

INFLUENCIA DEL ACOLCHADO Y MICROTÚNEL EN EL MICROCLIMA Y RENDIMIENTO DE PIMIENTO MORRÓN Y MELÓN

INFLUENCE OF SOIL MULCH AND ROWCOVERS IN THE MICROCLIMATE AND YIELD OF BELL PEPPER AND MUSKMELON

Luis Ibarra Jiménez¹, José Manuel Fernández Brondo², Sergio Alfredo Rodríguez Herrera³, Alfonso Reyes López⁴, Juan Carlos Díaz Pérez⁵, José Luis Hernández Mendoza⁶ y Javier Farías Larios⁷

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el periodo óptimo de uso de microtúneles de polipropileno (Agribón 17), para la producción de biomasa, rendimiento temprano y total de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Yolo wonder y melón (*Cucumis melo* L.) cv. Cruiser, durante dos años consecutivos (1996 y 1997) se compararon para cada especie, cinco tratamientos bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones: 1) sin acolchado y sin microtúnel (Testigo), 2) Acolchado con plástico negro (APN), 3) APN más microtúnel cubriendo durante los primeros 10 días después de la siembra (dds) al melón y 20 días después del trasplante (ddt) al pimiento, 4) APN más microtúnel cubriendo durante los primeros 20 dds al melón y 30 ddt al pimiento, y 5) APN más microtúnel cubriendo durante los primeros 32 dds al melón y 40 ddt al pimiento. Se emplearon nueve fórmulas de días grado (DG) para correlacionar los resultados de las mismas con la producción de biomasa, el rendimiento temprano y el rendimiento total. En melón la fórmula convencional de DG-aire fue la que mejor se correlacionó con la producción de biomasa ($r = 0.88$). La fórmula DG-suelo mostró los mayores valores para rendimiento

temprano y total ($r=0.93$ y 0.94 , respectivamente). Las correlaciones de producción de biomasa y ambos tipos de rendimiento no fueron consistentes en pimiento, obteniéndose correlaciones positivas entre esas variables y DG-aire en 1997, pero no en 1996. La diferencia en correlaciones entre cultivos, fue ocasionada por la alta frecuencia de días con temperaturas superiores a 35°C en ambos años, que ocasionó detrimento en la producción de pimiento. Sin embargo, aumentó el rendimiento temprano y total de melón hasta en 47 y 38 t ha^{-1} en 1996 y 38 y 29 t ha^{-1} en 1997, respectivamente. La acumulación de 596 DG suelo en melón ofreció los mejores resultados en el incremento de producción.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Cucumis melo L., *Capsicum annuum* L., días grado, temperatura.

SUMMARY

The study was conducted to determine the best time of spunbonded polypropylene (Agribon 17) and its response in biomass and both early and total yield in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cv. Yolo wonder and muskmelon (*Cucumis melo* L.) cv. Cruiser in two consecutive years (1996-1997). For each species five treatments were compared in a randomized complete block design with four replications: 1) No mulch, no rowcover, Control, 2) Black plastic mulch (BPM), 3) BPM plus rowcover during 10 days after sowing (das) in muskmelon and 20 days after transplanting (dat) in bell pepper, 4) BPM plus rowcover during 20 das in muskmelon and 30 dat in bell pepper, 5) BPM plus rowcover during 32 das and 40 dat in muskmelon and bell pepper. Nine degree-days (DD) formulas were used to correlate DD with

¹ Centro de Investigación en Química Aplicada. A.P. 379, 25100 Saltillo, Coah. Tel. 01(84) 15-3030. Fax: 01(84) 15-4804

^{2,3,4 y 6} Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Dom. Conocido. 25315 Buenavista, Saltillo, Coah. Tel. y Fax: 01(84) 17-3022.

⁵ Centro de Producción de Desarrollo de Productos Bióticos, IFN. Carret. Yautepec-Jojutla, km. 8 C.P. 67230. Tel. y Fax: 01(739)4-1896.

⁷ Universidad de Colima. FCBA. A.P. 36, 28100 Tecomán, Col. Tel. y Fax: 01(332)4-4237.

biomass and both early and total yield. In muskmelon the conventional formula DD_{-air} was the best correlated with biomass ($r = 0.88$); the formula DD_{-soil} was the best correlated with early and total yield ($r = 0.93$ and 0.94 , respectively). Both early and total yield of bell pepper were correlated with DD_{-soil} in 1997, but not in 1996. The difference in correlations between crops was due to presence of several days over 35°C that caused a reduction of yield in bell pepper. However, BPM plus rowcover increased early and total yield of muskmelon until 47 and 38 t ha^{-1} in 1996 and 38 and 29 t ha^{-1} in 1997. The highest yield was obtained with 596 DD_{-soil} in muskmelon.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Cucumis melo L., *Capsicum annuum* L., degree-days, temperature.

INTRODUCCIÓN

La temperatura es indudablemente el factor ambiental más crítico para las plantas desarrolladas bajo microtúneles (Wells y Loy, 1985). En México, el mercado de las cubiertas se encuentra contraído; además se conoce poco acerca del efecto de éstas sobre el rendimiento.

En México se ha estudiado poco el efecto de los microtúneles sobre el rendimiento de los cultivos. En plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a diferentes periodos de cobertura, se encontró que en periodos de cubierta de 30-58 días, los rendimientos variaron entre 71.6 a 88.9 t ha^{-1} , mientras que en el cultivo sin cubierta el rendimiento fue de 69.1 t ha^{-1} (Carrillo *et al.*, 1992). En otro ensayo con tomate en el que se evaluaron periodos de duración de microtúneles de 30 a 52 días, se encontró el mayor rendimiento con el menor periodo de cubierta (30 días) con 18.9 t ha^{-1} , mientras que con 52 días se registró un rendimiento de 8.9 t ha^{-1} ; el tratamiento testigo no alcanzó a producir frutos debido a la incidencia de virosis (Bonlam, 1991). Desafortunadamente

en el estudio no explican las variaciones en el rendimiento.

