Una de las características primordiales de las películas plásticas agrícolas es transmitir la mayor cantidad posible de luz solar beneficiosa para el desarrollo del cultivo.

Cubiertas plásticas para aplicación en agricultura

GONZÁLEZ CANTÚ M. C., SÁNCHEZ LÓPEZ S. Y QUEZADA MARTÍN M. R.

Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)
Saltillo, Coahuila. México 25100



Las plantas dependen principalmente de la energía solar para su crecimiento, desarrollo y producción, ya que mediante ésta se lleva a cabo el proceso de fotosíntesis, el cual es indispensable para su crecimiento. Una de las características primordiales que deben cumplir las películas plásticas para aplicación en agricultura, es de transmitir al cultivo la mayor cantidad de luz solar posible, para que las plantas realicen su función fotosintética de forma óptima y por otro lado que se tenga en el interior del invernadero un adecuado balance térmico. Una película comercial para invernadero como mínimo debe transmitir el 80% de luz total para permitir el desarrollo de las actividades fotosintéticas de los cultivos.

Para desarrollar películas que reflejen cierta cantidad de luz, es necesario emplear pigmentos que proporcionen este efecto, como son los pigmentos metálicos a base aluminio.

Para lograr lo anterior, es necesario en primera instancia seleccionar el tipo de material plástico que cumpla con las especificaciones para la elaboración de cubiertas plásticas para invernadero. Para está aplicación se seleccionaron mezclas de polietileno de baja densidad (LDPE) y polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) debido a su bajo costo y a las buenas propiedades que presentan.

Para obtener una buena estabilidad a la radiación UV se utilizaron aditivos comerciales como un fotoprotector UV y una combinación de antioxidantes con la finalidad de protegerla durante el procesado y al ser expuesta a la

radiación ultravioleta, tanto en las películas desarrolladas como la de referencia.

Para lograr desarrollar películas que reflejen un cierta cantidad de luz, es necesario emplear pigmentos que proporcionen este efecto, como son los pigmentos metálicos a base aluminio. Para lograr ésto fue necesario hacer una selección del tamaño de partícula de los pigmentos empleados basándose principalmente en su porciento de transición, ya que la cantidad e intensidad con que la luz llega a la planta se vera reflejada en su actividad fotosintética y su desarrollo.

En este estudio de investigación se utilizaron un total de 16 películas, divididas en tres etapas: 1) estudio preliminar, el cual consistió en seleccionar cuatro pigmentos con diferente tamaños de partículas seleccionando las de mayor porcentaje de reflexión; 2) prueba de selección de laboratorio, de los tres pigmentos seleccionados se analizaron a tres diferentes concentraciones en cada uno de ellos con un total de 9 películas y 3) en la prueba de campo se seleccionó el pigmento y la concentración que presentó mejores propiedades de transmisión de luz con el fin de ser evaluado en el campo. Seleccionándose un total de tres películas y la testigo (película sin pigmento).

Parte experimental

Materias primas

Se utilizó una mezcla de polietileno de baja densidad con clave PX22004 sintetizado por Petroquímica Cangrejera, con un índice de fluidez de 0.4 g/10 min y un polietileno lineal de baja densidad con clave de Eastman con un índice de fluidez de 0.7 g/10 min. Los componentes involucrados en la formulación consistieron en un aditivo comercial del tipo fotoprotector ultravioleta (Tinuvin 622) y un antioxidante, Irganox 1076, los dos de CiBa-Chemicals. Además de cuatro pigmentos con diferente tamaño de partícula de Silberline Manufacturing Co.

Preparación de las formulaciones

Se formularon las películas que presentaron mejores propiedades de transmisión de luz para cada tipo de tamaño de partícula y se seleccionó la concentración que dio mejores resultados de cada uno de los pigmentos, además de una película testigo (sin el pigmento). El Cuadro 1 muestra las concentraciones y tamaños de partícula de los pigmentos seleccionados que se usaron para este desarrollo.

Extrusión e instalación de las películas

La elaboración de las películas se realizó en un extrusor marca Betol, monohusillo de laboratorio para película soplada, con cabezal de mezclado y un dado giratorio de 3.2 pulgadas de diámetro. Las condiciones para la extrusión de las películas pueden observarse en el cuadro 2.

