

COMPARACIÓN ENTRE MICROTÚNELES CON CUBIERTAS DE POLIETILENO Y POLIPROPILENO EN PEPINO Y PIMIENTO CON ACOLCHADO PLÁSTICO

L. Ibarra-Jiménez¹; M. de la Rosa-Ibarra²

¹Centro de Investigación en Química Aplicada. Apartado Postal 379-C. Saltillo, Coahuila. MÉXICO.

Correo e: libarra@polimex.ciqa.mx (¹Autor responsable).

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Domicilio conocido. Buenavista, Saltillo, Coahuila. MÉXICO.

RESUMEN

Se realizaron dos experimentos para comparar la respuesta de cubiertas de polipropileno y polietileno perforado sobre microtúneles en los cultivos de pimiento y pepino, cuyos resultados se compararon en su respuesta en rendimiento con acolchado plástico, sin cubierta, y testigo, sin acolchado ni cubierta. Los tratamientos resultantes fueron distribuidos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. En pimiento y pepino los tratamientos tuvieron un comportamiento diferente ($P \leq 0.05$) en rendimiento temprano y rendimiento total. En pepino la mayor ganancia en rendimiento temprano se obtuvo con acolchado más una cubierta de polietileno blanca perforada (ACMB) y acolchado más una cubierta de polipropileno Kimberly farm (ACK) con una ganancia sobre el testigo de $13.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (135 %), el testigo registró un rendimiento temprano de $9.99 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Los tratamientos ACMB y ACK en pepino aumentaron el rendimiento total en $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ con relación al acolchado plástico sólo que registró un rendimiento de $114 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. En pimiento todos los tratamientos superaron al testigo en rendimiento temprano y total. Sin embargo, el acolchado plástico, sin cubierta, fue el que registró el mayor rendimiento temprano y rendimiento total. La temperatura de suelo en túneles cubiertos con películas de polipropileno y polietileno perforado tuvieron un comportamiento similar.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: temperatura de suelo, cultivos protegidos, túneles bajos, *Cucumis sativus*, *Capsicum annuum*

COMPARISON BETWEEN MICROTUNNELS WITH POLYETHYLENE AND POLYPROPYLENE IN CUCUMBER AND SWEET PEPPER WITH PLASTIC MULCHING

ABSTRACT

Two experiments were conducted to compare the response of perforated polypropylene and polyethylene covers on microtunnels in sweet pepper and cucumber to yield response under plastic mulching, without cover, and a control, without mulching and cover. The resulting treatments were distributed in a completely randomized block design with four replications. Treatments showed different performance ($P \leq 0.05$) for early and total yield in sweet pepper and cucumber. In cucumber, the highest gain in early yield was obtained with mulching plus a white perforated polyethylene cover (ACMB) and mulching plus a Kimberly farm polypropylene cover (ACK) with a gain over the control of $13.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (135%), the control resulted in an early yield of $9.99 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. ACMB and ACK treatments in pepper increased total yield by $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ when compared to plastic mulching but it only registered a yield of $114 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. In cucumber, all treatments were superior to the control in early and total yield. However, plastic mulching, without cover, registered the highest early and total yield. Soil temperature in tunnels covered with perforated polypropylene and polyethylene had a similar performance.

ADDITIONAL KEY WORDS: soil temperature, protected crops, low tunnels, *Cucumis sativus*, *Capsicum annuum*

INTRODUCCIÓN

El efecto benéfico del acolchamiento del suelo o acolchado en cultivos hortícolas está bien documentado y ha sido en principio atribuido al incremento de la temperatura del suelo (Taber, 1983). El acolchado plástico negro se ha utilizado para el control de malezas, influye en

el microclima de la planta reduciendo la pérdida de nutrientes del suelo (Locascio *et al.*, 1995) y la humedad (Ibarra *et al.*, 1995). La luz que reflejan las cubiertas de distinto color también puede alterar el crecimiento de las plantas (Decoteau *et al.*, 1988), al mismo tiempo que el acolchado plástico ha sido exitosamente empleado para incrementar la precocidad de pimiento y tomate (Perry y

Sanders, 1986; Bonano y Lamont, 1987; Orzolek *et al.*, 2000).

El acolchado plástico en combinación con microtúnel, ha mostrado que puede incrementar el rendimiento total y la precocidad de varias especies hortícolas (Wells y Loy, 1985), porque mejora la distribución de la humedad en el suelo, incrementa la temperatura de aire y suelo y provee protección contra heladas (1 a 3 °C) (Parker y Bird, 1979; Wells y Loy, 1985), creando un microclima favorable para el crecimiento de algunas especies olerícolas. En condiciones de alta temperatura el tomate y el pimiento han mejorado el rendimiento en algunas estaciones de crecimiento y lo han reducido en otras (Perry y Sanders, 1986; Wolfe *et al.*, 1989).

