

**CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE PELÍCULAS
FOTOSELECTIVAS PARA ACOLCHADO EN EL CULTIVO DE
CHILE ANAHEIM CON FERTIRRIGACIÓN**

Juanita Flores Velásquez¹, José Hernández Dávila², Luis Ibarra Jiménez³

¹ Tesista Maestría en Horticultura.

² Ing. M.C. Maestro-Investigador. Dpto. de Horticultura. Div. de Agronomía. UAAAN

³ Ing. M.C. Investigador Titular. Dpto. Agroplásticos. Div. Tecnología de Procesado de Plásticos. CIQA

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar seis películas fotoselectivas para acolchado, procesadas en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) y cuatro películas fotoselectivas comerciales, en el cultivo de chile Anaheim bajo condiciones de fertirrigación. El trabajo de campo se realizó 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. 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 eficiencia de aprovechamiento de los nutrimentos con incrementos que van desde 72 hasta 123 %; también mostraron mayor eficiencia en el uso del agua, ya que registraron incrementos desde 121 hasta 187 % con respecto al testigo absoluto. La lámina de agua ahorrada por efecto de la cubierta plástica fue de 21.4 cm (30 %), el testigo recibió 71.4 cm de lámina de agua. El mejor tratamiento fue el PEB, con un rendimiento de 52.99 t. ha⁻¹ seguido de los tratamientos PVCBO y PEA, con rendimientos de 47.70 y 46.68 t. ha⁻¹ respectivamente, el testigo absoluto registró un rendimiento de 26.35 t. ha⁻¹.

Palabras clave: polietileno (PE), policloruro de vinilo (PVC), caracteres agronómicos, rendimiento, radiación fotosintéticamente activa, temperatura del suelo

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate six films developed at the Chemistry Applied Research Center (CIQA) and four commercial films in the crop of chili "Anaheim" under fertirrigation conditions; it was carried out during the seasons Spring-Summer in 1994 using a randomized complete block design with four replications. 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. Because of increasing in temperature and a better humidity distribution in the soil tied to the mulching treatments, a higher efficiency in nutrients assimilation was achieved, with values from 72 up to 123%, also the efficient use of water increased from 121 up to 187% with respect to the control; by effect of the plastic cover, the saved water was 21.4 cm (30%), the control received 71.4 cm. The best yield was for the WPE treatment, 52.99 t. ha⁻¹, followed by OWPVC with 47.70 t. ha⁻¹ (commercial film), and BPE, with 46.684 t. ha⁻¹; the control registred a yield of 26.35 t. ha⁻¹.

Key Words: polyethylene (PE), polyvinyl chloride (PVC), agronomic characters; yield, photosynthetically active radiation, soil temperature

INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile en México incrementa su superficie de siembra año con año y su consumo per cápita anual es de 25 kilos. Las pérdidas resultantes entre la superficie sembrada y cosechada se deben a problemas de virosis y bacterias; el control de malezas es uno de los problemas más serios en las regiones productoras de chile. Para su control, así como para obtener cosechas tempranas y mejorar su calidad, se recomienda utilizar el acolchado de suelos y la fertirrigación (Arellano, 1995).

En los últimos años, las tendencias de investigación con materiales plásticos para la agricultura se enfocan a la búsqueda de mayores rendimientos, así como al uso eficiente de los recursos disponibles por lo que además de las películas convencionales negro opaco y transparente, la industria polimérica ha desarrollado películas con características especiales, entre las que se encuentran las fotoselectivas, las cuales afectan la luz del ambiente de la planta, y alteran la composición de la longitud de onda y cantidad de radiación reflejada por la superficie del acolchado dentro del dosel de la planta (Benoit y Ceustermans, 1992).

Una película fotoselectiva debe proporcionar, al menos, los mismos beneficios que las películas convencionales además de reflejar longitudes de onda que fomentan cierta influencia en actividades biológicas de la planta como son los

efectos en la fotosíntesis, morfogenéticos y de fotoperiodo, entre otros (Ramírez *et al.*, 1992). La luminosidad tiene una importancia decisiva en todos los procesos vitales de los vegetales, ya que 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).

Decoteau y 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, influyendo de este modo en 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.

Al cultivar chile Anaheim bajo condiciones de acolchado plástico con películas fotoselectivas, para 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 de N-P-K 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 tratamientos no acolchados; se incrementó la producción en 17.03 (119.1 %), 17.86 (132.7 %) y 14.70 t. ha⁻¹ (96.6 %) en los tratamientos con acolchado de suelos con PE azul y los niveles de fertilización A₁, A₂ y A₃, respectivamente (Flores, 1993).

