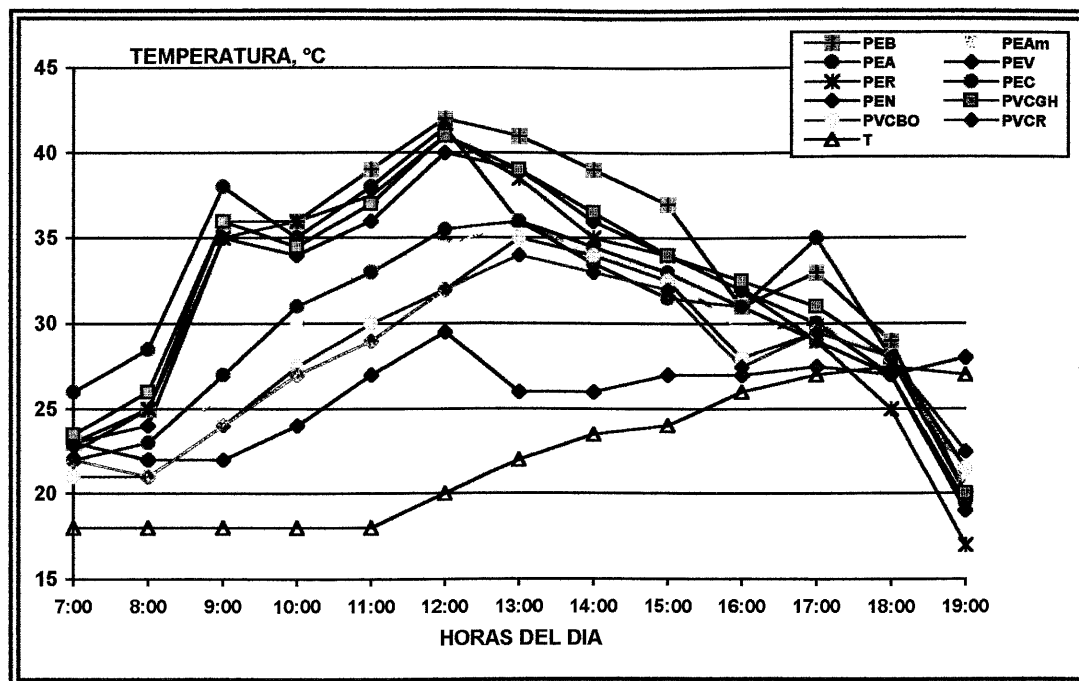


Figura 4.8. Temperatura del suelo, registrada a 30 cm de profundidad, el día 1 de junio en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994

En la profundidad de 30 cm en la fecha de 4 de julio se puede deducir en las lecturas que la temperatura del suelo en los diferentes tratamientos tiene una diferencia de más de 2 °C a favor de la profundidad de 15 cm, desde las siete a las 10 horas, por ejemplo, el PEA registra temperaturas de 27 vs 24°C a las ocho y nueve horas, sin embargo, de las 12:00 en adelante esto es diferente, el incremento es a favor de la profundidad de 30 cm, para ese mismo tratamiento a las 13:00 horas existe una diferencia de nueve grados (38 vs 47 °C). En cambio, en el tratamiento PER desde las siete hasta las 12:00 horas la diferencia es solo de un grado en las lecturas registradas entre los 15 y 30 cm de profundidad, sin embargo de las 13:00 horas en adelante las lecturas son iguales para las dos profundidades.

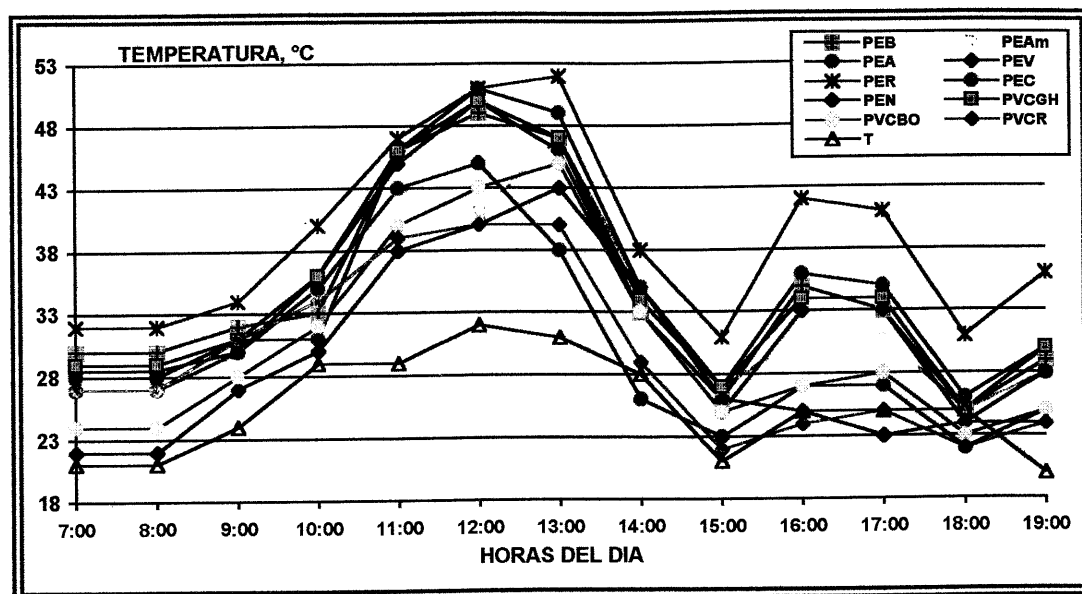


Figura 4.9. Temperatura del suelo, tomada bajo el plástico a 15 cm de profundidad, el día 4 de julio en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994

Para el segundo muestreo, el PER registró la temperatura más alta para la profundidad de 15 cm con un promedio de 39°C, seguido por los tratamientos PEC, PVCGH, PEB y el PEN con 34.84, 34.76, 34.46 y 33.84 °C, además se observa la misma tendencia en cuanto al incremento de temperatura de los tratamientos acolchados con respecto al testigo. Para la profundidad de 30 cm, el mismo tratamiento, PER, registró la mayor temperatura, con un valor promedio de 38.46°C (Figura 4.10).

La menor temperatura en los tratamientos acolchados la registró el PEV, registrando 26.53, 25.84 en la primer fecha de muestreo para las profundidades de 15 y 30 cm, en tanto que para el segundo muestreo registró promedios de 29.15 y 29.92°C para las mismas profundidades, sin embargo, no obtuvo el menor rendimiento, éste lo obtuvo el tratamiento PVCGH con 40.811 ton/ha.

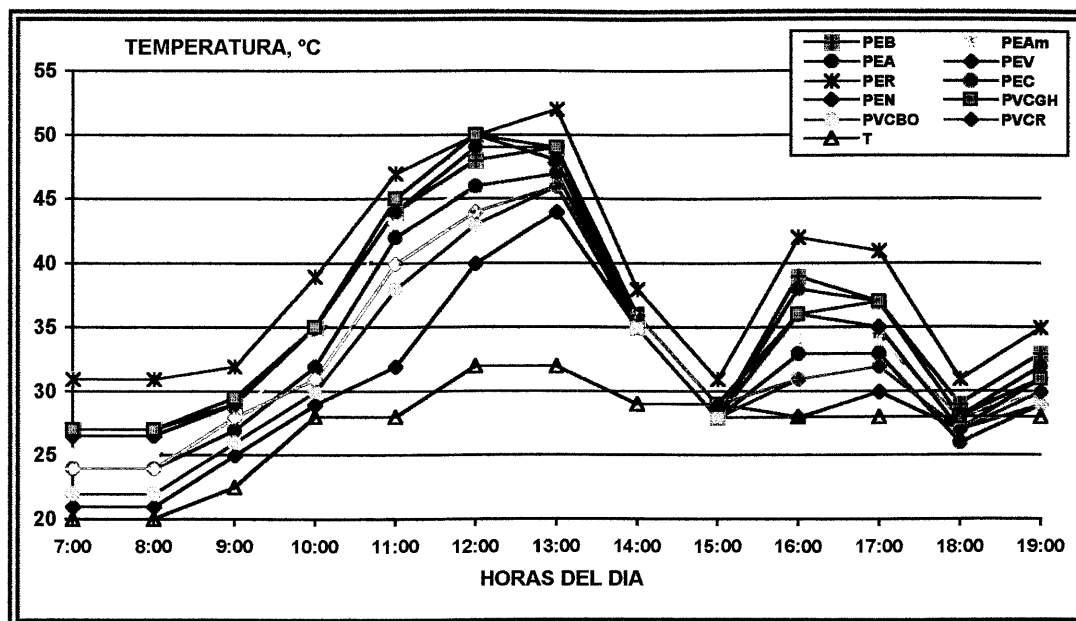


Figura 4.10. Temperatura del suelo, registrada bajo el plástico a 30 cm de profundidad, el día 4 de julio en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994

Para poder comparar mejor la temperatura por efecto de acolchado, se graficó la temperatura promedio diaria de cada uno de los tratamientos acolchados para la profundidad de 15 cm, en los dos muestreos realizados (Figura 4.11), se puede observar que en el primer muestreo, la mayor temperatura promedio la presentó el tratamiento PEB con un valor de 34.34 °C, seguido por los tratamientos PEC, PEN y PER con 33.96, 33.58 y 33.26 °C respectivamente, el testigo registró 20.5 °C. En cambio, en el segundo muestreo la mayor temperatura promedio la registró el PER con 39°C, seguido de los tratamientos PEC y PVCGH con temperaturas promedio de 34.84 y 34.76°C, siendo el menor valor para el testigo con 26°C de temperatura.