Se ha indicado que variaciones estacionales del clima en microtúneles continuamente resultan en temperaturas subóptimas y supraóptimas que pueden interferir con el crecimiento y desarrollo de plantas solanáceas (Wolfe y Bell, 1987). El pimiento y tomate son sensibles a temperaturas extremas durante el ciclo vegetativo, siendo especialmente vulnerables en la etapa reproductiva. Temperaturas por debajo de 10 °C o por encima de 30 °C (la exactitud depende del cultivar) durante el periodo crítico, iniciando antes de la antesis hasta la fecundación, han mostrado ser perjudiciales para uno o más procesos en la formación del fruto de tomate (Levy *et al.*, 1978; Parker *et al.*, 1979; Picken, 1984).

Hempill y Crabtree (1988), reportan un aumento en el uso de microtúneles en melón, la falta de aumento en la superficie de siembra en pimiento ha sido una consecuencia de una nula respuesta del cultivo al incremento en rendimiento temprano y total (Gent, 1989). Hempill y Mansour (1986) demostraron que el rendimiento temprano y total de especies solanáceas se redujo por las altas temperaturas bajo cubierta. Reiners y Nitzche (1993) encontraron un incremento en la producción de tomate utilizando cubiertas de polipropileno y cubiertas de polietileno ranuradas. Por tanto, se ha reportado que las especies cucurbitáceas responden más favorablemente a los microtúneles que las especies solanáceas, sin embargo, esto no siempre ha sido cierto (Ibarra y Flores, 1997).

El presente estudio tiene como objetivo analizar la respuesta del acolchado solo y en combinación con microtúnel con cubiertas de polietileno y polipropileno sobre el rendimiento temprano y total de pepino y pimiento, a través de la respuesta a la temperatura de suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se efectuó en el Campo Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), en Saltillo, Coahuila, México (25° 27' LN, 101° 02' LO) ubicado a una altitud de 1,610 m, durante el periodo de

abril a agosto de 1999. Se establecieron dos experimentos, en el cultivo de pepino y en el cultivo de pimiento. Los tratamientos en el cultivo de pepino cv. Sprint 440, fueron: 1) testigo, método tradicional de cultivo; 2) acolchado con plástico negro calibre 125, sin microtúnel (A); 3) acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforado transparente calibre 130 (ACTM); 4) acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforado blanco calibre 130 (ACBM); 5) acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno Agribón 17 (ACA); 6) acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno Kimberly Farm (ACK). En el cultivo de pimiento cv. Júpiter los tratamientos de estudio fueron: 1) testigo, 2) acolchado plástico negro calibre 125, sin microtúnel (A); 3) acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforado blanco calibre 130 (ACBM); 4) acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforado transparente calibre 130 (ACTM). La cubierta Agribón y otras cubiertas de polipropileno han mostrado exceder la temperatura por encima de niveles óptimos en plantas de pimiento, por lo que para obtener materiales con características diferentes al material convencional, dicha película se tiñó de color negro, café y vino, dando origen a los siguientes tratamientos: 5) acolchado más microtúnel con cubierta agribón negra (ACFN); 6) acolchado más microtúnel con cubierta agribón café (ACC); 7) acolchado más microtúnel con cubierta agribón vino (ACV). Los tratamientos en cada cultivo fueron distribuidos en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La comparación de medias se realizó de acuerdo con la prueba DMS ($P \leq 0.05$).

El cultivar de pimiento 'Júpiter' se sembró en charolas de poliestireno expandido y se trasplantó el 28 de abril de 1999. El cultivar de pepino Sprint 440, se sembró el mismo día en que se trasplantaron las plantas de pimiento.

La unidad experimental en cada cultivo estuvo formada por tres surcos de 5.0 m de longitud, con una separación de 1.4 m en pimiento y de 1.8 m en pepino; la distancia entre plantas fue de 0.25 m en pimiento y 0.10 m pepino.

Se fertilizó con la fórmula base 120-120-50 en pimiento y 200-100-100 en pepino de $N P_2O_5 K_2O$, se aplicó otra cantidad igual de fertilizante diluido en el agua de riego por goteo durante el ciclo vegetativo de cada cultivo para obtener la fórmula final de 240-240-100 en pimiento y 400-200-200 en pepino.

En ambos cultivos para el sostén de la cubierta se utilizaron tutores de madera con una separación de 2.5 m, y una altura de 1.5 m sobre el nivel del suelo, a los cuales se les colocó alambre galvanizado calibre 14, a 60 cm de altura del suelo, estableciendo la cubierta por encima de éste en el cultivo de pimiento, creando con ello un microtúnel de dos aguas, sujetando con suelo ambos lados de la cubierta.