Al evaluar cinco películas de PVC (blanco, verde, rojo, amarillo y azul) y una de polietileno (negro) en el cultivo de pimiento morrón, Lara (1993) encontró que con el uso de películas fotoselectivas se incrementan los rendimientos independientemente del color utilizado. Fue la película blanca la que registró los mayores valores con 11.3 t. ha⁻¹. Superó con 8.3 t. ha⁻¹ al testigo, sin cubierta. Al evaluar la radiación solar reflejada por los plásticos, la película blanca fue la que reflejó más la radiación. Le siguieron en orden decreciente las películas amarilla, azul, verde y roja; la negra fue la que registró los valores más bajos.

En base a lo anterior, el presente trabajo pretende obtener la caracterización agronómica de películas fotoselectivas para acolchado de polietileno y policloruro de vinilo en el cultivo de chile Anaheim, para así determinar cuál es la película con mayor efecto sobre el rendimiento del cultivo, partiendo del supuesto de que las películas fotoselectivas provocarán en el cultivo un efecto similar al que producen las películas tradicionales, pero las superarán en algunas características del crecimiento vegetativo y productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

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 la ciudad de Saltillo, Coahuila.

Los tratamientos fueron: polietileno blanco (PEB), amarillo (PEAm), azul (PEA), verde (PEV), rojo (PER) y café (PEC), películas procesadas en CIQA; negro (PEN), película convencional considerada como testigo; policloruro de vinilo gris humo (PVCGH), blanco opaco (PVCBO) y rosa (PVCR), películas comerciales contra un testigo sin cubierta, considerado como testigo absoluto.

El polietileno negro se incluyó como testigo de los acolchados o testigo convencional por ser la película que tradicionalmente se utiliza para acolchar, lo cual permite se valore 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 sólo para tener una referencia del comportamiento de este elemento desnudo con respecto al acolchado, ya que es bien conocido que el acolchado de suelos da muy buenos resultados.

Los tratamientos estudiados se evaluaron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. 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.

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

El sistema de riego fue por goteo. La frecuencia y lámina de riego se determinaron en base a la metodología de tanque evaporímetro 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), de etapa intermedia (61-95 ddt) y de etapa final hasta el fin de la cosecha.

La fertilización utilizada para los tratamientos acolchados fue 180-90-90 y para el testigo 200-100-100 de NPK. Las formulaciones aplicadas están basadas en resultados de investigaciones precedentes, en las que se determinó que son las más sobresalientes (Flores y Ventura, 1993), quienes trabajaron con diferentes dosis de fertilización, y determinaron que el acolchado y el testigo manifiestan su mayor rendimiento con las dosis antes mencionadas. La fertilización se aplicó en

forma fraccionada cada tercer día, a partir del trasplante y durante todo el ciclo vegetativo.

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.

Para poder reportar el índice de área foliar (IAF) 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 y cada repetición para la determinación del área foliar, mediante un medidor de área foliar Delta. Se realizó un único muestreo de plantas que se llevó 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:

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

Se determinó el peso seco de las hojas a las plantas 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 en bolsas de papel estraza, etiquetadas, de acuerdo a cada uno de los tratamientos y se llevaron a una estufa de aire caliente

donde se pusieron a secar a 70°C durante 48 horas, tiempo en que alcanzaron peso seco constante.

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 fotosintéticamente activa (RFA) se determinó en forma instantánea mediante sensores de tipo Quantum, con un equipo Data-Logger LI 1000 de LICOR Co, para su posterior análisis gráfico.

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).

Se evaluó la eficiencia de los nutrientes por tratamiento, al contrastarse los kilogramos de fruto producidos por los de nutrimento aplicado, mientras que para la evaluación de la eficiencia en el uso del agua se relacionaron los kilogramos de fruto producidos por metro cúbico de agua aplicada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas de chile de los tratamientos acolchados presentaron el inicio de la floración a los 40 ddt, excepto el tratamiento PVCr, que aunque registró sus primeras flores al mismo tiempo que los tratamientos de PE, no

completó el 50 % 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 la cosecha. Esta información indica que el uso de acolchados de colores distintos no tiene un efecto en la floración precoz de flores perfectas, en el cultivo de Chile.

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; sin embargo, es muy posible que ambas variables conjuntamente no sean las únicas responsables del incremento de la producción al emplear el acolchado plástico. El presente estudio, indica que un mayor IAF y el peso seco de hoja no son indicadores de mayor rendimiento, pero quedó bien establecido que el acolchado promovió significativamente IAF y el 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 (Cuadro 1).

Al hacer las comparaciones entre acolchados fotoselectivos encontramos que el testigo convencional, PEN, superó a todos los tratamientos fotoselectivos en IAF a excepción del PER, que registró el mayor valor con 1.2257, y también el mayor peso seco de hoja, con 60.25 g por planta. El testigo absoluto fue superado por el testigo convencional en 398% (5.86 vs 1.17 gramos por planta de peso seco)

Cuadro 1. Algunas de las variables evaluadas en el cultivo de chile Anaheim con películas fotoselectivas.