El estudio de estas películas desarrolladas se llevó a cabo en microtúneles de armazón de hierro (con dimensiones de1.8 x 6 m), utilizándose plantas de calabacita de la especie «Zuchini-Grey.»

Evaluación de las propiedades mecánicas

Para la identificación y caracterización de las películas plásticas desarrolladas es necesario la determinación de las propiedades mecánicas originales en dirección máquina y transversal (DM y DT) con la finalidad de compararlas con la película testigo. Las propiedades mecánicas que se determinaron en las películas fueron las siguientes:

a) Resistencia a la tensión y porciento de elongación la prueba se realizó bajo la norma ASTM D-882, en un tensilometro marca Instron modelo 4301, las probetas se cortaron de 1 x 12 crn, con una velocidad de la prueba de 200 mm/min tanto en dirección máquina como transversal.

b) La propiedad mecánica de resistencia al rasgado se probó en un tensilómetro marca Instron modelo 4301, con una velocidad de prueba de 51 rnm/min de acuerdo al método de prueba ASTM D-1004 en dirección máquina y transversal.

c) Para la prueba de resistencia al impacto por caída libre de dardo fueron utilizadas probetas de 20 x 20 cm, empleando el método A de acuerdo a la norma ASTM D-1709, la prueba se realizo en un equipo de probador de impacto por caída libre de dardo, cuya marca es Customs Scientific Instruments modelo E567-C126-2,

d) Evaluación del intemperismo acelerado artificial. La fina-

Cuadro 1:
Formulaciones seleccionadas para las películas

Formulación	Tamaño de partículas (micras)	Concentración (pcr)
C - 3ª	54	1
C - 4B	34	0,2
C -5 M	640	1,5
Testigo	0	0

Cuadro 2:
Condiciones de procesamiento de las películas desarrolladas en el extrusor de película soplada

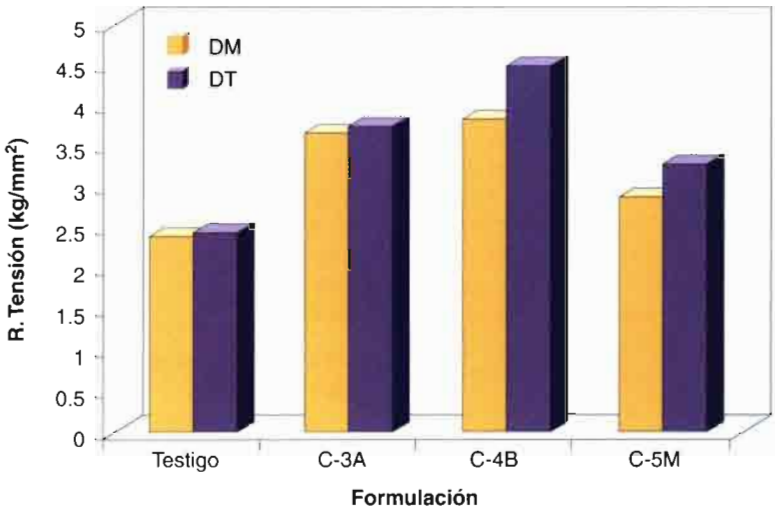
Condiciones	Temperaturas
Temperatura del barril	Zona 1 = 148° C
	Zona 2 = 191° C
	Zona 3 = 215° C
	Zona 4 = 220° C
Temperatura del dado	Zona 1 = 215° C
	Zona 2 = 220° C
	Dado giratorio = 220° C
Velocidad de jalado	1,0 - 1,1 m/min
Velocidad del husillo	46 rpm
Calibre	6,5 - 7 milésimas de pulgada
Ancho de película	70 cm película abierta

■ Para la identificación y caracterización de las películas plásticas desarrolladas es necesario determinar las propiedades mecánicas originales en dirección máquina y transversal

lidad de esta prueba fue generar las condiciones necesarias para acelerar el deterioro o desintegración de las películas plásticas desarrolladas y testigo, con e! fin de evaluar su carácter protector en base a la pérdida de ciertas propiedades mecánicas. La durabilidad de las películas ha sido determinada usando una cámara Q-Panel modelo QUV con ocho lámparas de luz ultravioleta del tipo UVB-313 con una emisión máxima de 280 - 315 nm. Las muestras se expusieron a ciclos alternos de 4 h de radiación ultravioleta/4 h condensación y a temperaturas de 70/60°C respectivamente.