Los tutores de madera sirvieron después de la

remoción de la cubierta para la conducción vertical del cultivo. En pepino se utilizaron dos alambres a 0.20 y 1.5 m entre los cuales se tejió un entramado con hilo de polipropileno para la conducción vertical del cultivo, dicho entramado se hizo una vez removidas las cubiertas.

Las cubiertas en ambos cultivos se colocaron dos días después del establecimiento de los cultivos (30 de abril); en pimiento las cubiertas de color blanco y vino fueron removidas 10 ddt, debido a que las plantas sufrieron quemaduras, el resto de las cubiertas fueron removidas 35 días después de su establecimiento en ambos cultivos, tiempo en que ambos cultivos iniciaron la floración.

Como variables de respuesta se evaluaron días a inicio de floración y días a inicio de cosecha. Se consideró rendimiento temprano los frutos obtenidos hasta la segunda recolección; el rendimiento rezaga incluyó frutos malformados. La recolección en ambos cultivos se hizo semanalmente y se cuantificó por un periodo de 60 días.

Para la medición de temperatura a 10 cm de profundidad del suelo se utilizó un microvoltímetro de punto de rocío y se hicieron mediciones a los 18 y 28 días después del establecimiento de los cultivos, desde las 8 hasta las 20 horas. Debido a un "incidente involuntario" en el campo no fue posible hacer la toma de datos de temperatura de aire y suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En pepino el adelanto a floración fue significativamente diferente entre tratamientos, sin embargo, el inicio a cosecha fue significativamente igual en pepino y pimiento, (Cuadro 1). Un adelanto en las etapas de desarrollo no siempre es indicativo del uso de acolchado plástico solo o combinado con microtúnel. Para entender mejor el papel que juegan los acolchados y microtúneles en sus distintas modalidades deberán considerarse otros indicadores de la precocidad, ejemplo, el rendimiento temprano.

La temperatura de suelo es uno de los factores que mejor explica los cambios ocurridos en el entorno del dosel del cultivo y en el ámbito radical de la planta. Al respecto se puede apreciar en las Figuras 1, 2, 3 y 4 que con excepción de la cubierta blanca, la temperatura fue alta en los tratamientos con microtúnel en pepino y pimiento, intermedia para acolchado plástico solo y baja para el testigo. En adición, la temperatura del suelo tendió a ser más estable conforme el desarrollo de la planta progresó, especialmente en el cultivo de pepino.

Para explicar los cambios en la temperatura del suelo la medición se hizo en dos fechas, que exhibieron dos grupos de respuesta (Cuadro 1 al 4). La segunda fecha de medición se caracterizó por una aparente mayor cantidad de superficie foliar en ambos cultivos, la temperatura media de suelo tendió a ser menos estable y menor en la primera medición con

relación a la segunda (22.9 vs. 23.5 °C en pepino y 26.3 vs. 26.6 °C en pimiento). La mayor estabilidad en temperatura de suelo durante la segunda fecha, seguramente se debió al mayor crecimiento de las plantas, que provocaron mayor área de sombreo sobre la superficie acolchada.

CUADRO 1. Efecto del acolchado y diferentes tratamientos de cubierta en microtúneles en días a inicio de floración e inicio de cosecha en los cultivos de pepino y pimiento.

Cultivo	Tratamiento	Días a inicio de floración	Días a Inicio de cosecha
Pepino	Testigo	39.5 ab ^a	55.0
	A	39.8 ab	56.8
	ACMT	39.5 ab	56.8
	ACMB	38.3 b	55.0
	ACA	38.0 ab	55.0
	ACK	40.5 a	55.0
	DMS ($P \leq 0.05$)	2.20	NS
Pimiento	Testigo	ND	67.2
	A	ND	65.0
	ACMB	ND	65.0
	ACN	ND	69.0
	ACC	ND	65.0
	ACV	ND	65.0
	DMS ($P \leq 0.05$)	ND	NS

^aValores con la misma literal dentro de cada columna son iguales entre sí de acuerdo a la prueba de diferencia mínima significativa a una $P \leq 0.05$.

A: Acolchado; ACMT: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada transparente; ACMB: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada blanca; ACA: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno Agribón; ACK: Acolchado más microtúnel con cubierta Kimberly farm; ACN: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno agribón teñida de color negro; ACC: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno agribón teñida de color café; ACV: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno teñida de color vino.

NS, ND, No significativo a una $P \leq 0.05$ y no determinado, respectivamente.

DMS: Diferencia mínima significativa.

