

# ACOLCHADO, RIEGO Y MICROTÚNELES EN TOMATE, CHILE ANAHEIM Y CHILE PIMIENTO

L. Ibarra-Jiménez<sup>1</sup>; J. Flores<sup>1</sup>; M. R. Quezada<sup>1</sup>; A. Zermeno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agrolásticos. Centro de Investigación en Química Aplicada. Enrique Reyna Hermosillo 140. Saltillo, Coahuila. C. P. 25100. MÉXICO. (\*Autor responsable).

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Domicilio conocido. Buenavista, Saltillo, Coahuila. MÉXICO.

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio es mostrar una compilación de información, en los cultivos de tomate y chile cultivados con acolchado plástico solo, o combinado con riego por goteo o con microtúnel. En pimiento acolchado, es preferible regar al abatirse el 50 % la humedad del suelo si se persigue como propósito incrementar el rendimiento por unidad de superficie 18.05 t·ha<sup>-1</sup> (39 %) promedio de cuatro formas de suministro de agua. Al utilizar acolchado con riego por superficie en pimiento se sugiere aplicar todo el fertilizante nitrogenado antes del establecimiento del plástico. El uso de microtúneles en pimiento son un excelente medio para repeler insectos transmisores de virosis, pero deberán tomarse las precauciones adecuadas, especialmente en tomate y chile que son sensibles a temperaturas supraóptimas y pueden ocasionar efectos negativos en el crecimiento y rendimiento de los cultivos como sucedió en el presente estudio con pimiento morrón. En tomate acolchado más riego por goteo se incrementó el rendimiento hasta en 26.7 t·ha<sup>-1</sup> (39 %) y se ahorraron 1,800 m<sup>3</sup> (8,000 vs. 6,200) con respecto a suelo desnudo y riego por superficie, así mismo se incrementó el beneficio económico para los agricultores de tomate hasta en 145 %. En chile Anaheim el acolchado plástico blanco permitió duplicar el rendimiento (53.0 vs. 26.35 t·ha<sup>-1</sup>) con relación al método tradicional de cultivo.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** solanáceas, *Lycopersicon esculentum* Mill., *Capsicum annuum* L., cubiertas flotantes, sistemas de riego, uso eficiente del agua.

## MULCHING, IRRIGATION, AND MICROTUNNELS IN TOMATO, ANAHEIM HOT PEPPER, AND SWEET PEPPER

## ABSTRACT

The objective of the present study is to show a compilation of information in tomato and hot and sweet pepper grown under plastic mulching, combined with drip irrigation or with microtunnels. Sweet pepper under mulching needs to be irrigated preferably when soil moisture decreases to 50 % if the purpose is to increase unit area yield to 18.05 t·ha<sup>-1</sup> (39 %) as an average of four water application methods. When mulching and flood-irrigating sweet pepper, we suggest the application of all nitrogen fertilizer before placing the plastic on the field. The use of microtunnels in sweet pepper is an excellent way to repel insects transmitting virosis. But adequate precautions should be taken; especially in tomato and peppers, which are sensitive to higher than optimum temperatures that may cause negative effects on crop growth and yield. This happened in the present study with sweet pepper. Tomato grown under mulching with drip irrigation had a yield increase of up to 26.7 t·ha<sup>-1</sup> (39 %) and resulted in water savings of 1,800 m<sup>3</sup> (8,000 vs. 6,200 m<sup>3</sup>) when compared to uncovered soil with flood irrigation; likewise, it increased economic benefits for tomato growers up to 145 %. In Anaheim hot pepper, white plastic mulching allowed a two-fold yield increase (53.0 vs. 26.35 t·ha<sup>-1</sup>) when compared to the traditional growth method.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** solanaceae, *Lycopersicon esculentum* Mill., *Capsicum annuum* L., floating covers, irrigation systems, water-use efficiency.

## INTRODUCCIÓN

El uso de acolchado en la producción de hortalizas como el melón, sandía, tomate, pepino, pimiento, berenjena, fresa, calabacita, entre otros, ha permitido obtener uno, dos, o múltiples ciclos vegetativos de cultivo

con una misma película de plástico. Sin embargo, para hacer más eficiente el rendimiento de estos cultivos debe considerarse además del acolchado, el fertirriego, cubiertas flotantes, producción bajo invernadero, la protección con mallas rompevientos y un adecuado programa de control de plagas y enfermedades (Lamont, 1996).