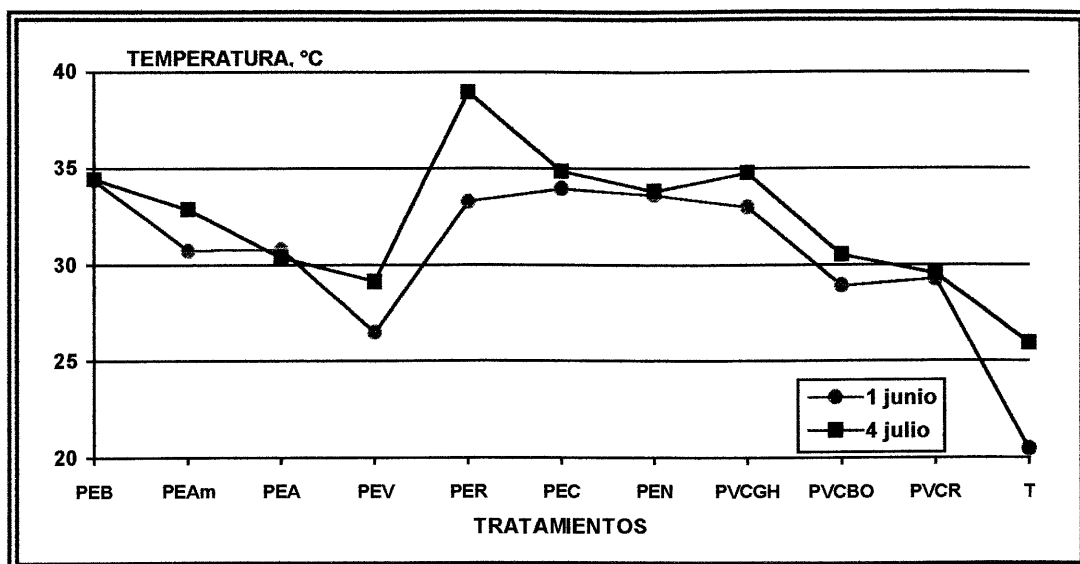


Figura 4.11. Promedio de temperaturas diarias registradas durante los muestreos del 1 de junio y 4 de julio en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994

Eficiencia en el Uso de Nutrientos

Para la evaluación de esta variable se hizo una comparación entre tratamientos para estimar la eficiencia del acolchado en el aprovechamiento de los nutrientes por la planta, tomándose en cuenta los kilogramos de fruto producidos por kilogramo de nutriente aplicado.

El tratamiento PEB tuvo la mayor eficiencia en el uso de los nutrientes con un incremento de 123.42 por ciento con respecto al testigo, siguiéndole el PVCBO y el PEA con 101.60 y 96.84 por ciento de incremento en comparación con la eficiencia que presenta el tratamiento sin cubierta o testigo absoluto que registró 131.755 kilogramos de fruto por kilogramo de nitrógeno aplicado y 263.511 kilogramos de fruto por kilogramo de fósforo y potasio aplicado, en tanto que el tratamiento acolchado que

presentó menor respuesta al aprovechamiento de los nutrimentos fue el PVCGH con un 72 por ciento de incremento con respecto al T (cuadro 4.5).

La eficiencia presentada por el tratamiento PEB sigue una misma tendencia para los tres nutrimentos aplicados, cuyas fuentes fueron el nitrato de amonio, ácido fosfórico y el nitrato de potasio, lo anterior era de esperarse ya que la eficiencia relaciona los kilogramos de fruto producidos por kilogramos de nutrimento aplicado.

Cuadro 4.5. Eficiencia en el uso de nutrimentos bajo acolchado plástico con películas fotoselectivas en Chile Anaheim.

Tratamiento	Rendimiento ton/ha	Eficiencia (kg de fruto/kg de nutrimento)		
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio
PEB	52.988 a	294.377	588.755	588.755
PEAm	44.388 ab	246.600	493.230	493.230
PEA	46.684 a	259.355	518.711	518.711
PEV	42.733 ab	237.405	474.811	474.811
PER	41.661 ab	231.450	462.900	462.900
PEC	45.650 a	253.611	507.222	507.222
PEN	43.805 ab	243.361	486.722	486.722
PVCGH	40.816 ab	226.755	453.511	453.511
PVCBO	47.813 a	265.627	531.255	531.255
PVCR	44.067 ab	247.816	495.633	495.633
T	26.351 b	131.755	263.511	263.511
Tukey 0.05	15.20	ND	ND	ND
C.V. (%)	14.27	ND	ND	ND

Tratamientos con la misma literal no difieren significativamente entre sí al 0.05 de probabilidad
ND = No determinado

La Figura 4.12 ilustra gráficamente la eficiencia del uso de los nutrimentos al utilizar el acolchado de suelos, en la cual se deducen incrementos desde un 72 por ciento para el T, hasta 123 por ciento para el tratamiento PEB tanto para nitrógeno como para fósforo y potasio en cada uno de los diferentes tratamientos con respecto al testigo.

Al comparar el testigo convencional, PEN, contra el resto de los tratamientos acolchados fotoselectivos encontramos que éste es superado por la mayoría de los tratamientos acolchados con excepción del PVCGH, PER y PEV que fueron los tratamientos fotoselectivos que mostraron menor eficiencia en el uso de los nutrimentos, mientras que la mejor eficiencia la mostró el PEB superándolo con un 20.96 por ciento, en tanto que el menor incremento con respecto al PEN lo presentó el PEAm con un valor de uno por ciento.

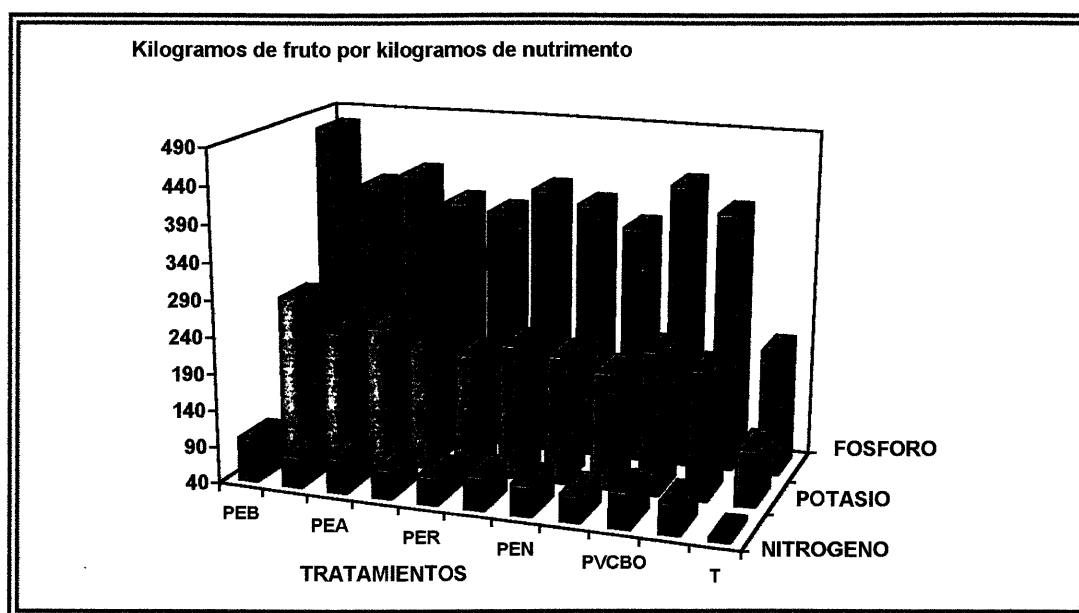


Figura 4.12. Eficiencia en el uso de los nutrimentos mediante la utilización de películas fotoselectivas en el cultivo de chile Anaheim. CIQA, 1994

Por otro lado si la comparación la hacemos entre los testigos involucrados, encontramos que el testigo convencional supera al testigo absoluto con un incremento del 84 por ciento en cuanto a eficiencia en el uso de los nutrimentos, tanto para nitrógeno como para fósforo y potasio.

Rendimiento y Eficiencia en el Uso del Agua.

Al realizar el análisis de varianza para la producción total, Figura 4.13, nos muestra que todos los tratamientos acolchados fueron superiores que el testigo y entre los acolchados, el mejor tratamiento fue el PEB con 52.988 ton/ha, lo que representa un incremento de 101.10 por ciento con respecto al testigo que registró 26.349 ton/ha, seguido del PVCBO con 47.699 ton/ha, incrementando la producción en un 81.02 por ciento por el efecto del acolchado.