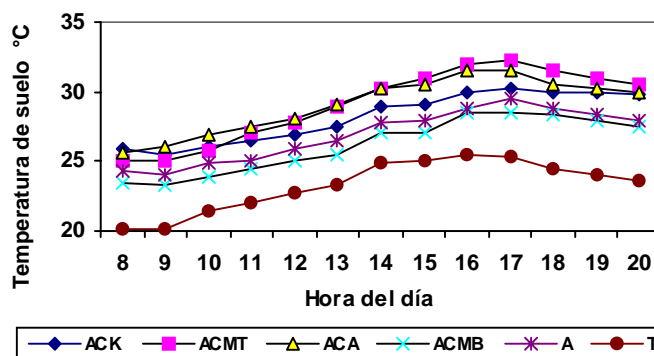


FIGURA 1. Efecto del acolchado plástico y cubiertas en microtúneles en la temperatura de suelo a 10 cm de profundidad en el cultivo de pepino, 18 días después de siembra. ACK: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno Kimberly farm; ACMT: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada transparente; ACA: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno agribón; ACMB: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada blanca; A: Acolchado; T: Testigo.

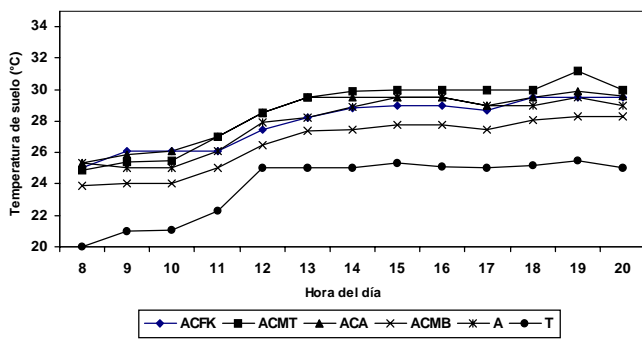


FIGURA 2. Efecto del acolchado plástico y cubiertas en microtúnel en la temperatura de suelo a 10 cm de profundidad en el cultivo de pepino, 28 días después de la siembra. ACK: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno Kimberly farm; ACMT: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada transparente; ACA: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno agribón; ACMB: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada blanca; A: Acolchado; T: Testigo.

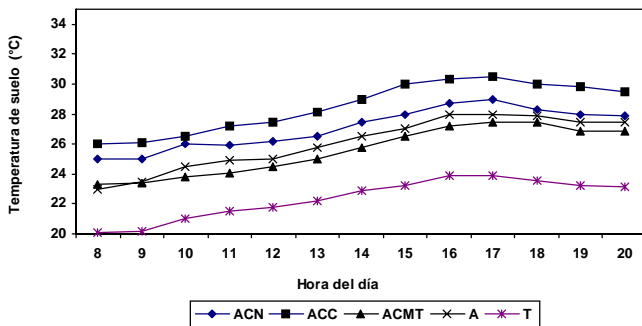


FIGURA 3. Efecto del acolchado y cubiertas en microtúneles en la temperatura de suelo a 10 cm de profundidad en el cultivo de pimiento, 18 días después de trasplante. ACK: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno Kimberly farm; ACMT: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada transparente; ACA: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno agribón; ACMB: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada blanca; A: Acolchado; T: Testigo.

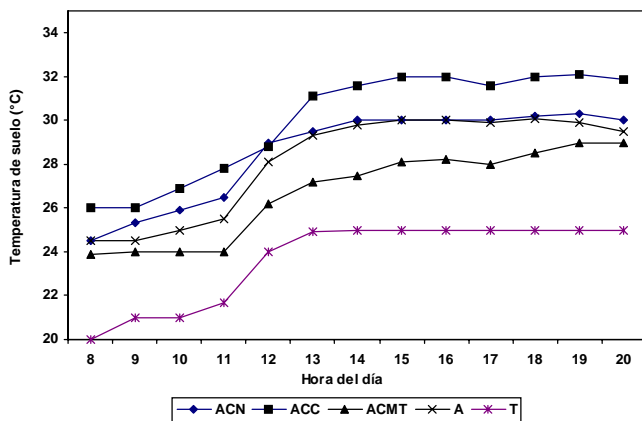


FIGURA 4. Efecto del acolchado y cubiertas en microtúneles en la temperatura de suelo a 10 cm de profundidad en el cultivo de pimiento, 28 días después de trasplante. ACK: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno Kimberly farm; ACMT: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada transparente; ACA: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno agribón; ACMB: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada blanca; A: Acolchado; T: Testigo.