Trata.	Índice área foliar	Peso seco hoja, g.planta ⁻¹	Frutos totales por planta, número	Rend., t. ha ⁻¹	Eficiencia en el uso de Nutrimentos, kg.kg ⁻¹		Eficiencia en el uso del agua, kg.m ³
					N	P y K	
PER	1.23 a	6.02 a	63.70 a	41.66 ab	231.45	462.90	8.34
PEN	1.16 a	5.86 a	65.06 a	43.80 ab	243.36	486.72	8.77
PEC	1.16 a	5.86 a	67.08 a	45.65 a	253.61	507.22	9.14
PEV	1.13 a	5.55 a	66.16 a	42.73 ab	237.40	474.81	8.56
PVCR	1.07 a	5.42 a	66.20 a	44.07 ab	247.82	495.63	8.82
PEB	1.05 a	4.80 a	73.39 a	52.99 a	294.38	588.75	10.61
PVCGH	1.03 a	4.76 a	64.83 a	40.81 ab	226.75	453.51	8.17
PEA	0.97 ab	4.73 a	72.08 a	46.68 a	259.35	518.71	9.35
PEAm	0.91 ab	4.61 a	67.77 a	44.41 ab	246.60	493.23	8.89
PVCBO	0.88 ab	4.33 a	70.52 a	47.70 a	265.63	531.25	9.57
T	0.35 b	1.17 b	41.18 b	26.35 b	131.75	263.51	3.69
Signif.	**	**	**	**	ND	ND	ND
Tukey	0.54	2.49	19.5	15.2			
C.V. (%)	22.18	20.73	12.18	14.27			

Resultados con la misma literal son iguales entre sí con $P < 0.05$

N.D. = No determinado

La anticipación de la cosecha en la totalidad de los 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. Los resultados de precocidad de la cosecha obtenidos en este estudio concuerdan con Maltos (1988), quien reporta la anticipación de la cosecha de cuatro y cinco días por efecto de acolchado con plástico negro y transparente, respecto al testigo, que promedió 64 ddt para iniciar la cosecha en el cultivo de chile Anaheim. Flores (1993) reporta un adelanto de 21 días de anticipación de los tratamientos acolchados con películas fotoselectivas de color azul, verde

(procesadas en CIQA) y negro (película comercial), con respecto al suelo desnudo, en el cultivo de chile Anaheim.

El tratamiento PEB registró el mayor número de frutos totales por planta con 73.4, y a su vez fue el que registró el mayor rendimiento con 53.0 t. ha⁻¹, lo que significa un incremento de 9.2 t. ha⁻¹ (21%) con respecto al testigo convencional y 26.6 t. ha⁻¹ (101%) con respecto al testigo absoluto.

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; sin embargo, fue el primero el que registró menor número de frutos totales por planta entre los polietilenos, con 63.7 frutos; los tratamientos PEB, PEA y PVCBO, registraron los mayores valores con 8.3, 7.0 y 5.5 frutos adicionales que los obtenidos por el testigo convencional.

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

Las mediciones de RFA y de temperatura del suelo se registraron 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 (datos no mostrados).

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 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, en el segundo, el PER con 39°C, lo que no se relaciona de una manera definitiva con el rendimiento.

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

El mayor uso eficiente de nutrimentos y agua lo registró el PEB, que superó al testigo convencional con 84 y 137% para uso eficiente de nutrimentos y agua; en cambio, al testigo absoluto lo superó con 123 y 187%, respectivamente. La lámina de agua ahorrada por efecto del acolchado fue de 24.4 cm (30%).

Con el fin de respaldar lo anterior y basándonos en los resultados obtenidos en el presente trabajo, podemos sugerir que si se utiliza el acolchado con películas convencionales se pueden obtener diversos beneficios, pero si se utilizan películas con diferente color, se optimiza el desarrollo y rendimiento y, por tanto, los beneficios para los agricultores.

Se sabe que la radiación reflejada por las películas fotoselectivas tiene una importante función en el desarrollo y rendimiento del cultivo, por lo que se sugiere su estudio en futuros ensayos.

LITERATURA CITADA

- 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. *In*: 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.
- Benoit F. y N. Ceustermans. 1992. Ecological vegetable with plastics. *Revista Plasticulture*. No. 95. 1992/3.
- Decoteau D., R. y H. Friend. 1991. Plant responses to wavelength selective mulches y row covers: a discussion of light effects on plants. *In*: 23rd National Agricultural Plastics Congress. American Society for Plasticulture. Edited by James E. Brown. Mobile, Alabama.
- Flores V., J. y S. Ventura. 1993. 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.
- 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.
- 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.
- 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. *In*: XII Congreso Internacional de Plásticos en Agricultura. 3-8 de mayo, 1992. Granada, España.
- Veschambre D. et L. Vayasse. 1980. Memento goutte á goutte. Centre Technique Interprofessions des fruits et legumes. París, Francia.