Al comparar los tratamientos más rendidores contra el PEN, testigo convencional, se deduce que el PEB lo superó con 9.183 ton/ha, los tratamientos PVCBO y el PEA lo superaron con 3.894 y 2.879 ton/ha respectivamente. En cambio, al comparar todos los tratamientos acolchados contra el testigo convencional (PEN) encontramos que éste logró superar a tres tratamientos fotoselectivos: PEV, PER y PVCGH, con 1.073, 2.144 y 2.994 ton/ha, mientras que al testigo absoluto lo superó con 17.456 ton/ha.

La evaluación de la eficiencia en el uso del agua es el resultado de relacionar la producción con la cantidad de agua total aplicada al cultivo. La cantidad de agua aplicada para los tratamientos acolchados fue la misma, 49.94 cm, en tanto que el testigo recibió 71.35, de donde se deduce un ahorro de 21.41 cm (30 por ciento) por efecto de acolchado.

En el cuadro 4.6 se observa que el PEB tuvo mayor eficiencia en el uso del agua, registrando 10.61 kilogramos de fruto por metro cúbico de agua aplicado, lo que

equivale a un incremento de 187 por ciento con respecto al testigo cuyo valor fue de 3.6 kg/m³ de agua aplicado, le siguen en eficiencia los tratamientos PVCBO, PEA y PEC con 9.57, 9.35 y 9.14 kg de fruto por metro cúbico de agua aplicado, que equivalen a un incremento de 159, 153 y 147 por ciento con respecto al testigo.

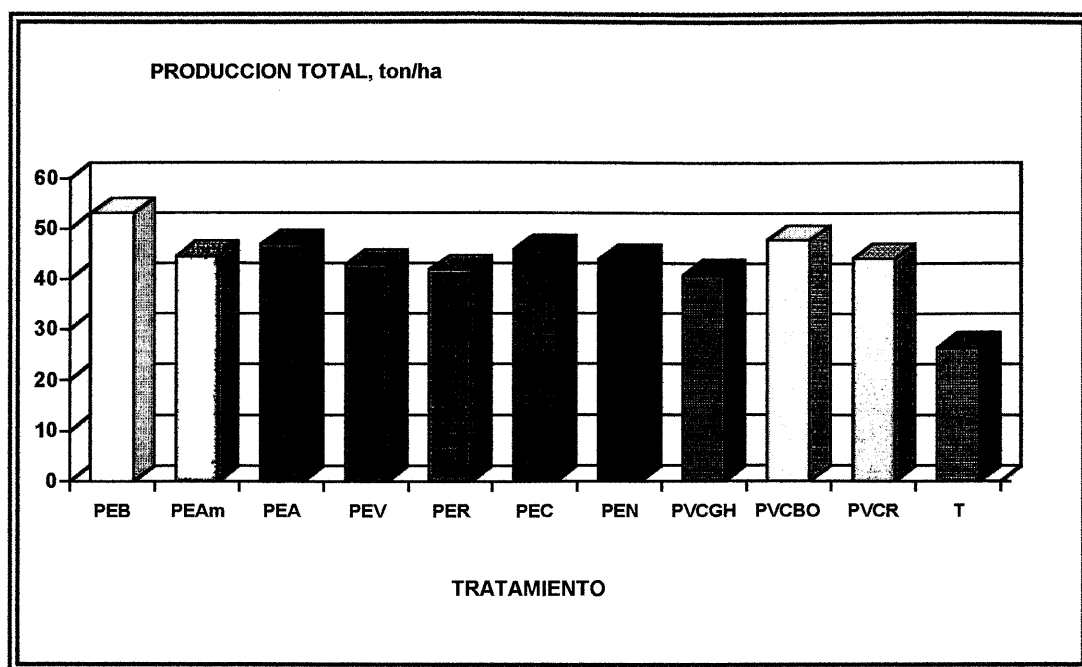


Figura 4.13. Producción total, en ton/ha, en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas. CIQA, 1994

Al comparar las películas fotoselectivas contra el testigo convencional se puede notar que los tratamientos PEB, PVCBO y PEA superaron al PEN, con incrementos de 20.96, 9.15 y 6.57 por ciento en cuanto a eficiencia del uso del agua se refiere.

En cambio al hacer las comparaciones entre los dos testigos involucrados encontramos que el testigo convencional, PEN registra un incremento en la eficiencia

del uso del agua del 137.50 por ciento con respecto al testigo absoluto, representado por el tratamiento sin cubierta plástica.

Cuadro 4.6. Eficiencia en el uso del agua bajo acolchado plástico con películas fotoselectivas en Chile Anaheim

Tratamiento	Rendimiento ton/ha	Eficiencia del agua kg fruto/m ³ agua
PEB	52.988 a	10.610
PEAm	44.388 ab	8.888
PEA	46.684 a	9.348
PEV	42.733 ab	8.557
PER	41.661 ab	8.342
PEC	45.650 a	9.141
PEN	43.805 ab	8.771
PVCGH	40.816 ab	8.173
PVCBO	47.813 a	9.574
PVCR	44.067 ab	8.824
T	26.351 b	3.693
Tukey 0.05	15.2	ND
C.V. (%)	14.27	ND

Tratamientos con la misma literal no difieren significativamente entre sí al 0.05 de probabilidad
ND = No determinado

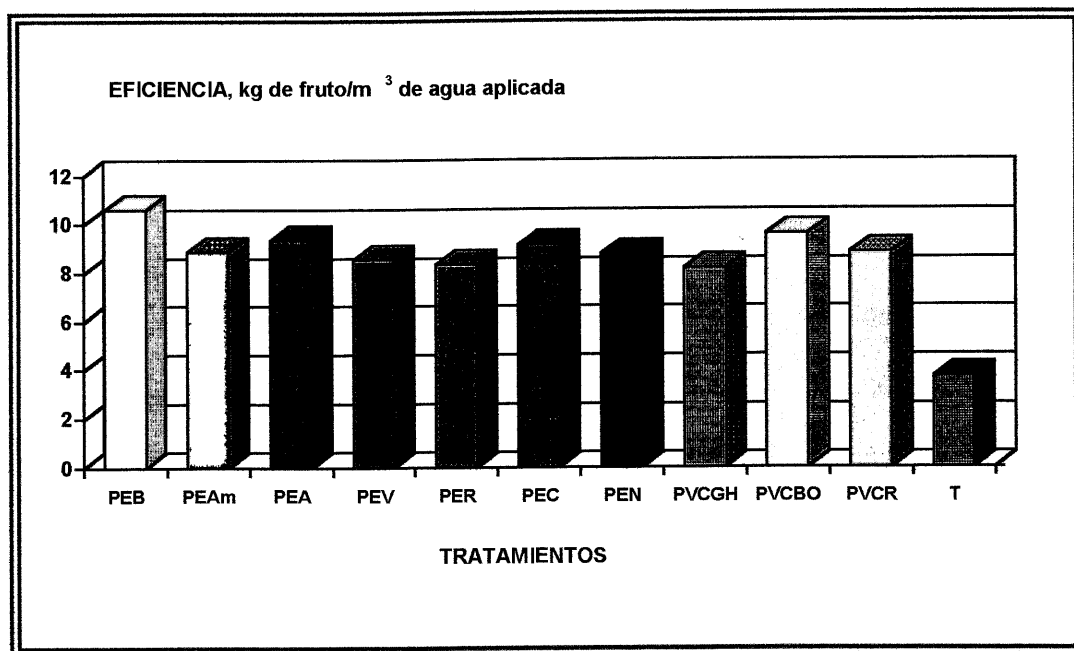


Figura 4.14 Eficiencia en el uso del agua registrada en los diferentes tratamientos de películas fotoselectivas en el cultivo de Chile Anaheim. CIQA, 1994.

DISCUSION

Fenología

Porcentaje de Floración.

Las plantas de chile de los tratamientos acolchados presentaron el inicio a floración a los 40 ddt, excepto el tratamiento PVCR, que aunque tuvo sus primeras flores al mismo tiempo que los tratamientos de PE, no completó el 50 por ciento de floración hasta después de los 49 días de efectuado el trasplante, sin embargo, los días transcurridos hasta el inicio de floración no se reflejaron en la anticipación a cosecha. Dicha información indica que el uso de acolchados en colores distintos no tiene un efecto en la floración precoz de flores perfectas en el cultivo de chile.

Este efecto de precocidad al inicio de floración de los tratamientos acolchados puede deberse al incremento de la temperatura del suelo, que conjuntamente con la disponibilidad de mayor iluminación, debido a la radiación reflejada por los plásticos, tal y como mencionan Robledo y Martín (1988), así como una mayor disponibilidad de humedad y nutrimentos que permiten activar más su metabolismo, con lo cual se acelera el ciclo vegetativo de los cultivos que se manejan bajo condiciones de cubiertas plásticas seguramente como consecuencia de un mayor crecimiento radical en acuerdo con apreciaciones visuales (Ibarra y Rodríguez, 1991). Los mismos

autores destacan que el crecimiento radical es más acentuado en forma lateral que vertical, lo que permite al cultivo aprovechar mejor los nutrientes disponibles del suelo.