La diferencia en temperatura media de suelo entre acolchado con polietileno negro y las cubiertas fue en promedio de 0.6 °C (27.5 vs. 26.9 °C), y de 1.3 °C promedio en pimiento (27.5 vs. 26.2 °C) en la primera medición, a los 18 después del establecimiento de ambos cultivos (Cuadro 2). El testigo registró 4.2 °C menos que los tratamientos cubiertos en pepino (23.3 vs. 27.5 °C) y 4.8 °C en pimiento (22.7 vs. 27.5 °C) en la misma medición. El tratamiento acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno blanca (ACMB) registró una temperatura media inferior que el tratamiento acolchado plástico solo en el cultivo de pepino en ambas fechas de medición (23.9 vs. 26.9 °C a los 18 dds y 26.6 vs. 27.8 °C a los 28 dds). En la segunda medición, a los 28 días después del establecimiento de ambos cultivos, la tendencia de la temperatura de suelo fue similar a la primera fecha. La mayor temperatura bajo cubierta puede ser explicada por las propiedades de los materiales de cubierta que crean un efecto de invernadero. En sus inicios la construcción de túneles bajos de cultivo se basó principalmente en cubiertas de polietileno sin perforar, las cubiertas se abrían durante días soleados y cerraban durante la tarde, o bien la ventilación de los túneles se basaba en los requerimientos climáticos de las especies hortícolas, la apertura y cierre era muy laboriosa, además, las cubiertas estaban sujetas a daños severos por ráfagas de viento (Rodríguez e Ibarra, 1991).

CUADRO 2. Efecto del acolchado y las diferentes cubiertas en microtúnel en la temperatura de suelo en dos fechas después de la siembra en pepino y trasplante en pimiento.

Cultivo	Tratamiento	Temperatura Media (°C)		Temperatura Máxima (°C)		Temperatura Mínima (°C)	
		18 dds	28 dds	18 dds	28 dds	18 dds	28 dds
Pepino	Testigo	23.3	23.9	25.5	25.5	20.2	20.0
	A	26.9	27.8	29.5	29.5	24.0	25.0
	ACMT	29.0	28.6	32.2	30.0	25.0	24.9
	ACMB	23.9	26.6	28.5	28.3	23.3	23.9
	ACA	29.0	28.3	31.5	29.6	25.6	25.3
	ACK	28.1	29.0	31.5	31.5	25.9	26.0
Pimiento	Testigo	22.7	23.7	23.9	25.0	20.1	20.0
	A	26.2	24.3	28.0	30.1	23.0	24.5
	ACN	27.1	28.5	29.0	30.3	25.0	24.5
	ACC	28.5	29.9	29.8	32.1	26.0	26.0
	ACMT	26.8	26.7	27.5	29.0	23.3	23.9

18dds y 28dds: Lecturas tomadas a los 18 y 28 días después de la siembra en pepino y trasplante en pimiento, respectivamente; A: Acolchado plástico negro; ACMT: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada transparente; ACMB: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada blanca; ACA: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno Agribón; ACK: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno Kimberly farm; ACN: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno agribón teñida de color negro; ACC: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno agribón teñida de color café. La cubierta de agribón teñida de color vino y la cubierta perforada blanca fueron removidas del cultivo de pimiento 10 días después de trasplante, por lo tanto no se presentan datos de temperatura.

Debido a que las cubiertas para microtúnel han empezado a tener aceptación en el mercado, se han venido

incorporado nuevos materiales, ejemplo, las cubiertas de polietileno altamente perforadas y de polipropileno, incluidas en el presente estudio. Los valores medios de temperatura máxima de suelo a los 18 dds en pepino fueron mayores en promedio en los tratamientos de cubierta. En pepino al analizar la temperatura media de suelo de las cubiertas de polipropileno (Agribón y Kimberly farm) registraron una temperatura máxima media de 28.5 °C, cuyos resultados fueron muy similares al de la cubierta de polietileno (perforada transparente), con una temperatura máxima media de 29.0 °C, dicho agrupamiento de temperaturas de suelo no considera a la cubierta blanca de polietileno que dentro del grupo de las cubiertas registró los menores valores de temperatura media, máxima y mínima de suelo con valores de 23.9, 28.5 y 23.3 °C, a los 18 dds y 26.6 °C, 28.3 y 23.9 °C a los 28 dds. Sin embargo, el cultivo de pimiento no toleró el microtúnel con la película polietileno blanca.