El estudio se llevó a cabo de acuerdo a la norma ASTM G-53, por un período de ocho semanas, utilizando probetas con las siguientes dimensiones de 6 x 12 cm, extrayéndola de la cámara una cada semana con la finalidad de obtener una curva para determinar el 50% de vida media de las películas plásticas, basándose principalmente en la propiedad mecánica de elongación.

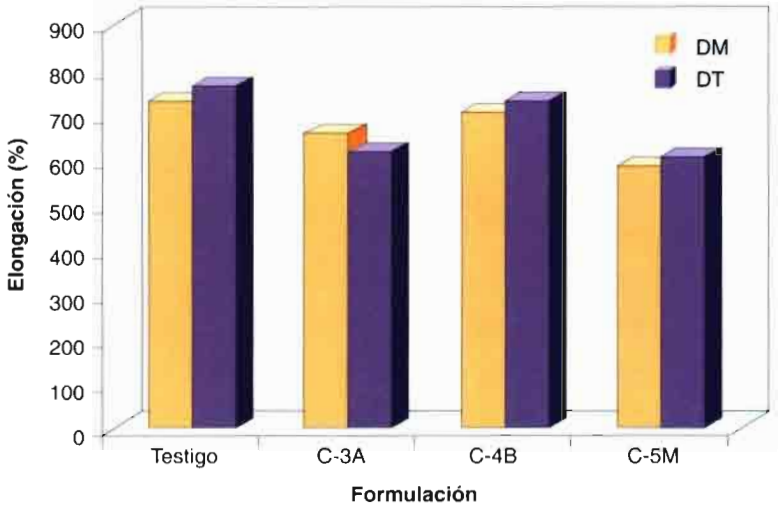
Figura 1:
Resultados obtenidos de las películas desarrolladas en resistencia a la tensión



e) Las propiedades agronómicas son los parámetros utilizados para determinar si una película plástica puede ser aplicada en



Figura 2:
Comportamiento de las formulaciones en cuanto a la propiedad de elongación



la agricultura, la cual debe cumplir con determinadas características como transmisión de luz a través de la película, disminución de la temperatura dentro del túnel y el rendimiento de la cosecha. Las mediciones de radiación fueron realizadas con un piranómetro marca Li-COR y la temperatura se registró a través de un sensor de temperatura ambiental marca Li-COR. Ambas mediciones se realizaron por un periodo de tres meses y colectando los datos cada hora en un equipo de almacenamiento Data-Logger LI-100 marca Li-COR.

Resultados y Discusión

Evaluación de las propiedades mecánicas originales

a) Resistencia a la tensión/ elongación

En la figura 1 se muestra los valores obtenidos en cuanto a la determinación de la propiedad mecánica de resistencia a la tensión de las películas desarrolladas (C-3A, C-4B y C-5M) comparada con la película testigo en dirección: máquina (DM) y transversal (DT).

La figura 1 muestra que las películas desarrolladas mejoran la



Figura 3:

Resultados obtenidos de las formulaciones desarrolladas en la propiedad de resistencia al rasgado

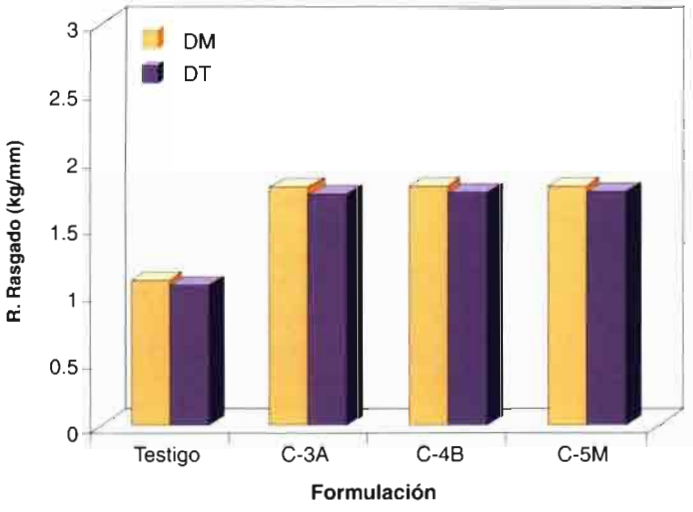


Figura 4:

Resultados obtenidos de la propiedad mecánica de resistencia al impacto por caída libre de dardo

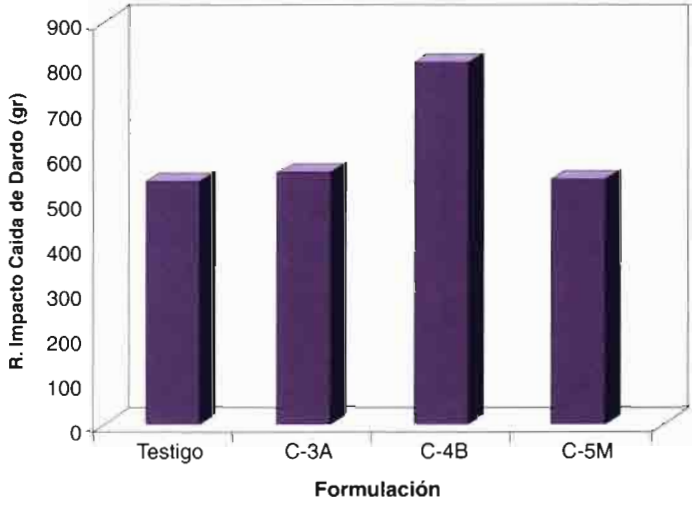


Figura 5:

Comportamiento de las películas desarrolladas con respecto al testigo en equipo de envejecimiento acelerado

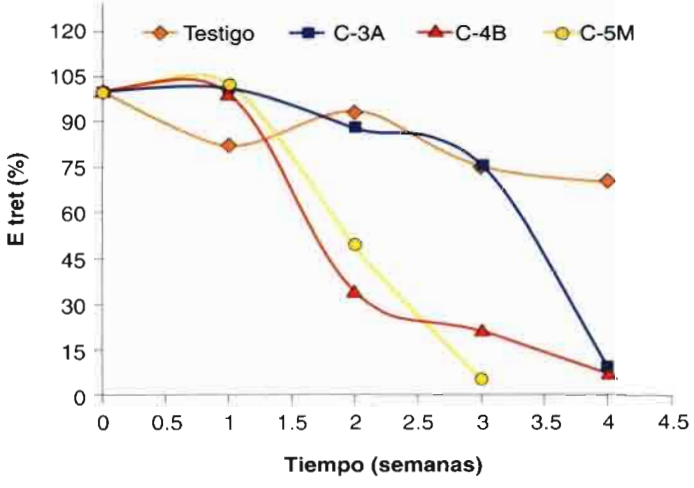
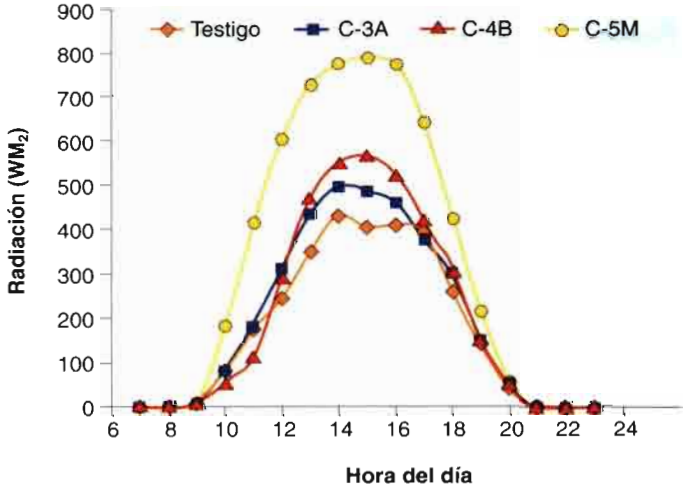


Figura 6:

Transmisión de luz total de las películas desarrolladas con respecto al testigo



propiedad de resistencia a la tensión tanto en la dirección máquina como transversal, presentando valores para las películas desarrolladas de: 3.65 y 3.75 kg/mm2 para C-3A, 3.82 y 4.49 kg/mm2 para C-4B, 2.89 y 3.27 kg/mm2 para C-5M, y el valor de la película testigo fue de 3.40 y 2.44 kg/mm2. Presentando un incremento del 52 y 54% para C-3A, del 59 y 84% para C-4B y del 20 y 34% para C-5M con respecto a la película testigo. Las mejores propiedades son de la película desarrollada C-4B, la cuál contiene el pigmento con baja concentración y menor tamaño de partícula.