Este adelanto en el inicio de floración estimuló un amarre de frutos más temprano y por consecuencia un crecimiento de frutos más rápido en comparación con los datos obtenidos en el tratamiento de suelo desnudo.

Indice de Area Foliar y Peso Seco.

Un método para evaluar la efectividad del acolchado en la promoción del desarrollo de la planta es el IAF, que está íntimamente asociado con el peso seco de hoja, es muy posible que ambas variables conjuntamente no sean las únicas responsables del incremento en la producción al emplear el acolchado plástico. En el presente estudio un mayor IAF y peso seco de hoja no fueron indicadores de mayor rendimiento, pero quedó bien establecido que la cobertura de suelo promovió significativamente IAF y peso seco de hoja lo que significa que todos los tratamientos bajo cubierta plástica presentaron mayor IAF y peso seco de hoja que el testigo, siguiéndole en orden ascendente los tratamientos PVCBO, PEAm y PEA, en tanto que el tratamiento PER fue el que sobresalió entre todos los acolchados, pero este último no registró el mayor valor de rendimiento.

Estos efectos quizás sean debidos a que el acolchado con diferente color afecta la luz ambiental de la planta al alterar la composición de longitudes de onda y la cantidad de radiación reflejada desde la superficie del acolchado al entorno de la planta, por lo que la respuesta de la planta sobre el crecimiento depende en parte de una mayor temperatura

del suelo, de un uso más eficiente de nutrimentos y agua. Es probable que el cultivo capte diferentes longitudes ante un mismo ambiente (Decoteau y Friend, 1991).

Si bien es cierto, que la respuesta de la planta depende de las longitudes de onda reflejadas por el acolchado fotoselectivo, los resultados obtenidos indican que tal vez los tratamientos PEA y PEAm no son los mejores para la producción de follaje ya que probablemente no reflejan las longitudes de onda que menciona Bueno (1984), quien señala que la banda azul del espectro comprendida entre 380 y 500 nm así como la amarilla que se encuentra entre los 550 y 590 nm serían perfectas, ya que la influencia en la fisiología de la planta es su óptimo efecto sobre la germinación, enraizamiento y tamaño de hojas.

En cambio, con el tratamiento PER se registró un mayor IAF y peso seco de hoja debido probablemente a que esta película si refleja las longitudes de onda adecuadas para la producción de follaje, como lo mencionan Daponte y Verschaeren (1994) al citar que la banda o color rojo en el espectro influye, entre otros efectos, en la germinación de semillas y tiene efecto en el crecimiento de plantas, tallos y brotes jóvenes.

Cosecha

Inicio y Final de Cosecha.

La precocidad es una condición genética propia de cada cultivar que puede ser influenciada por el medio ambiente, esta precocidad está expresada por los parámetros días a floración y producción de cosechas tempranas, mismos que

pueden ser modificados al establecer los cultivos bajo cubiertas plásticas ya que éstas modifican la temperatura, la cual ha sido considerada como un factor determinante para provocar una mayor actividad fisiológica de los cultivos que al ser acolchados responden a la anticipación a cosecha, misma que puede ser muy variable ya que está determinada por la especie y la estación de crecimiento del cultivo (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Todas las películas fotoselectivas evaluadas en el presente estudio tuvieron un efecto sobresaliente en el inicio de cosecha, ésta tuvo un adelanto de siete días con respecto a los tratamientos no acolchados. Esta precocidad es en gran medida debida a los incrementos de la temperatura en el suelo que se obtiene durante el día por efecto de la cubierta plástica con lo que se conserva el calor durante más tiempo por la noche con lo que se crea un microclima alrededor de la planta que es favorable para la aceleración de su proceso vegetativo, así como también es posible que las diferentes longitudes de onda que reflejan los acolchados fotoselectivos pueden inducir a la planta a diversas respuestas fisiológicas entre las que se encuentran la germinación de las semillas y la floración, dando como resultado la precocidad de los cultivos, que se condicionó de igual forma entre tratamientos acolchados.

Este adelanto a inicio de cosecha en los tratamientos acolchados concuerda con lo indicado por Ibarra y Rodríguez (1991) quienes manifiestan que entre los beneficios que tiene el acolchado en el cultivo de chile es el de la precocidad de las cosechas, lo que puede representar ganancias económicas para el agricultor, ya que puede alcanzar mejores precios en el mercado debido a que sus productos salen antes de que se inicien las cosechas convencionales impidiendo de este modo la

saturación del mismo, con lo que se logra un mayor beneficio económico, aunque reconocen que en horticultura una anticipación a cosecha no es una garantía de mejor precio debido a la ley de la oferta y la demanda a que están sujetas las hortalizas. Los mismos autores reportan una anticipación a cosecha por efecto de acolchado de 14 días al evaluar el efecto de la densidad de población en el cultivo de chile Anaheim con acolchado de suelos, el testigo tuvo su inicio a cosecha a los 88 ddt.

También hay concordancia para esta variable en los resultados obtenidos por Maltos (1988) al observar la respuesta del chile Anaheim al acolchado transparente y negro, variando los niveles de fertilización utilizando las fórmulas 80-40-00, 120-60-00 y 160-80-00. Encontró una anticipación a inicio de cosecha de cuatro y cinco días mediante el uso de acolchado con plástico negro y transparente en relación al testigo que tardó 64 ddt en iniciar la cosecha, comportándose de igual manera en los tres rangos de fertilización explorados, lo que significa que ni el nitrógeno ni el fósforo tienen influencia en el carácter inicio a cosecha.

También coinciden los resultados del presente estudio con los obtenidos por Flores (1993) logrando un adelanto de 21 días con los tratamientos acolchados con películas fotoselectivas de color azul, verde y negro con respecto al suelo desnudo en el cultivo de chile Anaheim. Estos incrementos están en función del tipo de cultivo, el manejo que se le dé, así como de la estación de crecimiento del cultivo.

Por lo que respecta al final de cosecha, éste fue en la misma fecha tanto para los tratamientos acolchados como para el testigo. El intervalo de recolección fue de 84 días que corresponde a un total de 12 cortes en los tratamientos acolchados y 11 en el testigo, las recolecciones fueron espaciadas cada siete días.

Rendimiento

Número de Frutos por Planta por Corte

Igual que la precocidad, el número de frutos por planta es un aspecto regido por la genética de la planta e influenciado por el medio ambiente, en base a esto se puede observar que en el presente estudio, el número de frutos por planta por corte para los tratamientos acolchados no siguió una misma tendencia, sin embargo en ocho de los 12 cortes estuvo influenciado positivamente por el efecto de las cubiertas plásticas.

Aunque solo hubo diferencia estadística para el número de frutos por planta en algunos de los cortes (dos, tres, cuatro, ocho y 10), los resultados obtenidos en el número de frutos total por planta nos indican que todos los tratamientos acolchados fueron significativamente mejores que el testigo, lo que nos indica que al propiciar el acolchado mejores condiciones ambientales, la respuesta de la planta se refleja en una mayor producción de frutos, lo que consecuentemente proporciona mayores rendimientos.

En cuanto al número de frutos total por planta, el mejor tratamiento resultó ser el PEB con 32.21 frutos adicionales a los obtenidos por el testigo, el cual registró 41.18 frutos totales por planta. Resultados similares son los reportados por Maltos (1988) al obtener 36.9, 34.4 y 26.7 frutos por planta para los tratamientos acolchados con polietileno negro, transparente y sin cubierta plástica respectivamente en el cultivo de chile Anaheim bajo acolchado y con diferentes dosis de fertilización, no encontrando ningún efecto por fertilización para esta variable.

Incrementos en el número de frutos por planta también son reportados por Salgado (1986) al evaluar cinco cultivares de chile pimiento con acolchado (Lady Bell, Yolo Wonder, Bruinsma Wonder, Bruyo y David), quien encontró que todos los cultivares bajo acolchado registraron un mayor número de frutos por planta, sin embargo la mayor diferencia entre acolchado y testigo la presentó el cultivar Lady Bell bajo acolchado con 3.65 frutos por planta más que en el testigo. También menciona que el número de frutos por planta es el que aumenta principalmente el rendimiento.

En cambio, Martínez (1996) al evaluar el cultivo de chile bajo acolchado con películas negras y transparentes degradables y convencionales no encontró diferencias estadísticas entre tratamientos, sin embargo pudo observar que los tratamientos con acolchados negros produjeron mayor número de frutos, entre 34 y 46 por ciento más que el testigo y entre 21 y 38 por ciento más que en los acolchados transparentes, lo que se confirma en el presente estudio al utilizar acolchado plástico.

Peso de Frutos por Planta por Corte

El peso de frutos por planta por corte fue estadísticamente diferente para los cortes dos, tres, cuatro, ocho y 10 con respecto al testigo, encontrándose diferencias de peso de frutos por planta desde cinco hasta 35 gramos. Este incremento en el peso de frutos posiblemente se debió al mayor vigor de la planta en los tratamientos acolchados, el cual influye en la planta en la formación de fotosintatos que pueden ser utilizados en por la planta la formación de frutos.