El pepino que creció con acolchado solo o combinado con microtúnel mostró un incremento significativo en el rendimiento temprano comparado con el testigo ($P \leq 0.05$) (Cuadro 3). El incremento en rendimiento temprano con relación al testigo fue de 10.49 (105 %), 8.83 (88.4 %), 13.52 (135.3 %), 9.04 (90.5 %) y 13.57 t·ha⁻¹ (135.8 %) con los tratamientos acolchado, acolchado más microtúnel con cubierta perforada transparente, acolchado más microtúnel con cubierta perforada blanca, acolchado más microtúnel con cubierta agribón y acolchado más cubierta

Kimberly farm, respectivamente, el testigo registró 9.99 t·ha⁻¹. Así mismo el rendimiento temprano de pimiento fue diferente entre tratamientos ($P \leq 0.05$), los tratamientos acolchado, acolchado más microtúnel con cubierta perforada blanca, acolchado más microtúnel con cubierta agribón café, acolchado más microtúnel con cubierta agribón vino y acolchado más microtúnel con cubierta perforada transparente registraron un incremento con respecto al testigo de 3.89, 3.38, 1.45, 2.14 y 2.30 t·ha⁻¹, respectivamente, solamente el tratamiento con acolchado más microtúnel con cubierta agribón negra no registró incremento en rendimiento temprano con respecto al testigo que registró 0.860 t·ha⁻¹. Análogas semejanzas de incremento en el rendimiento temprano, particularmente en latitudes norte, han sido encontradas por otros autores, ejemplos (Wells y Loy, 1985; Argall y Stewart, 1988), con algunas excepciones con respecto a la latitud, (McCraw, *et al.*, 1984; Stall y Koterwicz, 1984), incremento en el rendimiento temprano en condiciones de México en otros cultivos son indicados por Ibarra *et al.* (2000).

El rendimiento total de pepino también fue diferente entre tratamientos ($P \leq 0.05$) (Cuadro 3). La ganancia en rendimiento total con respecto al testigo fue de 10.14 (9.7 %), 16.02 (15.4 %), 20.66 (19.8 %), 15.6 (14.9 %) y 20.1 t·ha⁻¹ (19.3 %) con los tratamientos acolchado, acolchado más microtúnel con cubierta perforada transparente, acolchado más microtúnel con cubierta perforada blanca, acolchado más microtúnel con cubierta agribón y acolchado más

CUADRO 3. Efecto del acolchado y diferentes cubiertas en microtúnel sobre el rendimiento de pepino y pimiento.

Cultivo	Tratamiento	Rendimiento Temprano (t·ha ⁻¹)	Rendimiento Comercial (t·ha ⁻¹)	Rendimiento Rezaga (t·ha ⁻¹)	Rendimiento Total (t·ha ⁻¹)
Pepino	Testigo	9.99 b ^y	91.93	12.42 c	104.35 ab
	Acolchado	20.48 a	92.73	21.76 a	114.49 ab
	ACMT	18.82 a	99.09	21.28 ab	120.37 ab
	ACMB	23.51 a	107.76	17.26 abc	25.01 a
	ACA	19.03 a	101.38	18.57 ab	119.95 ab
	ACK	23.56 a	108.60	15.85 bc	124.45 ab
	DMS ($P \leq 0.05$)	6.57	NS	5.79	20.56
Pimiento	Testigo	0.86 cd	13.46 b	0.96 b	14.42 c
	Acolchado	4.75 a	22.27 a	2.80 a	25.08 a
	ACB	4.24 ab	21.75 a	2.44 ab	24.19 ab
	ACN	0.56 d	15.07 ab	1.87 ab	16.94 bc
	ACC	2.31 bcd	16.31 ab	2.08 ab	18.40 abc
	ACV	3.00 abc	20.19 ab	2.44 ab	22.63 ab
	ACM	3.16 abc	17.19 ab	2.35 ab	19.54 abc
	DMS ($P \leq 0.05$)	2.38	7.22	1.61	7.96

^yValores con la misma literal dentro de columnas son iguales entre sí de acuerdo a la prueba de diferencia mínima significativa a una $P \leq 0.05$.

NS: No significativo. DMS: Diferencia mínima significativa; ACMT: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada transparente; ACMB: Acolchado más microtúnel con cubierta de polietileno perforada blanca; ACA: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno Agribón; ACK: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno Kimberly farm; ACN: Acolchado más microtúnel con cubierta de polipropileno agribón teñida de color negro; ACC: Acolchado más microtúnel con cubierta agribón teñida de color café; ACV: Acolchado más microtúnel con cubierta agribón teñida de color vino.

cubierta Kimberly farm, respectivamente. La ganancia en rendimiento de los tratamientos de microtúnel con relación al tratamiento acolchado, sin cubierta fue de 5.88 (5.1 %), 10.52 (9.2 %), 5.46 (4.8 %) y 9.96 t·ha⁻¹ (8.7 %), respectivamente, sin embargo, el costo que puede implicar el utilizar acolchado más microtúnel tiene que ser puesto a prueba por los productores hortícolas antes de iniciar un proceso de comercialización con dichos materiales.