Para muchas regiones hortícolas de México, aunque la producción fuera de temporada incrementa los costos de producción, por la inversión especial en prácticas culturales para incrementar el rendimiento se considera una opción económicamente rentable para muchos agricultores. No obstante, algunos de ellos han probado los microtúneles a nivel extensivo, pero no siempre han encontrado una ganancia en producción.

En melón se ha encontrado una respuesta pobre a los microtúneles de polietileno, poliéster y polipropileno, debido a la presencia de periodos de temperatura por debajo de 16°C (Wells y Loy, 1985). En solanáceas los experimentos sobre el uso de microtúneles han mostrado tanto efectos benéficos como perjudiciales (Wolfe y Bell, 1988); por ejemplo, en el cultivo de pimiento el bajo rendimiento se ha atribuido a temperaturas ambientales que alcanzaron 32°C durante el periodo de floración, fase fenológica en que se debió quitar la cubierta.

Los esfuerzos de la investigación con microtúneles han estado enfocados a proveer información específica para algunas regiones de Inglaterra (Rickard, 1975), Alemania (Seitz, 1976), Estados Unidos (Wells y Loy, 1985) y México (Bonlam, 1991).

Los objetivos de este estudio fueron: 1) Determinar el periodo óptimo de uso de microtúnel de polipropileno para lograr incrementar el rendimiento temprano y total, y 2) Obtener el modelo de regresión que explique las variaciones en la producción de biomasa y el rendimiento de los cultivos de melón y pimiento morrón en función de la acumulación de días grado (DG). La hipótesis que se plantea es que tanto la temperatura de suelo como la tempera-

tura de aire pueden explicar lo que ocurre en el sistema planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Estación Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) en Saltillo, Coahuila, cuyas coordenadas geográficas son 25° 27' de L.N., 101° 02' de L.O. del meridiano de Greenwich y una altitud de 1610 msnm en dos años consecutivos (1996 y 1997). Se utilizaron los cultivares Yolo wonder L de pimiento y Cruiser de melón, mismos que se trasplantaron y sembraron el tres de mayo de 1996 y el 23 de mayo de 1997, respectivamente. Las plantas de pimiento se sembraron en charolas de poliestireno expandido y se trasplantaron ocho semanas después de la siembra.

Los tratamientos fueron: 1) Testigo, sin acolchado y sin cubierta, 2) acolchado con polietileno negro (APN) calibre 130, 3) APN más microtúnel de polipropileno (agribón 17), durante 10 días después de la siembra (dds) al melón y 20 días después del trasplante (ddt) al pimiento morrón (ACFRT), 4) APN más microtúnel cubriendo durante 20 dds al melón y 30 ddt al pimiento (ACFRI) y 5) APN más microtúnel cubriendo 32 dds al melón y 40 ddt al pimiento, remoción tardía (ACFRF). Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Para el análisis de datos se utilizó la prueba DMS ($p < 0.05$).

La unidad experimental 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 melón; la distancia entre plantas fue de 0.25 m en ambos cultivos. Se consideró parcela útil el surco central sin sus plantas orilleras para fines de rendimiento. Se fertilizó con la fórmula 100-60-00 en melón y 200-100-100 en pimiento de $N-P_2O_5-K_2O$, se aplicó la mitad del nitrógeno y

todo el fósforo y potasio al inicio y el resto de N durante el ciclo vegetativo de cada cultivo, diluido en el agua de riego por goteo. Para el análisis de peso seco se utilizaron plantas de los dos surcos restantes. Inmediatamente después de la siembra en melón y del trasplante en pimiento se colocó el microtúnel cubierto con polipropileno. En pimiento, para el sostén de la cubierta se utilizaron estacaones 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 flotante por encima de éste, creando con ello un túnel de dos aguas, sujetándola con suelo en ambos lados de la cubierta. Los estacaones de madera sirvieron después de la remoción de la cubierta para la conducción vertical del cultivo, sistema utilizado ampliamente en el Valle de Culiacán en siembras de pimiento. En melón se utilizaron arcos de alambón de 0.55 m de altura sobre el nivel del suelo, colocados a 1.2 m entre sí y permanecieron en el campo durante el periodo de duración de las cubiertas, por lo que se considera un sistema de producción, denominado microtúnel de cubierta flotante.

Durante el periodo de tratamiento se registraron las temperaturas del aire y del suelo así como la radiación fotosintéticamente activa (RFA) con sensores conectados a un datalogger (LI-1000, Li-Cor, Lincoln, Nebraska). El datalogger registró temperaturas diarias cada hora y calculó promedios diarios. Las temperaturas de aire fueron tomadas a 15 cm sobre el suelo mediante sensores colocados dentro de una garita de madera (temperaturas bajo abrigo). Las temperaturas de suelo fueron registradas a 10 cm de profundidad. La RFA se registró con sensores tipo Quantum, colocados a 15 cm sobre el suelo.

El método de días grado-aire (DG) ha sido utilizado para predecir las etapas de desarrollo para varios cultivos, aunque también ha encon-

trado aplicación para predecir la época de cosecha cuando se usa diferentes fechas de siembra (Perry *et al.*, 1986). Con base en datos climáticos registrados durante la permanencia de la cubierta se calcularon los DG. Los resultados de las siguientes fórmulas fueron evaluadas para su correlación simple de Pearson con el peso seco de la planta, rendimiento temprano y total.

$$DG1 = (TA \text{ Max} + TA \text{ Min})/2 - T \text{ base}$$

$$DG2 = (TS \text{ Max} + TS \text{ Min})/2 - T \text{ base}$$

$$DG3 = DG1 - (TA \text{ Max} - TAU \text{ Max})$$

$$DG4 = DG3 - (TA \text{ Max} - TU5)$$

$$DG5 = DG1 - (TAU \text{ Min} - TA \text{ Min})$$

$$DG6 = DG4 - (TAU \text{ Min} - TA \text{ Min})$$

$$DG7 = DG6 \text{ (FT suelo)}$$

$$DG8 = DG6 \text{ (RFA)}$$

$$DG9 = DG6 \text{ (FT suelo} + \text{RFA/2)}$$

donde:

T base es la temperatura mínima de crecimiento.