■ Con respecto a la propiedad de elongación las películas desarrolladas presentaron valores inferiores a la película testigo

Con respecto a la propiedad de elongación, como se muestra en la figura 2, las películas desarrolladas presentaron valores inferiores en las dos direcciones con respecto a la película testigo, con una pérdida de la propiedad del 10% C-3A, 5 C-4B y 21% C-5M en la dirección transversal. La pe-

lícula C-4B presenta mejor propiedad comparada con las restantes, la cual tiene el tamaño de partícula más pequeño pero aun así presenta una disminución del 5% en comparación a la película testigo.

b) Resistencia al rasgado

La figura 3 muestra la tendencia de los resultados obtenidos de las películas desarrolladas en comparación con la testigo. Las películas C-3A, C-4B y C-5M presentaron un incremento de la propiedad de resistencia al rasgado en un 70% mostrando una mínima diferencia entre ellas. Por lo tanto el tamaño de partícula y la concentración del pigmento mejoran la propiedad pero no presentan un efecto significativo entre ellas mismas tanto en dirección máquina como transversal.

c) Resistencia al impacto por caída libre de dardo

Con respecto a la resistencia al impacto por caída libre de dardo (figura 4), las películas desarrolladas C-3A y C-5M presentaron una mejora entre el 3 y 1% respectivamente con respecto a la testigo. La película C-4B presentó un incremento del 50% con respecto a la testigo, determinando que a baja concentración y menor tamaño de partícula presentan un efecto positivo.

d) Intemperismo acelerado

En la figura 5, se puede observar que el pigmento presenta un efecto negativo en la duración de las películas desarrolladas. Como se puede apreciar, la película C-3A tiene una duración de 3.5 semanas, comparada con la testigo que es de 5.5 semanas. Las películas C-4B y C-5M presentaron un tiempo de vida media de 1.5 y 2 semanas respectivamente. Esto se debe posiblemente a la naturaleza del pigmento, en donde el tamaño de partícula juega un papel determinante en la duración de éstas. Además, por la misma naturaleza del pigmento, el cuál es un promotor de la degradación en comparación con la testigo debido a que es sensible a la oxidación.

■ Los pigmentos aditivos utilizados acortan la vida útil del plástico probablemente debido a que son sensibles a la oxidación

e) Propiedades agronómicas

En cuánto a la transmisión de luz, se logró disminuir la transmisión de radiación solar total en WM2 incidente sobre los microtúneles con respecto a la película testigo, debido a que el pigmento refleja una parte de ella, pero depende principalmente del tamaño de partícula y la concentración del pigmento seleccionado. La figura 6 muestra que la película C-5M presenta mejor trans-