En pimiento el rendimiento total entre tratamientos fue diferente ($P \leq 0.05$), la ganancia en rendimiento total con respecto al testigo fue de 10.7 (73.8 %), 9.8 (67.7 %), 2.5 (17.5 %), 3.9 (27.5 %), 8.2 (56.9 %) y 5.1 t·ha⁻¹ (35.5 %) con los tratamientos acolchado, acolchado más microtúnel con cubierta perforada blanca, acolchado más microtúnel con cubierta negra, acolchado más microtúnel con cubierta café, Acolchado más microtúnel con cubierta vino y acolchado más cubierta perforada transparente, respectivamente.

Las plantas testigo de pimiento registraron la menor temperatura de suelo y el menor rendimiento (Cuadros 2 y 3). La relación tratamiento-rendimiento fue más compleja que una simple respuesta al incremento de temperatura de suelo, la complejidad se hace evidente al comparar las plantas de pepino crecidas con cubierta perforada blanca que registraron el mayor rendimiento en dicho cultivo, además, registraron menores valores de temperatura media del suelo que el resto de los tratamientos, excepto que el testigo, sin embargo, en pimiento hubo la necesidad de remover dicha cubierta 10 ddt como consecuencia del número de plantas severamente dañadas en el follaje, otra cubierta removida en el mismo periodo fue la color vino (ACV) que ocasionó un efecto similar que la cubierta blanca. El resto de las cubiertas fueron removidas del cultivo hasta la aparición de flores de pimiento, 35 días después del trasplante. Las plantas de pimiento cubiertas registraron una coloración amarillenta de las hojas e incluso algunas plantas murieron. Los resultados del presente estudio no concuerdan con lo mencionado por Mohd *et al.* (1987) que mencionaron que el pimiento es uno de los cultivos más sensibles a temperaturas extremas, pero también es probablemente uno de los que mejor responden al manejo de las temperaturas. Efectos detrimentales al utilizar microtúnel en pimiento han sido reportados en otros estudios (Ibarra *et al.*, 2000), con frecuencia de días con temperaturas de aire por encima de 35 °C (28 a 40 días en 1996 y 22 a 39 días en 1997) ocasionaron plantas con quemaduras en los bordes de las hojas, achaparramiento, inclusive algunas plantas murieron debido al excesivo calor generado por las cubiertas en pimiento. Otros autores en otras plantas solanáceas indicaron efectos similares en rendimiento al del presente estudio. Wolfe y Bell (1987), mencionaron poca o nula respuesta de plantas de tomate al uso de las cubiertas como resultado de las altas temperaturas. Wolfe *et al.* (1989) reportaron que temperaturas por encima de 35 °C pueden tener efectos detrimentales en tomate; aparentemente la pérdida de fruto desarrollado

bajo cubierta puede estar asociada a insuficiente polinización relacionada con alta temperatura (Shelby, *et al.*, 1978) o aborción del fruto (Peterson y Taber, 1991). De acuerdo con los resultados del presente estudio, con clima similar a donde se realizó el experimento, en pimiento se puede prescindir de las cubiertas, sugiriéndose el uso de acolchado plástico solo. Para que las cubiertas sean efectivas deben ser manejadas de acuerdo con los requerimientos de clima o limitaciones de cada cultivo. Es claro que las condiciones de temperatura supraóptimas no benefician al cultivo de pimiento. El reto es quizá, encontrar nuevas formulaciones de polietileno o polipropileno que controlen la temperatura en el dosel del cultivo en regiones con estaciones cálidas, al mismo tiempo que permitan un paso suficiente de radiación solar sin alterar las propiedades físico mecánicas de las cubiertas y que quizá puedan ser efectivas en el control de vectores de virosis.

CONCLUSIONES

El rendimiento de los dos cultivos difirió en respuesta al uso de acolchado y cubierta; las temperaturas de suelo registradas fueron benéficas en pepino, ya que los tratamientos con acolchado solo o con acolchado más microtúnel registraron mayor rendimiento que el testigo, sin acolchado ni cubierta. Asimismo en pepino el rendimiento total en los tratamientos con acolchado más microtúnel tendió a ser superior al conseguido con acolchado solo.

En el cultivo de pimiento el mayor rendimiento total tendió a ser superior en el tratamiento de acolchado plástico sin microtúnel.

La temperatura del suelo en microtúneles con cubierta de polietileno y polipropileno fue muy similar, sin embargo, la cubierta de polietileno blanco disminuyó la temperatura de suelo con relación al acolchado plástico solo en el cultivo de pepino.

Los tratamientos de microtúnel con cubierta de polietileno y polipropileno registraron un rendimiento temprano y total significativamente similar en ambos cultivos.