Temperatura umbral máxima y mínima son temperaturas máximas y mínimas asumidas para el crecimiento de las plantas, aunque las temperaturas umbrales no son necesariamente exactas para los cultivos (Jones, 1983).

TA Max, TA Min y T base son temperaturas de aire máxima, mínima y base, TS Max y TS Min son temperaturas del suelo máximas y mínimas; TAU Max y TAU Min son temperatura umbral máxima y mínima; TU5 es temperatura umbral + 5 °C. FT suelo, es un factor de temperatura del suelo, calculado con la temperatura media diaria para el periodo de cubierta, determinado con base en la temperatura del suelo para APN (tratamiento acolchado solo); los valores menores o mayores que 1.0 indican que la temperatura fue menor o mayor que en APN. La Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) recibida en los tratamientos testigo y APN se consideró

como el 100%. El porciento de transmisión en los tratamientos de cubierta se calculó en función de la radiación que el cultivo dejó de recibir en comparación con plantas sin cubierta.

Las fórmulas DG3 y DG4 imponen una reducción en la acumulación de días-grado cuando la TA Max excede la TAU seleccionada, DG5 impone una reducción de la T Min y DG6 hace ambas cosas. Las fórmulas DG7- DG9 incorporan efectos de la temperatura del suelo y transmitancia de RFA.

Las fórmulas DG1 a DG9, fueron propuestas por Wolfe *et al.* (1989) excepto DG2 que fue propuesta por Jenni *et al.* (1996). En las nueve fórmulas propuestas, los valores negativos toman valores de cero.

Se elaboró un programa usando el Statistical Analysis System (SAS) con declaraciones condicionadas con T base = 10 ó 15 °C, TAU Max = 30, 35 ó 40 °C y TAU Min = 10 ó 15 °C, tales temperaturas fueron seleccionadas debido a que se presentaron durante el periodo de cobertura.

Crecimiento del cultivo y rendimiento. Al remover la cubierta del microtúnel en el tratamiento ACFRF (32 dds en melón y 40 ddt en pimiento), se cosecharon dos plantas por tratamiento y por repetición para la determinación de peso seco, secando las muestras a 70 °C hasta obtener peso seco constante. El melón fue cosechado tres veces por semana y el pimiento se cosechó semanalmente. En ambos años se consideró rendimiento temprano la producción acumulada hasta la segunda recolección, la reza incluyó frutos fuera de tipo (en melón frutos pútridos y manchados por humedad del suelo, frutos menores de 1.0 kg, y frutos deformes; en pimiento frutos menores de 70 g, dañados por barrenillo *Anthonomus eugenii* y golpe de sol).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción del microclima. El Cuadro 1 resume el número de días con temperaturas mayores de 35°C, menores de 15°C, factor de temperatura del suelo y porcentaje de radiación fotosintéticamente activa (RFA), que se usaron en los modelos de regresión. En pimiento se observó una alta frecuencia de temperaturas de aire mayores a 35°C con los tratamientos de cubierta (28-40 días y 22-39 en 1996 y 1997), en melón 17-29 días y 16-31 días en 1996 y 1997 respectivamente. La transmisión de la RFA con cubierta de polipropileno se redujo desde 18 hasta 33% en pimiento en 1996 y 17-36% en 1997, mientras que en melón se redujo de 5 - 20% en 1996 y de 9 - 33% en 1997.

Al emplear DG aire (Fórmula 1) durante los primeros 40 ddt las plantas de pimiento acumularon 267 y 317 DG más que el testigo sin cubierta en 1996 y 1997, respectivamente (Cuadro 2). En melón, usando los mismos tratamientos, la diferencia fue de 233 y 168 DG, respectivamente. La superioridad en magnitud en pimiento, pero referida como DG suelo (Fórmula 2) fue de 279 y 219 DG en 1996, 228 y 172 DG en 1997. En el presente estudio la ganancia en DG aire entre acolchado y testigo fue de 2 y 13 en pimiento y de 4 y 21 en melón en 1996 y 1997, en cambio, la ganancia en DG suelo fue de 128 y 149 en pimiento y de 104 y 82 en melón en 1996 y 1997, respectivamente. Los resultados del presente estudio concuerdan con los reportados por Hempill y Mansour (1986), Bonano y Lamont (1987), Motsenbocker y Bonano (1989), Peterson y Taber (1991), quienes mencionan que el uso de microtúneles incrementa la temperatura del aire y suelo.

En 1996 la temperatura de aire fue generalmente mayor que en 1997. Por ejemplo, en el testigo en pimiento se registraron valores de

temperatura media de 23.2 °C en 1996 y 21.7 °C en 1997. La misma tendencia en temperaturas de aire se registró en melón en ambos años.

El acolchado plástico incrementó el número de DG suelo en relación al testigo en melón y en pimiento (Cuadro 2). Ham *et al.* (1993) indican que el acolchado negro absorbe el 96% de la radiación de onda corta, mientras que muy poca se transmite y refleja, la radiación absorbida por la película de plástico es conducida a la capa alta del suelo y por consiguiente existe un incremento en la temperatura del suelo.

Rendimiento en relación a la temperatura. Los datos tomados al momento de hacer la última remoción de la cubierta indican que los tratamientos de acolchado solo o combinado con microtúnel incrementaron el peso seco en ambos cultivos (Cuadro 3).

El melón que creció bajo cubierta mostró un incremento significativo en el rendimiento temprano comparado con el testigo ($p < 0.01$) (Cuadro 3). El rendimiento temprano se incrementó en 34.9, 47.0, 46.7 y 44.4 t ha⁻¹ en 1996 y 24.8, 32.9, 31.1 y 38.1 t ha⁻¹ en 1997 con el uso de los tratamientos APN, ACFT, ACFRI y ACFRF, respectivamente, el rendimiento del testigo fue de 13.1 y 1.17 t ha⁻¹ en cada año, respectivamente; lo que estuvo correlacionado positivamente con el factor temperatura de suelo (1.0, 1.04, 1.11 y 1.15) en 1996 y (1.00, 1.03, 1.05 y 1.09) en 1997. El rendimiento se incrementó también cuando se registró menor cantidad de días con temperaturas de aire inferiores a 15°C, consecuentemente se registró una mayor temperatura media de aire (Cuadros 1 y 2).