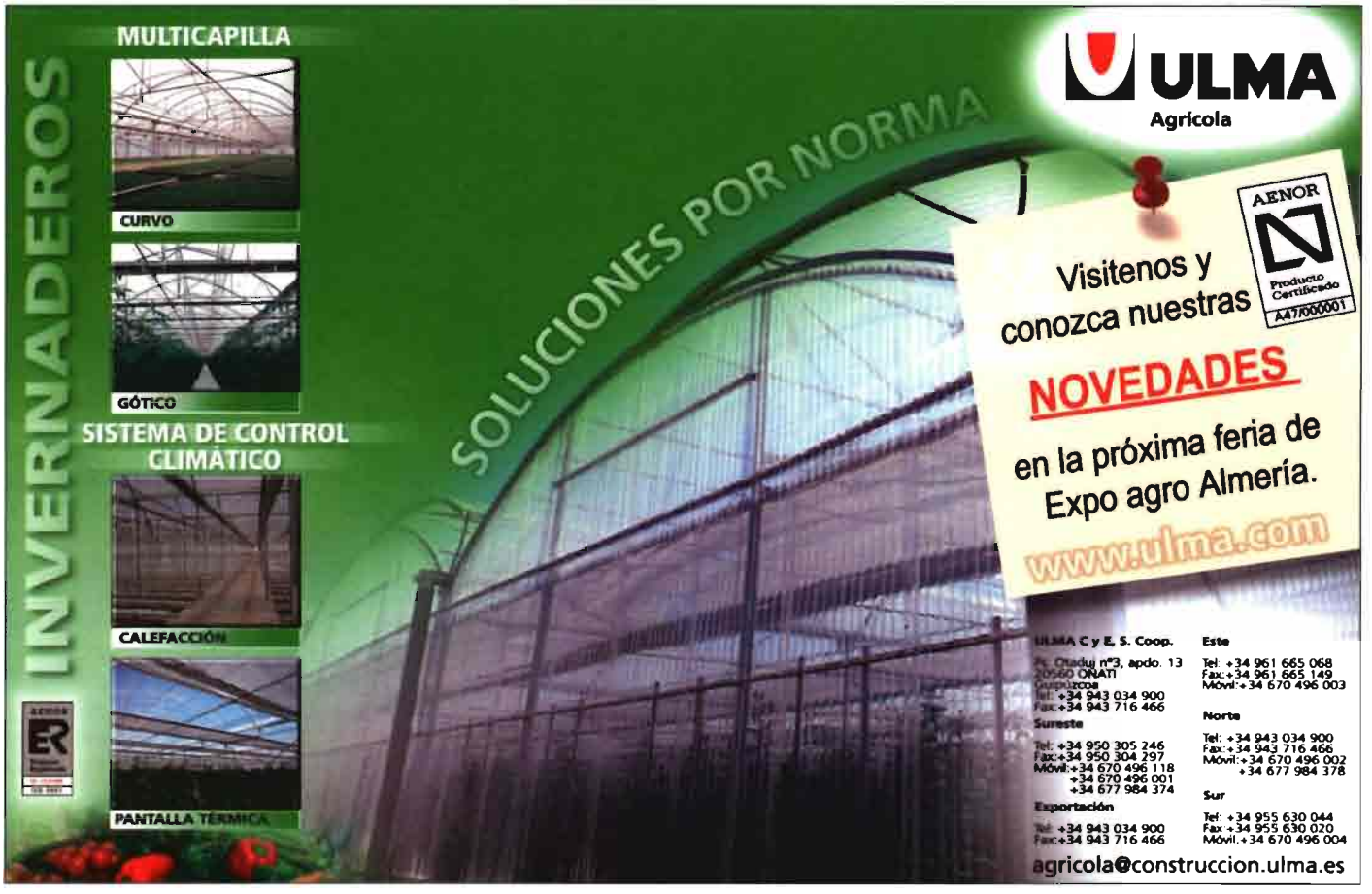


Figura 7:

Porcentaje de radiación recibida para cada una de las películas desarrolladas

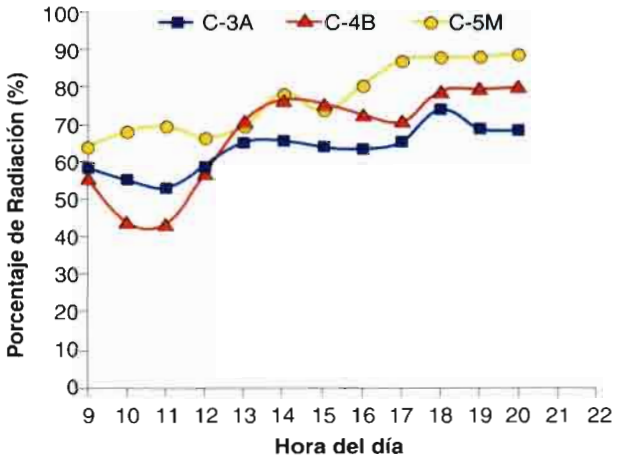
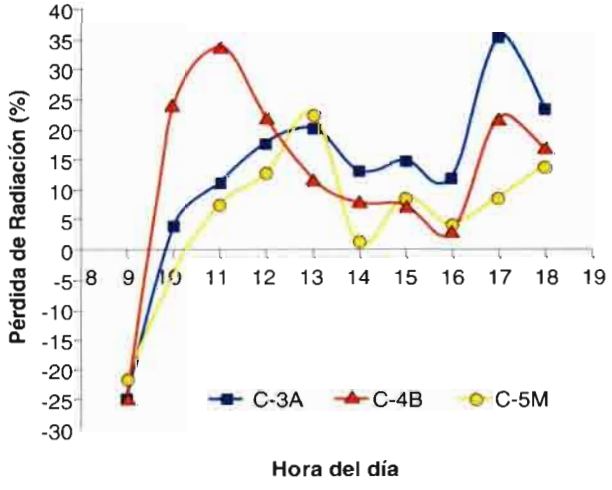