En la mayoría de los estudios con acolchado se ha apreciado que generalmente el número de frutos por planta es el que determina el mayor rendimiento en el suelo acolchado, así como también el peso promedio por fruto puede tener implicaciones importantes en el aumento de la producción, aunque en algunos casos se ha observado un comportamiento inverso (Ibarra y Rodríguez, 1991).

El mayor peso de frutos obtenido en los tratamientos acolchados en el presente estudio concuerdan con lo reportado por Maltos (1988) quien al probar tres niveles de fertilización en el cultivo de chile Anaheim con acolchado encontró diferencias estadísticas tanto para los tratamientos de fertilización como de acolchado, registrando un peso promedio de frutos de 39.9, 40.57 y 38.60 gramos para el acolchado negro, transparente y testigo, mientras que de acuerdo a la fertilización utilizada obtuvo frutos con un peso promedio de 39.78, 46.02 y 39.26 gramos para la fertilización 80-40-00, 120-60-00 y 160-80-00 respectivamente.

Salgado (1986) reporta que el mayor incremento en el peso promedio de fruto lo obtuvo con el cultivar David, de cinco cultivares explorados con un valor de 20.76, seguido por los cultivares Bruyo, Yolo Wonder, Bruinsma Wonder y Lady Bell con 6.02, 2.7, 2.22 y 2.21 gramos con respecto al suelo desnudo. Estos incrementos también concuerdan con Márquez (1991) quien al evaluar los componentes del rendimiento en pimiento morrón desarrollado bajo cuatro criterios de riego en suelo con y sin acolchado obtuvo frutos con un peso promedio de 114.5 gramos para los tratamientos acolchados y de 110.3 gramos para el testigo. Las comparaciones que se hacen pertenecen botánicamente a diferentes variedades pero tienen en común que pertenecen a una misma familia.

Radiación Fotosintéticamente Activa

Si tratamos de relacionar la radiación solar recibida contra el rendimiento encontramos que para la primera fecha de muestreo todos los tratamientos tuvieron un comportamiento semejante en cuanto a radiación fotosintéticamente activa recibida, sin embargo, a pesar de que los tratamientos PVCGH, PER, PEC y PEB con valores de 1402.23, 1397.28, 1393.05 y 1389.51 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ recibieron mayor cantidad de radiación, esto no se reflejó en los rendimientos obtenidos, ya que estos tratamientos ocuparon el décimo, noveno, cuarto y primer lugar en cuanto a rendimiento. En cambio, para el segundo muestreo (4 de julio, 1996) los mayores valores los registraron los tratamientos PEV, PVCR y PVCBO con 1374.62, 1340.05 y 1313.97 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, cuyos rendimientos estuvieron en octavo, sexto y segundo lugar,

pero esta información no nos garantiza que la mayor cantidad de RFA recibida sea la responsable del mayor rendimiento obtenido por el tratamiento PEB.

Si relacionamos los tratamientos que recibieron mayor RFA con los rendimientos encontramos que solo el tratamiento PVCBO obtuvo buenos rendimientos (47.697 ton/ha) ocupando el segundo lugar en cuanto a rendimiento y tercer lugar en cuanto a RFA, ya que el primer sitio lo ocupó el PEB con 52.988 ton/ha, lo que concuerda con Lara (1993) quien al evaluar las películas de 6 colores diferentes en el cultivo de chile pimienta encontró que la película blanca fue la que mayor porcentaje de RFA reflejó, siendo también con la que mayor rendimiento se obtuvo (11.34 ton/ha), seguida de la amarilla, roja, azul, verde y negra con rendimientos de 8.46, 9.1, 10.71, 10.36 y 10.28 ton/ha en tanto que el testigo registró un rendimiento de 3.08 ton/ha.

Los resultados obtenidos por Sandoval (1993) al utilizar películas fotoselectivas aunque en diferente cultivo (tomate) también concuerdan en que el acolchado color blanco es el que mayor porcentaje de RFA refleja, así como también es con el que se obtienen mayores rendimientos. Al evaluar seis películas fotoselectivas comparándolas contra un testigo sin cubierta plástica y encontraron que el mayor porcentaje de RFA reflejada se obtuvo con la película blanca, registrando un rendimiento de 8.70 kg/m², seguida de la amarilla, roja, verde, azul y negra cuyos rendimientos fueron de 8.44, 8.47, 8.30, 7.07, 8.65, mientras que el testigo registró un rendimiento de 6.64 kg/m². Presumiblemente la mayor RFA reflejada por el PEB en el presente estudio fue la responsable del mayor rendimiento.

Temperatura del Suelo

Ya que uno de los efectos importantes del acolchado es el incremento de la temperatura del suelo, la modificación de la temperatura está en función del tipo de película que se utilice y para que el efecto del acolchado sea relevante se necesita superficies suficientemente anchas, (Robledo y Martín, 1988), los tratamientos estudiados fueron con películas fotoselectivas de PE y de PVC de 1.2 m de ancho.

Tomando en cuenta la profundidad de 15 cm que es donde se encuentra la mayor parte del sistema radical de las plantas se puede observar en los resultados que todos los tratamientos acolchados con películas fotoselectivas tanto de PE como de PVC registraron temperaturas superiores al suelo desnudo, con incrementos desde 12 hasta más de 20 °C en el primer y segundo muestreo, teniendo un comportamiento similar para la profundidad de 30 cm. Estos resultados van de acuerdo a lo que mencionan Ibarra y Rodríguez (1991) al indicar que los acolchados incrementan la temperatura del suelo debido a que durante el día, el plástico trasmite al suelo las calorías que recibe del sol, provocando en cierto modo, un efecto de invernadero, mientras que en la noche, la película detiene, en cierto grado, el paso de las radiaciones caloríficas del suelo a la atmósfera.

Sin embargo, no concuerdan con lo mencionado por Rodríguez e Ibarra (1991) quienes indican que el PVC proporciona una mayor temperatura del suelo que los de PE. Los promedios de temperatura de los PE's en la primera fecha de evaluación superó a los PVC's en 1.4 °C y en la segunda evaluación en 1.65 °C (tomando como referencia el tratamiento con valor máximo de temperatura a la profundidad de 15

cm). En el presente estudio en la primera evaluación, el tratamiento que registró la mayor temperatura fue el PEB con 34.34 °C y en la segunda el PER con 39 °C y la menor temperatura de los tratamientos acolchados la registró el PEV con valores de 26.53 y 29.15 °C para el primer y segundo muestreo respectivamente.

El presente estudio sugiere un monitoreo diario de la temperatura a través del ciclo vegetativo para explicar en forma adecuada los cambios que se producen en el rendimiento cuando son empleadas películas de diferente color.

Si relacionamos la temperatura del suelo contra el rendimiento encontramos que para el primer muestreo, tanto en la profundidad de 15 cm como en la de 30 cm, el tratamiento con mayor temperatura del suelo fue el que registró también los mayores rendimientos, sin embargo para el segundo muestreo a pesar de que el PER registró la mayor temperatura obtuvo el noveno lugar en cuanto a rendimiento.

Por otro lado, si tratamos de relacionar el índice de área foliar, el rendimiento y la temperatura registrada en los diferentes tratamientos encontramos que con altos IAF y temperaturas altas, el PER no da buenos rendimientos ya que ocupa el noveno lugar en rendimiento, en cambio los mejores rendimientos se registran con el PEB con un IAF promedio de 1.0484 y altas temperaturas, mientras que el PVCBO con un IAF bajo ya que registró un valor 0.8782, siendo solo superior al testigo absoluto y que también registró temperaturas bajas obtuvo el segundo lugar en cuanto a rendimiento se refiere y

por último el PEA con temperaturas promedio y un valor de IAF bajo se coloca en el tercer lugar en rendimiento.

Estas variaciones en cuanto a temperatura, IAF y rendimiento en relación con los tratamientos fotoselectivos, nos indican que probablemente los altos rendimientos estén en función de la calidad de la luz reflejada por los acolchados, tal vez las longitudes de onda que reflejan el PEB, PVCBO y el PEA sean las más apropiadas para que la planta se encuentre en óptimas condiciones para la producción de frutos.

Eficiencia en el Uso de los Nutrientes.

Todos los tratamientos acolchados superaron al testigo al eficientar el uso de los nutrientes, este efecto se debe a que con la utilización de los plásticos se favorece el incremento de la temperatura y humedad del suelo, actuando sobre la naturaleza físico-química del mismo, promoviendo de esta manera la nitrificación con lo que se genera una mayor disponibilidad de los nutrientes, por lo que las plantas desarrolladas bajo acolchado plástico pueden aprovechar más eficientemente esta disponibilidad.

Guariento (1983) indica que los valores óptimos de temperatura para asegurar una buena nitrificación varían entre 25 y 45 °C según el tipo de terreno, necesitando también una saturación hídrica del 60 al 80 por ciento, encontrándose que los resultados de temperatura registrados en los tratamientos acolchados son fácilmente logrados por efecto de la película plástica, quedando de este modo los nutrientes a

disposición de la planta, los cuales no son lixiviados al suministrárseles los riegos, reduciéndose de esta manera al mínimo las pérdidas por lavado de fertilizantes.