En 1997 ambos cultivos registraron un rendimiento menor en relación al año anterior. Sin embargo, las labores preparatorias del suelo fueron las mismas en ambos años. Antes del establecimiento de ambos cultivos en 1997 se

Cuadro 1. Datos ambientales en los tratamientos de acolchado y microtúnel, cuando la temperatura del aire toma valores mayores de 35°C y menores de 15°C, factor temperatura del suelo y transmitancia de luz para el intervalo de cubierta de 40 días en pimiento y 32 días en melón. Saltillo, Coah., 1996-1997.

Cultivo	Año	Tratamiento ^a	t>35°C (días)	t<15°C (días)	Factor ^b temp. de suelo	% de transmitan- cia de RFA ^c
Pimiento	1996	Testigo	12	23	0.85	100
		Acolchado	16	17	1.00	100
		ACFRT	28	9	1.06	82
		ACFRI	33	9	1.09	78
		ACFRF	40	5	1.13	67
	1997	Testigo	3	28	0.87	100
		Acolchado	3	24	1.00	100
		ACFRT	22	18	1.05	83
		ACFRI	30	13	1.06	73
		ACFRF	39	10	1.10	64
Melón	1996	Testigo	7	19	0.87	100
		Acolchado	7	17	1.00	100
		ACFRT	17	11	1.04	95
		ACFRI	24	4	1.11	88
		ACFRF	29	2	1.15	80
	1997	Testigo	7	15	0.89	100
		Acolchado	7	12	1.00	100
		ACFRT	16	7	1.03	91
		ACFRI	23	4	1.05	78
		ACFRF	31	4	1.09	67

^a Abreviaciones: ACFRT, ACFRI y ACFRF= Acolchado con microtúnel remoción temprana, intermedia y tardía; t= temperatura; RFA= radiación fotosintéticamente activa.

^b Basado en el promedio de 24 horas para un periodo de 32 dds en melón y 40 ddt en pimiento. Un valor de 1.0 es equivalente a Acolchado plástico negro, valores mayores o menores que 1.0 indican temperaturas medias superiores o inferiores que APN, respectivamente.

^c Basado en la RFA total recibida para un día para un periodo de 32 dds en melón y 40 ddt en pimiento. Se consideró un valor de 100% para los tratamientos sin cubierta.

Cuadro 2. Efecto del acolchado y microtúnel en los días-grado acumulados (tomando la temperatura base de aire y suelo =10°C), y las temperaturas máximas y media de aire registradas durante el periodo de cubierta. Saltillo, Coah., 1996-1997.

Cultivo	Año	Tratamiento ^a	Días-grado		Temperatura máxima (°C)	Temperatura media (°C)
			Aire	Suelo	Aire	Aire
Pimiento	1996	Testigo	579	559	38.4	23.18
		Acolchado	581	687	37.6	24.24
		ACFRT	724	757	50.0	28.80
		ACFRI	784	797	50.2	29.79
		ACFRF	846	838	50.4	30.89
	1997	Testigo	505	484	36.9	21.70
		Acolchado	518	633	37.6	25.07
		ACFRT	670	664	51.6	26.01
		ACFRI	744	680	52.6	26.08
		ACFRF	822	703	52.6	26.73
Melón	1996	Testigo	442	408	37.5	22.34
		Acolchado	446	512	37.2	25.62
		ACFRT	534	541	51.4	26.63
		ACFRI	621	596	52.6	28.33
		ACFRF	675	636	52.6	29.58
	1997	Testigo	445	357	37.6	20.77
		Acolchado	466	439	38.0	23.34
		ACFRT	526	446	46.2	24.00
		ACFRI	557	489	46.2	24.47
		ACFRF	613	529	48.6	25.49

^a Abreviaciones: ACFRT, ACFRI y ACFRF= Acolchado con microtúnel remoción temprana, intermedia y tardía.

Cuadro 3. Efecto del acolchado y los microtúneles en el peso seco y rendimiento de pimiento y melón. Saltillo, Coah., 1996-1997.

Cultivo	Año	Tratamiento ^a	Peso seco planta ^b g	Rendimiento temprano t ha ⁻¹	Rendimiento rezaga t ha ⁻¹	Rendimiento total t ha ⁻¹
Pimiento	1996	Testigo	1.70 c	2.099	5.116	39.697
		Acolchado	4.66 b	4.746	4.231	50.048
		ACFRT	7.31 a	5.194	5.023	51.015
		ACFRI	4.44 b	3.383	4.231	47.089
		ACFRF	5.42 ab	2.370	4.345	50.882
			**	N.S.	N.S.	N.S.
	1997	Testigo	0.613 b	0.182 b	2.412	11.106 c
		Acolchado	0.679 b	0.900 ab	3.993	14.737 bc
		ACFRT	0.657 b	1.235 a	3.361	15.060 bc
		ACFRI	0.843 a	1.309 a	4.865	19.797 a
		ACFRF	0.700 ab	1.491 a	4.354	18.741 ab
			**	*	N.S.	**
Melón	1996	Testigo	0.59 c	13.125 b	14.216	48.450 b
		Acolchado	1.77 c	48.042 a	12.118	71.182 a
		ACFRT	11.81 b	60.198 a	13.750	78.733 a
		ACFRI	22.95 a	59.842 a	8.640	87.102 a
		ACFRF	18.67 a	57.530 a	13.125	81.555 a
			**	**	N.S.	**
	1997	Testigo	5.24	1.167 d	3.908	27.059 b
		Acolchado	6.93	25.965 c	7.581	47.419 a
		ACFRT	9.76	34.099 b	7.711	49.065 a
		ACFRI	10.36	32.279 b	6.871	49.207 a
		ACFRF	10.22	39.299 a	6.152	56.792 a
			N.S.	**	N.S.	**

^a Abreviaciones: ACFRT, ACFRI y ACFRF= Acolchado con microtúnel remoción temprana, intermedia y tardía.^b Tomada 32 dds en melón y 40 ddt en pimiento (última remoción).