LITERATURA CITADA

- ARGALL, J. F.; STEWART, K. A. 1988. Technologies for the culture of melon in marginal growing regions. Proc. Natt. Agr. Plastics Cong. 21: 127-132.
- BONANNO, A. R.; LAMONT, W. J. 1987. Effect of polyethylene mulches, irrigation method, and row covers on soil and air temperature and yield of muskmelon. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 735-738.
- DECOTEAU, D. R.; KASPERBAUER, M. J.; DANIELS, D. D.; HUNT, P. G. 1988. Plastic mulch color effects on reflected light and tomato plant growth. Scientia Hort. 34: 169-175.

- GENT, M. P. N. 1989. Row covers to produce red or yellow peppers. Conn. Agr. Expt. Sta. Bull. 870.
- HEMPILL, JR., D. D.; MANSOUR, N. S. 1986. Response of muskmelons to three floating covers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: 513-517.
- HEMPILL, JR., D. D.; CRABTREE, G. D. 1988. Growth response and weed control in slicing cucumbers under row covers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113: 41-45.
- IBARRA J., L.; NÚÑEZ P., G.; FLORES V., J. 1995. Ajuste de los coeficientes de cultivo de tomate para sus diferentes etapas fenológicas cultivado en condiciones de acolchado con plástico negro. Terra 13(2): 148-154.
- IBARRA J., L.; FLORES V., J. 1997. Acolchado plástico, cubiertas flotantes y desarrollo y rendimiento de sandía y calabacita. Agrociencia 31(1): 9-14.
- IBARRA J., L.; FERNÁNDEZ B., J. M.; RODRÍGUEZ H., S. A.; REYES L., A.; DÍAZ P., J. C.; HERNÁNDEZ M., J. L.; FARIAS L., J. 2000. Influencia del acolchado y microtúnel en microclima y rendimiento de pimiento morrón y melón. Revista Fitotecnica Mexicana 23(1): 1-15.
- LEVY, A.; RABINOWITCH, H. D.; KEDAR, N. 1978. Morphological characters affecting flower drop and fruit set up of tomatoes at high temperatures. Euphytica 27: 211-218.
- LOCASCIO, S. J.; BARTZ, J. A., WEINGGARTNER, D. P. 1992. Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in north Florida. I. Effects on potato yield and tissue Ca and K concentration. Amer. Potato J. 104: 69-95.
- MCCRAW, B. D.; REYES, J.; DUFFUS, E. 1984. Effects of various row covers on earliness and yield of tomato and squash in Texas. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong. 18: 62-71.
- MOHD, K. I.; GERBER, J. M.; SPLTTSTOESSER, W. E. 1987. Row tunnel effects of growth, yield and fruit quality of bell pepper. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong. 20: 152-158.
- ORZOLEK, M. D.; OTJEN, L.; FLECK, J. E. 2000. Effect of colored mulch on tomato production. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong. 29: 321-329.
- PARKER, B. F.; BIRD, D. C. 1979. Solar-thermal energy potentials for modifying crop environment, pp. 243-246. In: Modification of the Aerial Environment of Plants BARFIELD, J. F.; GERBER, B. J. (eds.) ASAE Monograph Núm. 2. Michigan, USA.
- PERRY, K. B.; SANDERS, D. C. 1986. Tomato yield as influenced by plant protection systems. HortScience 21: 238-239.
- PETERSON, R. H.; TABER, H. G. 1991. Tomato flowering and early yields response to heat buildup under rowcovers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 206-209.
- PICKEN, A. J. F. 1984. A review of pollination and fruit set in the tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. J. Hort. Sci. 21: 238-239.
- REINNERS, S.; NITZCHE, P. J. 1993. Row covers improve early season tomato production. HortTechnology 3: 197-199.
- RODRÍGUEZ P., A.; IBARRA J., L. 1991. Semiforzado de Cultivos Mediante el Uso de Plásticos. Editorial Limusa. D. F., México 126 p.
- SHELBY, R. A.; GREENLEAF, W. H.; PETERSON, C. M. 1978. Comparative floral fertilization in heat tolerant and heat sensitive tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 778-780.
- STALL, W. M.; KOSTEWICZ, S. R. 1984. Cold protection of direct seeded muskmelons in North Florida. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong. 18: 100-110.
- TABER, H. G. 1983. Effects of plastic soil and plant covers on Iowa tomato and muskmelon production. Proc. Natl. Agr. Plast. Cong. 17: 37-45.
- WELLS, O. S.; LOY, J. B. 1985. Intensive vegetable production with row covers. HortScience 20(5): 822-825.
- WOLFE, D. W.; BELL, D. 1987. Tomato yield response to row covers: a review. Proc. Natl. Agr. Plast. Cong. 20: 278-287.
- WOLFE, D. W.; ALBRECHT, L. D.; WYLAND, J. 1989. Modelling row cover on microclimate and yield: I. Growth response of tomato and cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 562-568.