Por otro lado entre los factores que afectan el equilibrio de fósforo y potasio en el suelo se encuentran el tipo de coloide, la temperatura, la humedad y pH del suelo, siendo en el segundo y tercer factor en los que se puede influir mediante el uso de las cubiertas plásticas con lo que se comprueba que los tratamientos acolchados incrementan en disponibilidad y cantidad los nutrimentos al influir en la temperatura y humedad del suelo. Tisdale y Nelson (1988) mencionan que en estudios realizados a temperaturas muy superiores a las observadas bajo condiciones normales de campo se registraron aumentos del nivel de potasio cambiante en el suelo. Las temperaturas generadas con el uso de acolchado plástico sin excepción en cualquier coloración y composición química superó al método tradicional de cultivo

Debido a los incrementos de temperatura y humedad lograda por efecto de la cubierta plástica, los tratamientos acolchados superaron al testigo absoluto (sin cubierta plástica) desde un 72 hasta 123 por ciento de incremento en la eficiencia de los nutrimentos, resultando el mejor tratamiento el PEB, en tanto que el PVCGH fue el que tuvo el menor incremento en aprovechamiento de los nutrimentos, sin embargo sus rendimientos superaron al testigo con más de 14 toneladas.

Al comparar el testigo convencional contra los demás acolchados fotoselectivos encontramos que solo tres cubiertas plásticas fueron superadas por el PEN, sin embargo los incrementos obtenidos por las películas fotoselectivas aunque no son tan espectaculares como cuando se comparan contra suelo desnudo, nos muestran que sí

hay eficiencia del acolchado al demostrarse que las películas fotoselectivas como PEB, PVCBO y PEA superaron al testigo convencional en todas las variables aquí estudiadas.

Rendimiento y Eficiencia en el Uso del Agua

El desarrollo de tres formulaciones efectuadas en CIQA incrementaron la producción en 20.96, 6.57 y 4.21 por ciento para los tratamientos PEB, PEA y PEC en relación al testigo convencional representado por el acolchado plástico negro en el cultivo de chile Anaheim bajo condiciones de Saltillo, Coahuila.

Los tratamientos acolchados tanto con películas de PE como de PVC tuvieron mayor rendimiento en comparación con el tratamiento de suelo desnudo, estas diferencias se reflejan en incrementos que van desde un 54.88 por ciento para el tratamiento de PVCGH hasta un incremento de 101.10 por ciento para el PEB con respecto al testigo que tuvo la producción más baja.

Esto es debido a que un suelo acolchado proporciona a la planta mejores condiciones para su desarrollo, que se traducen en mayores rendimientos como consecuencia de un adelanto de cosecha (Ibarra y Rodríguez, 1991). Si además de los beneficios proporcionados por acolchados con películas convencionales se le adicionan los beneficios de las películas fotoselectivas que al reflejar ciertas longitudes de onda promueven distintos efectos sobre la planta, según sea el tipo de material utilizado, los incrementos logrados son mayores (Ramírez *et al.*, 1992).

Con el fin de respaldar lo anterior y basándonos en los resultados obtenidos en el presente trabajo podemos sugerir que si al utilizar el acolchado con películas convencionales se pueden obtener diversos beneficios, entonces al eficientar la técnica utilizando películas fotoselectivas que logren reflejar hacia el cultivo diferentes longitudes de onda que sean las óptimas para el mejor desarrollo y rendimiento de los mismos, los beneficios serán aún mayores, por lo que consideramos en estudios futuros investigar la calidad de la luz reflejada con diferentes acolchados fotoselectivos.

Los resultados encontrados en este trabajo, cuyo mejor tratamiento fue el PEB con un rendimiento de 52.988 ton/ha coinciden con los reportados por Linares (1993), quien registró los mayores rendimientos de sandía con el acolchado blanco, a diferencia de que el material utilizado por él fue el PVC, al igual que Lara (1993) con el mismo tipo de película logra los mayores rendimientos en el cultivo de pimiento morrón con una producción media de 11.34 ton/ha. En el presente estudio el PVC blanco opaco registró el segundo lugar en rendimiento con 47.813 ton/ha. Los resultados de Linares en sandía, de Lara en pimiento morrón y el presente estudio coinciden en que independientemente de la película utilizada ya sea de PE o PVC pero en color blanco es la que registra el mayor rendimiento. Análogas semejanzas son reportadas por Medina (1994) pero en calabacita, lo que representa una alta repetitividad del color blanco aún en diferentes años y diferentes cultivos en la Estación Experimental CIQA.

Flores (1993) al trabajar también con chile, Anaheim, tres niveles de fertilización y con películas de color azul y verde procesadas en CIQA y negro reporta

los mejores rendimientos bajo el acolchado azul (incluida en el presente estudio) con incrementos de 119.14, 132.71 y 96.64 por ciento para las fórmulas de fertilización: 160-80-80, 180-90-90 respectivamente al compararse con el suelo desnudo, siendo los rendimientos de 31.319, 31.325 y 29.903 ton/ha, aunque estos resultados resaltan en que al utilizar la película azul desarrollada en CIQA también superó a la película convencional negra, no siendo así para la coloración verde, lo que sucedió nuevamente en el presente estudio.

Los tratamientos acolchados mostraron mayor eficiencia el uso del agua que el testigo, fluctuando los incrementos desde un 121 hasta un 187 por ciento, resultando como mejor tratamiento el PEB. Esto es debido, en parte, a que el plástico actúa como una barrera impermeable al vapor de agua, impidiendo la evaporación del agua del suelo, conservando así la humedad y manteniéndola a disposición de las plantas para que efectúen su transpiración y el adecuado transporte de los elementos nutritivos (Guariento, 1983). Como ejemplo se puede citar el valor de la lámina de riego que para los acolchados fue de 44.94 cm y para el suelo sin cubierta fue de 71.35 cm.

El decremento en la lámina de agua aplicada y el efecto superior del rendimiento en los tratamientos acolchados es lo que conlleva a sugerir el acolchado entre los productores de Chile.

Para observar la eficiencia de la técnica del acolchado de suelo en cuanto al uso del agua en el cultivo, podemos deducir que si el plástico impide la evaporación del agua del suelo, conservando y manteniendo la humedad a disposición de las

plantas, con los resultados obtenidos en este trabajo concluimos que el tipo de plástico también influye ya que el mejor tratamiento, PEB, supera al testigo convencional con un incremento de casi dos kilos de fruto por metro cúbico de agua aplicado, con lo que se demuestra la eficiencia del acolchado, ya que aún sin incrementos tan grandiosos como cuando se comparan otros tratamientos acolchados contra suelo desnudo, los acolchados fotoselectivos superan al testigo convencional (PEN), en tanto que solo el PER, PEV y PVCGH resultaron inferiores a éste.

Caracterización Agronómica de las Películas Fotoselectivas y Eficiencia de la Técnica de Acolchado

La caracterización de las películas fotoselectivas se realizó en base al color y tipo de material de las mismas, tomando en cuenta las variables evaluadas en el presente trabajo.

Se tomaron en cuenta los dos mejores tratamientos en cuanto a rendimiento, el tratamiento más deficiente de todos los acolchados y los testigos (convencional y absoluto) para poder determinar la caracterización agronómica de las películas estudiadas.

La película de PEB fue caracterizada agronómicamente como la mejor debido a que obtuvo el mayor porcentaje de floración a los 48 ddt (74.83 por ciento), la mayor temperatura promedio del suelo a 15 cm de profundidad (34.4°C), la mayor eficiencia en el uso de los nutrimentos y del agua, lo que se manifestó en un mayor número de frutos totales por planta (73 frutos) y un mayor rendimiento (52.988 ton/ha). Aunque los resultados del IAF y peso seco de hoja no fueron los mayores valores registrados

en comparación con el testigo convencional, éstos no fueron indicadores de altos rendimientos, de la misma manera, el mayor promedio de RFA recibida lo registra el tratamiento PVCGH, el cual fue el que registró la menor producción de todos los tratamientos con cubierta plástica, por lo que tampoco este parámetro fue un indicador de mayor rendimiento (cuadro 5.1)

Para poder determinar la eficiencia de la técnica de acolchado, se hizo la comparación del testigo convencional, PEN contra todos los tratamientos tomando como 100 por ciento la producción obtenida en este tratamiento.

En base a esto podemos mencionar que si se está invirtiendo en el acolchado (generalmente la película convencional) como técnica para incrementar rendimiento y calidad de los productos, vale la pena utilizar las películas fotoselectivas. En el presente estudio se obtuvieron incrementos en el rendimiento de 0.59, 1.33, 4.21, 6.57, 9.14 y 20.96 con las películas PVCR, PEAm, PEC, PEA, PVCBO y PEB, con respecto al testigo convencional (PEN comercial), de las películas que incrementaron el rendimiento con respecto a este testigo, todos los PE fueron procesados en CIQA (figura 5.1)

Estos resultados demuestran que si se eficientiza la técnica de acolchado de suelos cuando se utilizan películas con características especiales, en este caso particular, con la utilización de películas fotoselectivas.