N.S., *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Tratamientos con la misma literal dentro de cada cultivo y cada año no difieren entre sí, de acuerdo con la prueba DMS (0.05).

realizó nivelación al suelo, removiendo una gran cantidad de tierra con el uso de maquinaria pesada, que pudo compactar el suelo y cambiar la fertilidad del mismo. En adición, la temperatura media de aire fue superior en 1996. Lo anterior puede en parte explicar la diferencia en rendimiento entre años.

En 1996, la ganancia en rendimiento total de los tratamientos de cubierta con respecto al testigo de melón fue de 30.3 (62.5%), 38.6 (79.8%), y 33.10 t ha⁻¹ (68.3%) en 1996 para los tratamientos ACFRT, ACFRI y ACFRF, respectivamente, y de 22.0 (81.3%), 22.1 (81.8%) y 29.7 t ha⁻¹ (109.8%) en 1997. La ganancia por efecto de acolchado fue de 22.7 t ha⁻¹ (46.9%) y 20.4 t ha⁻¹ (75.2%) en el primero y segundo año de estudio.

Las plantas testigo de pimienta produjeron el menor rendimiento y menor número de días grado hasta los 40 ddt (Cuadros 2 y 3). La relación tratamiento-rendimiento fue más compleja que una simple respuesta al incremento de temperatura. Probablemente, un factor detrimental para el rendimiento en pimienta fue la frecuencia de días con temperaturas por encima de 35°C en 1996 (28-40 días) y en 1997 (22-39 días).

Las plantas cubiertas registraron quemaduras en los bordes de las hojas, achaparramiento en algunas y una coloración amarillenta de las hojas e incluso algunas plantas murieron debido a las altas temperaturas (>50°C). Mohd *et al.* (1988) mencionan que el pimienta es uno de los cultivos más sensibles a temperaturas extremas, pero que también es probablemente uno de los que mejor responden al manejo de las temperaturas. Las temperaturas fueron benéficas en melón, ya que se observaron plantas más vigorosas y un mayor rendimiento comparado con plantas sin cubierta. Las plantas desarrolladas durante 1997 produjeron menor peso seco y

menor rendimiento comparadas con las de 1996 (Cuadro 3).

El rendimiento de los dos cultivos difirió enormemente en respuesta al uso de acolchado y cubierta en relación a años; sin embargo, el melón bajo cubierta, mostró un incremento substancial en rendimiento temprano y total. En contraste, en pimienta se obtuvo poco beneficio en ambas variables con el uso de las cubiertas más acolchado plástico. La producción total por efecto de acolchado y microtúnel fue similar a la del testigo, sin embargo, los tratamientos con cubierta registraron incrementos cercanos a las 10 t ha⁻¹ en 1996. En 1997 la ganancia en rendimiento total de pimienta fue estadísticamente diferente entre tratamientos ($p < 0.01$), con incrementos de 3.6 (32.6%), 3.9 (35.6%), 8.7 (78.3%) y 7.6 t ha⁻¹ (68.7%) respecto al testigo con los tratamientos Acolchado, ACFRT, ACFRI y ACFRF, respectivamente (Cuadro 3). Wolfe y Bell (1988) reportan poca o nula respuesta de las solanáceas al uso de microtúneles. Los bajos rendimientos en esa familia han estado relacionados con altas temperaturas. El follaje de pimienta tiende a ser tolerante a altas temperaturas, pero exposiciones prolongadas que excedan 35 °C pueden ocasionar efectos detrimentales en el crecimiento del cultivo. De acuerdo con estos resultados, con clima similar a donde se realizó el experimento, en pimienta se puede prescindir de las cubiertas, sugiriéndose el uso de acolchado plástico solo.

En melón en 1996 se acumularon 596 DG-suelo, durante el periodo de cubierta, el tratamiento ACFRI fue el que dio el mayor rendimiento en relación al testigo, mismo que fue superado en casi 40 t ha⁻¹. El número de DG-suelo en 1997 fue de 529 con la última remoción (ACFRF) y fue a su vez la que registró el mayor rendimiento. En relación a los DG-aire, la tendencia fue similar, el mayor rendimiento se obtuvo con 621 y 613 DG en ambos años.

Modelos de regresión: En melón la fórmula 1 (DG1) que está basada en la acumulación de días-grado, fórmula estándar, fue la que mostró una mayor correlación entre DG acumulados y peso seco ($r = 0.94$ en 1996 y 0.93 en 1997). Cuando se consideró el total de tratamientos de ambos años como una sola muestra ($n = 10$), el valor de r fue de 0.88 (Cuadro 4). Esa misma fórmula no fue significativa cuando se correlacionó con rendimiento temprano y total, considerando cada año por separado ($n = 5$). En el cultivo de melón en 1996 las fórmulas DG3-DG9 mostraron correlaciones negativas entre DG y biomasa, con valores de r que variaron desde -0.89 hasta -0.95 , en cambio en 1997 no se observó significancia, excepto con DG5 que mostró un valor de $r = -0.93$, lo que indica una relación negativa entre las fórmulas DG3-DG9 y la producción de biomasa.

En pimiento la acumulación con la fórmula DG1 no se correlacionó con masa seca. La relación no fue lineal y la correlación fue negativa en algunos casos. La acumulación de DG1 estuvo generalmente asociada con una disminución en la producción de biomasa y rendimiento precoz, mientras que el rendimiento total permaneció casi insensible al cambio 1996 (datos no mostrados). En 1997 el rendimiento temprano y total de pimiento mostraron una respuesta positiva a la acumulación de DG2 con valores de $r = 0.94$ y 0.89 . Lo anterior muestra la falta de consistencia en la predicción de rendimiento temprano y total, pues en 1996 no se correlacionaron los DG con ambos tipos de rendimiento.