Figura 8:

Porcentaje de pérdida de radiación dentro de los microtúneles para cada película desarrollada



misión de radiación solar comparada con las películas C-3A y C-4B e inclusive que la testigo.

En la figura 7 se puede apreciar que la película C-5M permite pasar un 80 - 85% de radiación recibida, precedida por C-4B y C-3A con un 70 y 60% respectivamente, las cuales logran disminuir la radiación natural del día. Parte de ella es reflejada por el pigmento, lo que tendrá un efecto sobre la temperatura dentro del microtúnel, porque ésta está en función de la cantidad de radiación que la película transmite.

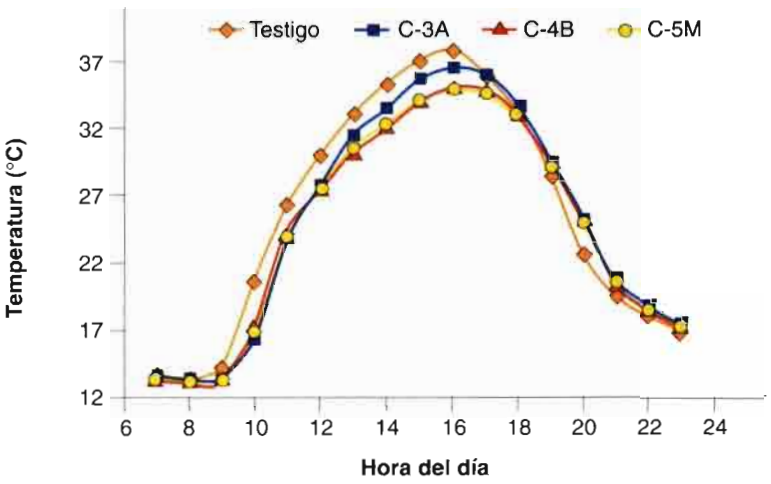
Con el análisis de los datos de transmisión de luz se puede determinar el porcentaje de pérdida de radiación dentro de cada uno de los microtúneles con respecto a la película testigo. La figura 8 muestra que el porcentaje de disminución de radiación solar alcanza hasta un 20% de pérdida en las horas de mayor intensidad de radiación, reflejándose este efecto en la temperatura dentro del túnel. La película que presentó mayor pérdida de radiación fue la C-3A, en donde el pigmento es de un tamaño de partícula mediano y con una concentración de pigmento alta (1 pcr). Las películas C-4B y C-5M presentaron valores muy semejantes de disminución de la radiación solar.

Temperatura

Éstas películas desarrolladas lograron disminuir la temperatura dentro del microtúnel comparada con la película testigo. En la figura 9 se aprecia que las películas C-4B y C-5M se comportan de forma muy similar en la disminución de la temperatura en comparación con la película C-3ª, para la cuál el decremento de la temperatura es menor, pero aun así se logra disminuirla.

Figura 9:

Disminución de la temperatura dentro del microtúnel para cada una de las formulaciones desarrolladas



Las películas C-4B y C-5M lograron disminuir la temperatura dentro de los microtúneles con respecto a la película testigo hasta 2°C en algunas horas del día. Esta disminución en la temperatura favorece a los cultivos, ya que a temperaturas elevadas causan quemaduras en las plantas e impiden el desarrollo favorable de éstas y, como consecuencia, su muerte.