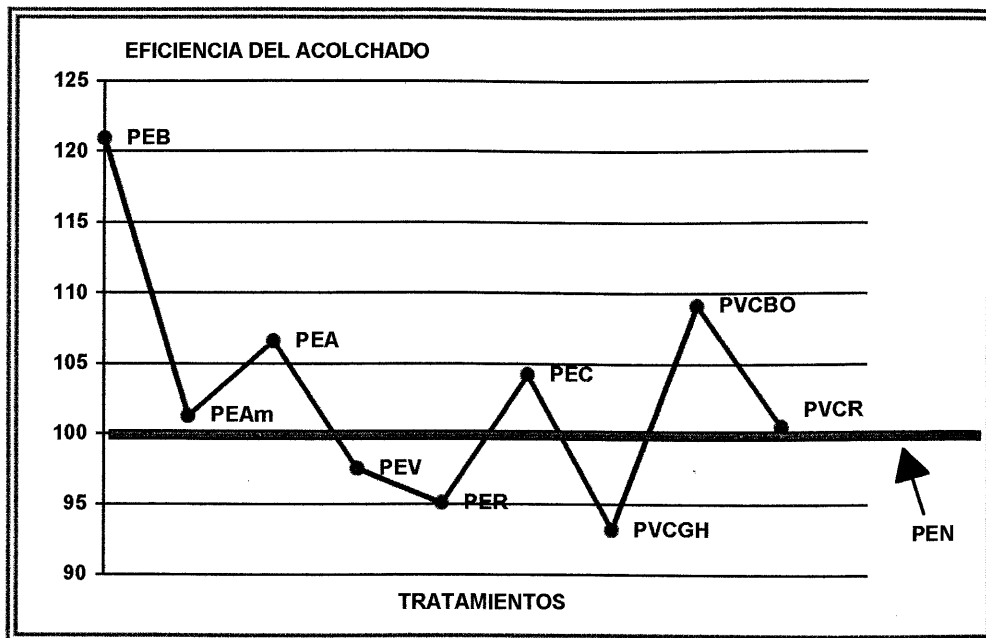


Figura 5.1. Eficiencia de la técnica del acolchado al utilizar películas fotoselectivas en el cultivo de chile Anaheim. CIQA, 1994

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye lo siguiente:

Cuadro 5.1 Caracterización agronómica de las películas fotoselectivas evaluadas en Chile Anaheim con fertirrigación. CIQA, 1994

Tratamiento	Floración a 48 ddt %	IAF	Peso seco hoja g/planta	Frutos totales por planta No.	RFA $\mu\text{moles m}^2\text{s}^{-1}$	Temperatura del suelo °C a 15 cm prof.	Eficiencia Nutrimientos kgf/kg nutr.	Eficiencia del agua kgf/m ³	Rendimiento ton/ha
PEB	74.83	1.0484	4.805	73.39	1335.48	34.4	490.629	10.610	52.988
PVCBO	66.06	0.8782	4.327	70.52	1340.09	29.72	442.712	9.574	47.813
PEN	71.92	1.1612	5.862	65.06	1338.82	33.71	405.601	8.771	43.805
PVCGH	60.10	1.0275	4.757	64.83	1347.57	33.88	377.925	8.173	40.816
T	42.80	0.3527	1.175	41.18	1323.74	23.25	219.592	3.693	26.351

PEB y PVCBO fueron los mejores tratamientos

PVCGH fue el tratamiento más deficiente

PEN y T fueron los testigos: convencional y absoluto respectivamente

CONCLUSIONES

- ⇒ La hipótesis planteada de que las películas fotoselectivas estudiadas superaron a la convencional es cierta, si se toma como base que la PEB, PVCBO, PEA, PEC, PEAm y PVCr incrementaron la productividad respecto a la película convencional representada por PEN.
- ⇒ Un mayor valor de IAF y peso seco de hoja no fueron indicadores de una mayor producción, aunque su contribución en todos los tratamientos acolchados fueron superiores en magnitud al testigo absoluto.
- ⇒ La totalidad de los tratamientos acolchados registró una anticipación a cosecha de siete días, significando esto que la coloración o composición química de las películas no tuvo una influencia en la precocidad.
- ⇒ El mejor tratamiento fue el PEB registrando el mayor número de frutos totales por planta, mayor rendimiento así como también el mayor uso eficiente de nutrimentos y agua, la lámina de agua ahorrada por efecto del acolchado fue de 21.41 cm (30 por ciento).

En acuerdo con el estudio elaborado y la información bibliográfica revisada, se sugiere un estudio con especial énfasis en la calidad de la luz reflejada por los

tratamientos acolchados. Sugiere también un monitoreo diario de la temperatura a través del ciclo vegetativo del cultivo para una información más confiable de su efecto sobre el cultivo de chile. La consideración de ambos factores y su correlación con el rendimiento pueden esclarecer el efecto de las películas sobre la productividad del cultivo de chile y quizá de otros cultivos.

RESUMEN

Para estudiar el efecto de las películas fotoselectivas, se estableció el cultivo de chile Anaheim bajo condiciones de acolchado y fertirrigación en el ciclo Primavera-Verano de 1994 con el objeto de evaluar seis películas fotoselectivas procesadas en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) y cuatro películas comerciales contra un testigo, sin cubierta plástica. Los tratamientos fueron sorteados en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, los tratamientos fueron: Polietileno blanco (PEB), amarillo (PEAm), azul (PEA), verde (PEV), rojo (PER), café (PEC), (películas procesadas en CIQA); negro (PEN, testigo convencional), Policloruro de vinilo gris humo (PVCGH), blanco opaco (PVCBO) y rosa (PVCR) (películas comerciales) y T (testigo absoluto, sin cubierta plástica).

Las camas se espaciaron a 1.3 m con una distancia entre plantas de 0.3 m, obteniéndose 25,640 plantas por hectárea. El sistema de riego fue por goteo, determinándose la frecuencia y lámina de riego en base a la metodología de tanque tipo "A", dosificándose en la tubería de riego la aplicación de nutrimentos tres veces por semana a partir de la fecha del trasplante hasta el final del ciclo vegetativo.

El mayor valor de IAF lo registró el tratamiento PER con 1.2257, registrando también el mayor peso seco de hoja con 6.025 gramos por planta, sin embargo, dicho tratamiento ocupó el penúltimo lugar entre los tratamientos de cobertura de suelo con

41.661 ton/ha. Lo que indica que un mayor valor de IAF y peso seco de hoja no fueron los responsables únicos de una mayor producción.

La anticipación a cosecha con la totalidad de tratamientos de acolchado respecto al testigo absoluto fue de siete días, lo que significa que la coloración o composición química de la película no tuvieron una influencia en la precocidad.

El tratamiento PEB registró el mayor número de frutos totales por planta con 73.39 y fue a su vez el que registró el mayor rendimiento con 52.988 ton/ha, lo que significa un incremento de 9.18 ton/ha (21%) con respecto al testigo convencional y 26.64 ton/ha (101%) con respecto al testigo absoluto.

Se hicieron dos muestreos de RFA y temperatura del suelo, registrándose lecturas durante doce horas los días 1 de junio y 4 de julio. En ambos muestreos, los valores máximos de RFA recibida se registraron a las doce horas para todos los tratamientos, pero un mayor valor de RFA no fue indicador de mayor rendimiento.

La temperatura del suelo, es quizá el efecto más importante del acolchado en el rendimiento, todos los tratamientos con cobertura plástica superaron al testigo en temperatura con valores que variaron desde 12 hasta 20°C en las dos fechas de evaluación a una profundidad del suelo de 15 cm, que es donde se encuentra localizada en promedio la mayor cantidad de biomasa radical. La temperatura del suelo registró diferente tendencia, en el primer muestreo, el mayor valor lo registró PEB con una temperatura media de 34°C y en el segundo muestreo el PER con 39°C, lo que no se relaciona de una manera directa con el rendimiento.

El mayor uso eficiente de nutrimentos y agua lo registró el PEB que superó al testigo absoluto con 101 y 123% respectivamente. La lámina de agua ahorrada por efecto del acolchado fue de 21.41 cm (30%).

En acuerdo con el estudio elaborado y la información bibliográfica revisada, se sugiere un estudio con especial énfasis en la calidad de la luz reflejada por los tratamientos acolchados. Sugiere también un monitoreo diario de la temperatura a través del ciclo vegetativo del cultivo para una información más confiable de su efecto sobre el cultivo de chile. La consideración de ambos factores y su correlación con el rendimiento pueden esclarecer el efecto de las películas sobre la productividad del cultivo de chile y quizá de otros cultivos.