La Figura 1 muestra la relación existente en melón entre la acumulación de DG aire y la biomasa de planta, con una temperatura base de 10°C para un solo periodo de remoción, 32 dds. Con temperaturas base de 15°C , el valor de r^2 entre ambas variables fue muy similar que con 10°C (datos no mostrados). Con temperaturas base de 15°C , decrecen los DG, pero la r^2 de la

relación DG vs biomasa no mejora. Los puntos referentes a biomasa y rendimiento de las parcelas con acolchado y las del testigo tienden a estar en la parte más baja de la gráfica y muy cercanos entre sí. La acumulación de DG en los tratamientos con microtúnel fue superior al acolchado plástico solo.

La fórmula DG2 que incluye DG suelo, se correlacionó con rendimiento temprano y total de melón con valores de $r = 0.89$ y 0.93 en 1996 y con valores de 0.92 y 0.94 en 1997; al considerar el total de tratamientos como una sola muestra ($n = 10$) el valor de r fue de 0.93 para rendimiento temprano y de 0.94 para rendimiento total (Cuadro 4). Muchos autores han usado temperaturas máximas y mínimas con el propósito de obtener relaciones lineales entre días grado aire y biomasa de planta, rendimiento temprano y rendimiento precoz. La inclusión de DG suelo aumentó la r^2 para rendimiento precoz y total. Para producción de biomasa la fórmula tradicional mostró el mayor valor de $r^2 = 0.77$. Los resultados del presente estudio no concuerdan con los obtenidos por Wolfe *et al.* (1989) en pepino, quienes obtuvieron con la fórmula tradicional (DG1) los mayores valores de correlación entre DG aire y producción de biomasa, rendimiento precoz y rendimiento total utilizando un solo periodo de remoción que fue al iniciarse la floración. Además Wolfe *et al.* (1989), utilizaron cubiertas diferentes a las empleadas en el presente estudio.

La tolerancia de melón a temperaturas por encima de 30°C es citada por Wells y Loy (1985). En nuestro estudio las altas temperaturas fueron generadas por el uso de microtúneles que provocaron un efecto benéfico en la producción del cultivo.

Las fórmulas DG6-DG8 que incluyen un factor de temperatura de suelo y transmitancia

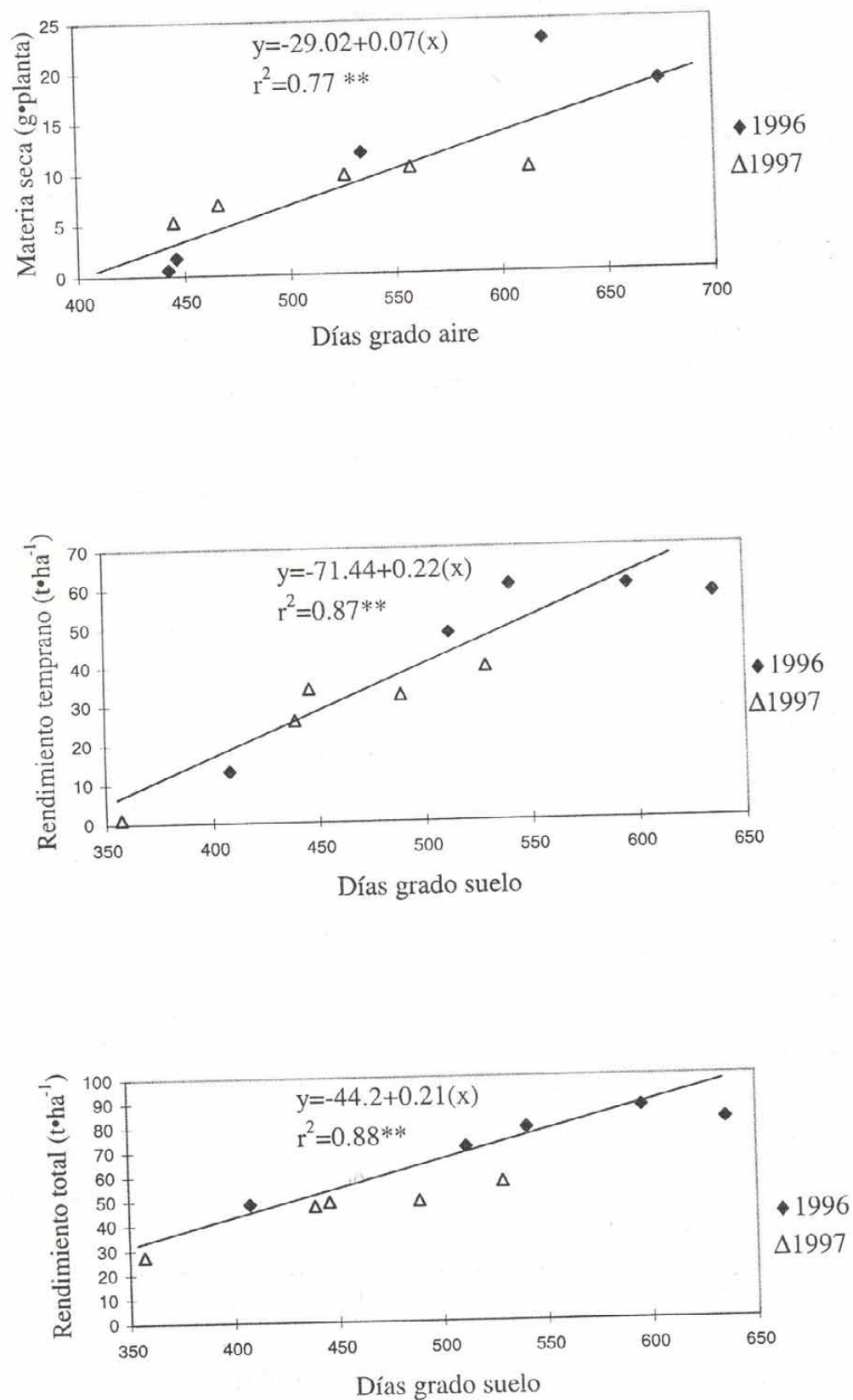


Figura 1. Materia seca, rendimiento temprano y rendimiento total en melón y su relación con Días Grado Aire y Días Grado Suelo, con Tbase = 10°C.