Rendimiento de la cosecha

Como se puede observar en la figura 10, las películas C-3A y C-4B presentaron un rendimiento de productividad muy parecido a la película testigo de 6.7, 6.9 y 6.7 t/ha respectivamente. En cambio la película C-5M logro un aumento hasta 9.2 t/ha, representando un incremento del 37.31%.

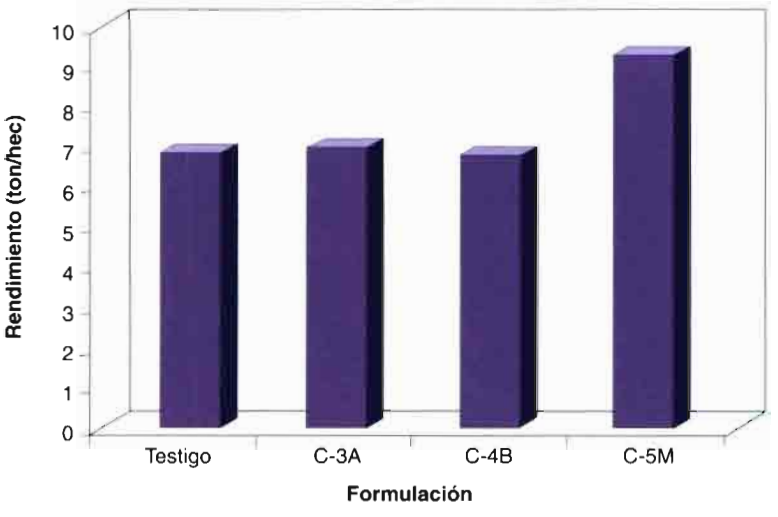
Figura 10.- Rendimiento del cultivo de la calabaza para cada una de las formulaciones comparada con la película testigo

Como se puede observar con los datos anteriores las películas

■ Con el análisis de los datos de transmisión de luz se puede determinar el porcentaje de pérdida de radiación dentro de cada uno de los microtúneles

Figura 10:

Rendimiento del cultivo de calabaza para cada una de las formulaciones comparadas con la película testigo



desarrolladas no afectan negativamente sobre la cantidad de producto obtenido de la planta, sino que provocan un incremento con respecto al obtenido por la película testigo.

Coclusiones

Las películas desarrolladas en algunos casos mejoran las propiedades mecánicas comparadas con la película testigo, pero su durabilidad se ve afectada por la acción de los pigmentos, comparada con la película testigo.

Con el uso de estos tipos de pigmentos en películas plásticas para la agricultura se obtiene muchos beneficios ya que permiten el paso de la luz que requiere la planta para su desarrollo, y reflejan una parte de la luz y así disminuyen la temperatura dentro de los microtúneles hasta unos 2°C en el cultivo de calabacita, además incrementan la productividad de la misma hasta un 37% (C-5M).

Para saber más...

www.horticom.com?58540

OLTEK SPA
Macchine per il florovivaismo professionale



APM 01 despuntadora automática
- para plantas en maceta o con tallo
- diámetro de macetas de 14 a 30 cm
- productividad hasta 1100 plantas/hora
- dimensiones máximas del corte: o ancho 450 mm; altura 1200 mm



LUO 01 lavadora de macetas
- diámetro de las macetas de 10 a 30 cm
- posibilidad de aplicar dosificador de desinfectante



PCO 01 porta carrito CC
- motor a gasolina o electricidad
- velocidad máxima: 8.5 km/h
- máximo peso transportado: 400 kg
- pendiente máxima: 14%



APML 01 despuntadora automática
- para plantas en tierra en cepellón
- diámetro 30 a 55 cm
- avance y parada de la máquina



S 140 envolvedora de carros CC
- producción: 30/40 palets/ora
- dimensiones en mm: 1000 x 1200 x 2600 h
- envuelve carros CC estándar y palets



NTO 01 cinta transportadora
- estructura en perfil de aluminio
- cinta en PVC de alta resistencia
- longitud de 2 a 6 m
- patas regulables
- peso: 24 kg

Via Olubi, 5 • 28013 Gattico (NO) • Tel.: +39 0322 880521 • Fax: +39 0322 838675
E-mail: info@oltekspa.com • www.oltekspa.com