LITERATURA CITADA

- Al-Hajjar H., F., M.S. Lahalii and A.S. Akasiah. 1990. Effect of additives on the properties and field performance of nutritional mulch film. ICPA. XI International Congress. The use of plastics in agriculture. 26th February-2nd March, 1990. New Delhi, India.
- Adrados B., C., J.L. Gutiérrez, E. García y J.M. Cruz. 1983. Estudio de la transmisión a distintas longitudes de onda de filmes plásticos utilizados en el forzado y protección de cultivos. I Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. 28 Nov. - 1 Dic., Valencia, España.
- Arellano G., M.A. 1995. Fertirrigación. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura. León, Guanajuato. 5-7 de Octubre, 1995.
- Aviña G., M.E. 1995. Fenología, fenometría y rendimiento en calabacita con acolchado plástico, cubiertas flotantes y Ethrel. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista Saltillo, Coahuila.
- Benoit F. and N. Ceustermans. 1992. Ecological vegetable with plastics. Revista Plasticulture. No. 95. 1992/3. Belgique.
- Brown E., J., W. D. Goff, W. Hogue, M.S., West, C. Stevens, V.A. Khan, B.C., Early and L.S., Brasher. 1991. Effects of plastic mulch color on yield and earliness of tomato. 23rd National Agricultural Plastics Congress. American Society for Plasticulture. Edited by James E. Brown. Sept. 29 - Oct. 3, 1991. Mobile, Alabama.
- Bueno A., J. 1984. Filmes de PVC para usos agrícolas. Revista de Plásticos Modernos. Núm. 333. Marzo (1984). España.
- Campos A., J.A. de, S. Miguel, P.D. Castel y C.E.M. Siqueira. 1992. Análisis de la productividad de pepino *Cucumis sativus* L. variedad "Vista alegre", utilizando cobertura de suelo con plástico de colores diferentes. CEPLA, Comité Español de Plásticos en Agricultura. 1992. XII Congreso

Internacional de Plásticos en Agricultura. 3-8 de Mayo, 1992. Granada, España

- Daponte F., T.L. and P. Verschaeren. 1994. New photoselective films for use in horti- and agriculture. 13th International Congress of CIAPA (Comité International des Plastiques en Agriculture), 8 - 11 March, 1994. Verona, Italia
- 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, 1991. Mobile, Alabama.
- Exportadora de Plásticos Agrícola, S.A. de C.V. (EPA). 1992. Películas de plástico para acolchados y microtúneles. Calidad y características. Finalidades. Guadalajara, Jalisco
- Flores V., J. y S. Ventura. 1992. La fertirrigación en el cultivo de chile bajo acolchado de suelos. Reporte Interno Anual. Dirección de Tecnología de Plásticos. Centro de Investigación en Química Aplicada. Saltillo, Coahuila.
- Flores V., J. 1993. Evaluación del acolchado de suelos con películas fotoselectivas en el cultivo de chile Anaheim con fertirrigación. Reporte Interno Anual. Dirección de Tecnología de Plásticos. Centro de Investigación en Química Aplicada. Saltillo, Coahuila.
- García G. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2^a Edición, UNAM, México,
- García V., M.A.C. 1994. Desarrollo y rendimiento del cultivo de melón *Cucumis melo* L. híbrido "Laguna" con diferentes tratamientos acolchados fotodegradables. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Gilead, D. 1990. Photodegradable films for agriculture, polymer degradation and stability. Elsevier Science Publishers Ltd. 0141/90. England
- Gómez L., R.F. 1994. Efecto de las películas plásticas fotoselectivas para acolchado de suelos en calabacita *Cucurbita pepo* L. cv *Zucchini Gray*. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista Saltillo, Coahuila.

- Guariento, M. 1983. El acolchado en diversas situaciones agroclimáticas. IX Congreso Internacional de Agricultura con Plásticos. 6-12 de Noviembre, 1983. Guadalajara, Jalisco.
- Hanying Q., W. Peizhang and W. Xiuxian. 1990. Utilization of plastics in agriculture in China. ICPA. XI International Congress. The use of plastics in agriculture. 26th February-2nd March, 1990. New Delhi, India.
- Hempill, D.D. and H.G. Clough. 1990. Tomato, melon and pepper production on degradable and infrared-trasmiting mulches in Oregon. Proc.of the 22 nd Congress National Agricultural Plastics Association. Laval University, Macdonald College, McGill University. Montreal, Quebec, Canada.
- Henshaw D., M., J.E. Brown and W. A. Griffey. 1991. Use of reflective mulches in control of mosaic viruses in Summer Squash. 23rd National Agricultural Plastics Congress. American Society for Plasticulture. Edited by James E. Brown. Sept. 29 - Oct. 3, 1991. Mobile, Alabama.
- Hortalizas, Frutas y Flores. 1992. Comercio Nacional: Saladette, chile, melón y sandía, negocios calientes. No. 2, Febrero 28, 1992. Editorial Año Dos Mil, S.A. México.
- Ibarra J., L. y A. Rodríguez. 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas. 1^a Edición. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México.
- Ilic, P. 1992. Control efectivo de malezas en el Valle de San Joaquín. Revista Hortalizas, Frutas y Flores. No. 2/Febrero 28/1992. Editorial Año Dos Mil, S.A. México.
- Lahalih M., S. 1992. Película para acolchado en plástico plurilaminar, degradable y con dispensador regulable de nutrientes. CEPLA, Comité Español de Plásticos en Agricultura. 1992. XII Congreso Internacional de Plásticos en Agricultura. 3-8 de Mayo, 1992. Granada, España
- Lara Z., M.A. 1993. Efecto de las películas fotoselectivas de plástico para acolchado de suelos en el cultivo de pimiento morrón *Capsicum annuum* cv Yolo Wonder. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Linares M., J.E. 1993. Efecto de películas fotoselectivas de plástico para acolchado de suelos en el cultivo de sandía *Citrullus lanatus* T. cv Charleston Gray.

Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.

- Lorenz A., O. and D. N. Maynard. 1988. Knott's Handbook for vegetable growers. Third Edition. A Wiley-Interscience Publication. U.S.A.
- Maltos M., R. 1988. Cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) bajo acolchado de suelos y tres niveles de fertilización. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Marquez L., G. 1991. Efecto de la irrigación en caracteres agronómicos del pimiento morrón *Capsicum annuum* L. desarrollado con acolchado de suelos. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Martínez T., A. 1996. Evaluación de películas fotodegradables en el cultivo de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Medina F., L. 1994. Respuesta de las cubiertas flotantes y/o el acolchado plástico en el desarrollo, rendimiento y control de insectos vectores de virosis en calabacita (*Cucurbita pepo* L.). Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Orona V., F. 1994. Efecto de pigmentos sobre la fotooxidación de películas de PELBD/PEBD. Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Coahuila. Facultad de Ciencias Químicas. Saltillo, Coahuila
- Ramírez V., R.R., S. Sánchez. y F. Orona. 1992. Películas fotoselectivas para uso agrícola a base de mezclas de polietilenos. Estudio del efecto de pigmentos sobre el envejecimiento. CEPLA, Comité Español de Plásticos en Agricultura. 1992. XII Congreso Internacional de Plásticos en Agricultura. 3-8 de Mayo, 1992. Granada, España.
- Robledo de P., F. y L. Martín. 1988. Aplicación de los plásticos en la agricultura. 2ª Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Robledo de P., F. 1992. Estado actual de las aplicaciones de plásticos en la agricultura española. CEPLA, Comité Español de Plásticos en Agricultura. 1992. XII Congreso Internacional de Plásticos en Agricultura. 3-8 de Mayo, 1992. Granada, España.

- Rodríguez G., J.G. 1994. Evaluación de películas fotodegradables para acolchado y su influencia en el cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum*, Mill. cv Flora-Dade. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Rodríguez, P., A. y L. Ibarra. 1991. Semiforzado de cultivos mediante el uso de plásticos. 1ª Edición. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México.
- Salgado V., J. 1986. Evaluación de cinco cultivares de chile pimiento morrón *Capsicum annuum* L. bajo el sistema de acolchado plástico. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Sandoval R., A. 1993. Efecto de la fotoselectividad de las películas de acolchado en el crecimiento y rendimiento en tomate *Lycopersicon esculentum* Mill cv Flora-dade. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Sin Fecha. Boletín Informativo sobre costos de cultivo. Coahuila, México.
- Serrano C., Z. 1990. Técnicas de Invernadero. PAO Suministros Gráficos, S. A. Sevilla, España.
- Snedecor W. G. and Cockran, W.G. 1989. Statistical methods. 8th Edition. Press/Annes. England.
- Tisdale L., S. y W. L. Nelson. 1988. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. 1ª Edición en Español. Editorial. UTHEA. México.
- Torres R., E. 1983. Producción intensiva de alimentos bajo cubiertas plásticas. IV Congreso Latinoamericano de Energía Solar. Septiembre, 1983. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela
- Torres R., E. 1984. Agrometeorología. Editorial DIANA, S.A. México.
- Valadez L., A. 1994. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. México.

- Weiss, D. 1995. Cubiertas de plástico para invernadero como filtro lumínico para controlar el desarrollo vegetativo. Memorias del Simposium Internacional de Tecnologías Agrícolas con Plásticos. León, Guanajuato. 5-7 de Octubre, 1995.
- Veschambre D. et L. Vayasse. 1980. Memento goute a goute. Centre Technique Interprofessions des fruits et legumes. París, Francia.
- Wilder V., R. 1990. Degradables. Revista de Plásticos Modernos. Núm. 408. Junio, 1990. España.
- Zarka Y. 1992. Películas fotoselectivas 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