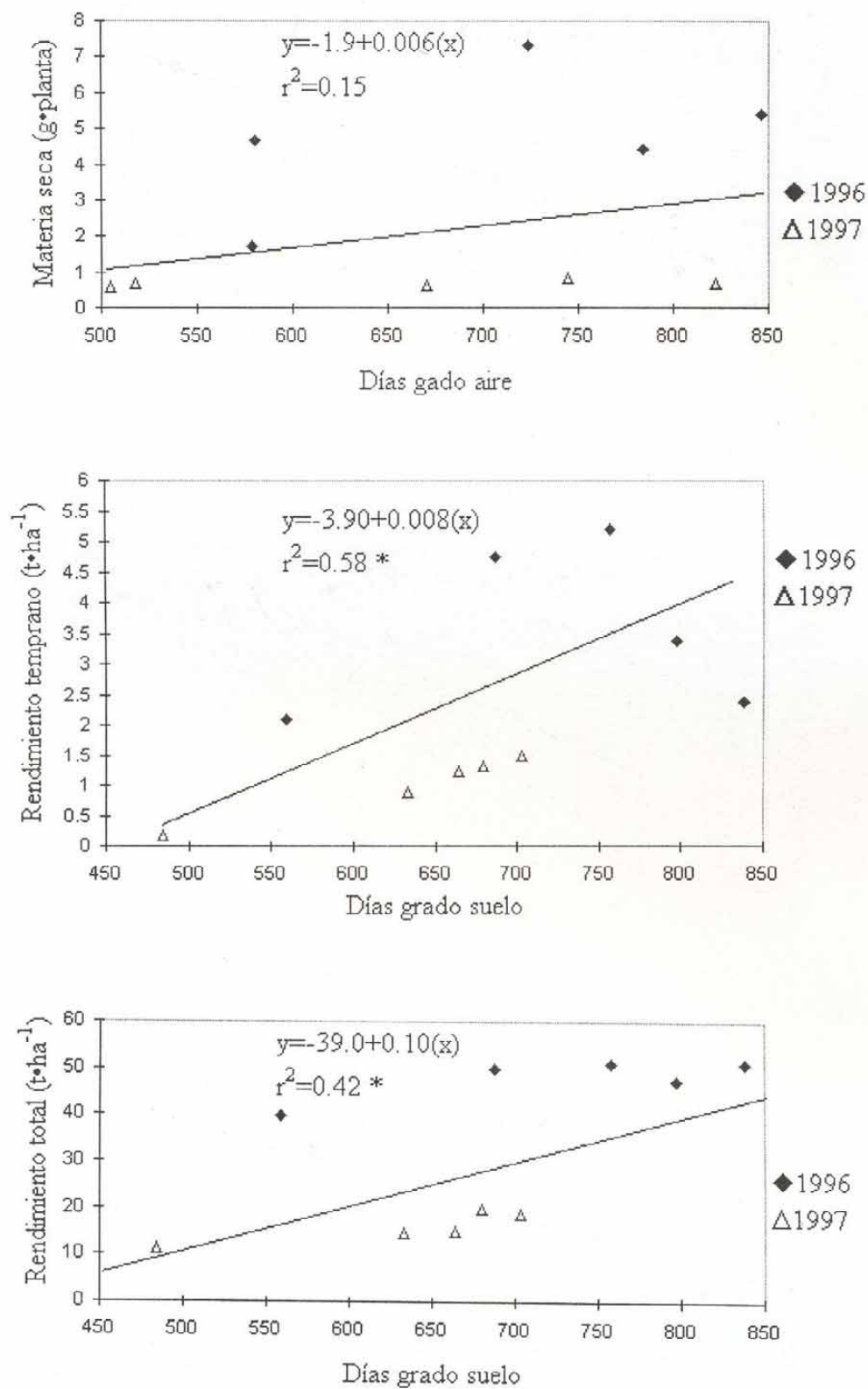


Figura 2. Materia seca, rendimiento temprano y rendimiento total en pimiento y su relación con Días Grado Aire y Días Grado Suelo, con Tbase = 10°C.

Cuadro 4. Correlación de diferentes fórmulas de días grado con biomasa de planta, rendimiento temprano y total en melón y pimiento.

Cultivo	Año	Variable	DG1	DG2	DG3	DG4	DG5	DG6	DG7	DG8	DG9
Melón	1996	Biomasa	0.94*	0.87N.S.	-0.95*	-0.93*	0.93*	-0.95*	-0.89*	-0.92*	-0.93*
		Prod. Precoz	0.67N.S.	0.89*	-0.67N.S.	-0.67N.S.	0.68N.S.	-0.67N.S.	-0.49N.S.	-0.64N.S.	-0.64N.S.
		Prod Total	0.77N.S.	0.93*	-0.77N.S.	-0.77N.S.	0.77N.S.	-0.61N.S.	-0.61N.S.	-0.74N.S.	-0.73N.S.
	1997	Biomasa	0.93*	0.92*	-0.81N.S.	-0.86N.S.	-0.93**	-0.81N.S.	-0.70N.S.	-0.81N.S.	-0.82N.S.
		Prod. Precoz	0.83N.S.	0.94*	-0.68N.S.	-0.75N.S.	-0.69N.S.	-0.69N.S.	-0.55N.S.	-0.70N.S.	-0.70N.S.
		Prod Total	0.82N.S.	0.94*	-0.68N.S.	-0.74N.S.	-0.69N.S.	-0.69N.S.	-0.56N.S.	-0.70N.S.	-0.70N.S.
Pimiento	1996-97	Biomasa	0.88**	0.78**	-0.81**	-0.84**	0.86**	-0.82**	-0.77**	-0.76*	-0.75*
		Prod. Precoz	0.67*	0.93**	-0.71*	-0.69*	0.61N.S.	-0.71*	-0.59N.S.	-0.64*	-0.64*
		Prod Total	0.61N.S.	0.94**	-0.70*	-0.65*	0.52N.S.	-0.70*	-0.63N.S.	-0.60N.S.	-0.59N.S.
	1997	Biomasa	0.55N.S.	0.65N.S.	-0.53N.S.	-0.54N.S.	0.57N.S.	-0.53N.S.	-0.45N.S.	-0.55N.S.	-0.54N.S.
		Prod. Precoz	0.69N.S.	0.94*	-0.63N.S.	-0.65N.S.	0.74N.S.	-0.62N.S.	-0.49N.S.	-0.64N.S.	-0.61N.S.
		Prod Total	0.84N.S.	0.89*	-0.80N.S.	-0.81N.S.	0.86N.S.	-0.80N.S.	-0.70N.S.	-0.82N.S.	-0.81N.S.
Pimiento	1996-97	Biomasa	0.39N.S.	0.71*	-0.30N.S.	-0.41N.S.	0.44N.S.	-0.37N.S.	-0.30N.S.	-0.38N.S.	-0.38N.S.
		Prod. Precoz	0.44N.S.	0.76**	-0.34N.S.	-0.42N.S.	0.48N.S.	-0.37N.S.	-0.27N.S.	-0.38N.S.	-0.37N.S.
		Prod Total	0.37N.S.	0.65*	-0.27N.S.	-0.39N.S.	0.41N.S.	-0.35N.S.	-0.28N.S.	-0.35N.S.	-0.35N.S.

N.S., *, **= No Significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.
No se presentan las correlaciones de pimiento de 1996, dado que no fueron significativas.

de luz, no mostraron nivel de significancia positiva en las correlaciones.

Con base en las observaciones de dos años en melón la producción de biomasa puede predecirse con temperaturas de aire (DG1), en cambio el rendimiento temprano y total, puede ser predicho con los DG suelo acumulados (DG2).

De las ocho fórmulas de DG aire propuestas, ninguna se correlacionó con biomasa o rendimiento en pimiento en ambos años. En 1996 los tratamientos de pimiento tuvieron una respuesta estadísticamente similar en la producción de biomasa y rendimiento del cultivo. En 1997 se obtuvieron correlaciones significativas entre DG suelo (DG2) con rendimiento temprano y rendimiento total con valores de 0.94 y 0.89 (Cuadro 4). Los valores de r^2 cuando $n=10$ en pimiento, registraron coeficientes de 0.50, 0.58 y 0.42 para biomasa y rendimiento temprano y total. Sin embargo, las predicciones quedaron confundidas no sólo por la posible compactación del suelo en 1997, sino que también por el excesivo calor generado por el uso de las cubiertas que ocasionaron daños irreversibles en el follaje, aspecto previamente discutido.

CONCLUSIONES

En melón el mayor rendimiento temprano y total en 1996 se obtuvo acolchando con plástico negro y protegiendo las plantas con cubierta durante 20 días después de la siembra, periodo que correspondió a una acumulación de 596 días-grado suelo, mientras que en 1997 se logró con acolchado plástico y cubierta por 32 días, equivalente a una acumulación de 529 días-grado. En plantas de pimiento la alta frecuencia de temperaturas por encima de 35°C en 1996 (28-40 días) y en 1997 (22-39 días) fue el factor detrimental en el crecimiento durante el periodo de cubierta.

Con base en las observaciones de dos años en melón el rendimiento temprano y total puede ser predicho con los días grado suelo empleando un modelo de regresión lineal simple.

BIBLIOGRAFÍA

- Bonano A., R. and W. J. Lamont. 1987. Effect of polyethylene mulches, irrigation method and rowcovers on soil and air temperature and yield of muskmelon. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:735-738.
- Bonlam, S.A. de C.V. 1991. División Fibras, CYDSA. México, D.F. 6 p.
- Carrillo F., A., O. J. Cruz, B.G. Valenzuela y C. Morales. 1992. Efectos de distintos periodos de cobertura de tela de polipropileno sobre la incidencia de virosis y rendimiento de tomate en Sinaloa. XIX Congreso Nacional de Fitopatología. p. 141.
- Ham, J. M., G. J. Kluitenberg, and W. J. Lamont. 1993. Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:188-193.
- Hempill, Jr., D. D. y N. S. Mansour. 1986. Response of muskmelon to three floating row covers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:513-517.
- Jenni, S., D. C. Cloutier, G. Bourgeois, and K. A. Stewart. 1996. A heat unit model to predict growth and development of muskmelon to anthesis of perfect flowers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(2): 274-280.
- Jones, H. 1983. *Plants and Microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology.* pp. 208-209
- Mohd, K., J.M. Gerber, and W.E. Splittstoesser. 1988. Row tunnel effects on growth, yield and fruit quality of bell pepper. *Proc. 18th. Nat. Agr. Plast. Cong.* pp 152-158.
- Motsenbocker, C. E. and R. Bonano. 1989. Row covers effects on air and soil temperature and yield of muskmelon. *HortScience* 21: 520-522.

- Peterson, R. H. and H. G. Taber. 1991.** Tomato flowering and early yield response to heat buildup under row covers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:206-209.
- Perry, K. B., T. C. Wehner, and G. L. Johnson. 1986.** Comparison of 14 methods to determine heat unit requirements for Cucumber harvest. *HortScience*. 21: 419-423.
- Rickard, P.C. 1979.** Mulches for vegetable production. Grower guide 7. Grower books, London. pp: 25.
- Seitz, P. 1976.** Anregungen für produktion und asbatz. Heft 6. Flachfolien, D. 53000 Bonn. p: 36.
- Wells, O. S. and J. B. Loy. 1985.** Intensive vegetable production with row covers. *HortScience*. 114 (4): 562-568.
- Wolfe, D. and D. Bell. 1988.** Tomato yield response to row covers: a review. *Proc. of the 20th. Nat. Agr. Plast. Cong.* pp. 279-287.
- Wolfe, D. W., L. D. Albright, and J. Wyland. 1989.** Modeling row cover effects on microclimate and yield. Growth response of tomato and cucumber. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(4):562-568.