El acolchado plástico, tiene muchas ventajas para los usuarios, tales como ahorro de agua, incremento en la producción precoz y producción total, además de un cierto control de plagas, enfermedades y malezas (Liakatas *et al.*, 1986).

En la elaboración de los plásticos para la agricultura se incluyen varios aditivos para modificar o incrementar ciertas propiedades específicas del producto terminado, tales como agentes anticondensantes en la cara interior de la película, inhibidores-estabilizadores UV, retardadores de flama y ocasionalmente aditivos fotodegradables (Lamont, 1996).

El clima es el factor primario para la producción de alimentos y fibras (Dalrymple, 1973). Entre las principales restricciones para la producción de cultivos hortícolas se encuentra la temperatura muy cálida o muy fría, excesos o deficiencias de humedad, elevada incidencia de malezas, deficiencias de ciertos nutrimentos en el suelo y excesiva velocidad del viento. La mayoría de esos factores climáticos han sido menguados con la protección de cultivos y del suelo con materiales plásticos.

La escasez de agua es el más importante impedimento para el desarrollo de las plantas y la producción global de alimentos. El recurso máspreciado y gastado es el agua. La mayor pérdida de cultivos en la agricultura de 1930 a 1978 en los Estados Unidos de Norteamérica fue causada por la sequía. Las pérdidas por sequía fueron casi iguales a otras pérdidas inducidas por el clima incluyendo excesivas lluvias, frío, granizo y viento (Boyer, 1982).

La tasa de riego se incrementó de 1950 a 1980, el área irrigada en el mundo pasó de 94 a 250 millones de ha. La expansión del riego a fines de 1980 y principios de 1990 disminuyó dramáticamente en México. Algunas naciones como China anunciaron y abrieron nuevas superficies de riego. Cuatro países, China, India, Estados Unidos y Pakistán poseen la mitad de la superficie con riego. Más de las dos terceras partes de la producción de alimentos en China se producen en tierras regadas y más de la mitad en la India, Indonesia y Japón (Postel, 1993). La futura expansión de la superficie de riego se encuentra limitada por la escasez de agua en los Estados Unidos, Rusia, China, India, Pakistán, España, Italia, Chile, Australia, Golfo Árabe, los países Africanos y México. El sistema de riego por goteo es frecuentemente un importante componente de otras estructuras diseñadas para la producción de cultivos hortícolas.

Muchas de las dudas existentes a fines de la década de los años setentas, ochentas, y noventas han quedado respondidas y mejor aún, se han incorporado nuevos sistemas de producción al acolchado plástico, especialmente riego por goteo, cubiertas flotantes y producción bajo invernadero.

Este escrito tiene como objetivo presentar una compilación de información, en su mayoría generada por el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Esta es para presentar una pequeña parte de la experiencia adquirida en el cultivo de solanáceas, especialmente, tomate y chile cultivados con acolchado plástico, o combinado con riego por goteo o con cubiertas flotantes y evaluar su efecto en el ahorro de agua, la importancia del color de la película de acolchado, el control de insectos vectores de virosis y la influencia en la producción precoz y total.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La mayoría de los ensayos que aquí reportan se efectuaron en la Estación Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) en Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son 25° 27' de LN, 101° 02' de LO del meridiano de Greenwich y una altitud de 1,610 m. Los resultados que se presentan surgieron de la necesidad de investigar sin contar con los conocimientos adecuados en agroplasticultura, lo que significa que hubo la necesidad de implementar en el campo todos los aspectos de aplicación de los plásticos que hoy, son bien conocidos.

Para llevar a cabo parte de la investigación, se contó con el auspicio de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), durante el periodo 1979 a 1985. Para la etapa de transferencia se contó con el apoyo de Petróleos Mexicanos, productor de la resina para la elaboración de los plásticos, durante el periodo 1983 a 1985. De 1985 a la fecha, el apoyo recibido por el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) ha sido trascendental, así como el patrocinio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través de la Dirección Adjunta de Investigación Científica y del Programa Enlace Academia Empresa (PREAM) entre otros programas.

Por razones de tipo logístico y para facilitar el seguimiento a la lectura del artículo, los tratamientos se encuentran descritos en cada subtema, para facilitar su comprensión. A continuación se presentan los subtemas de estudio:

### Acolchado

#### **Efecto del acolchado en la anticipación a cosecha y el rendimiento en el cultivo de pimiento morrón**

Cinco genotipos de pimiento morrón se regaron por superficie al 70 % abatimiento de humedad aprovechable del suelo. El cultivar Yolo Wonder (testigo) representa el material cultivado en la región y se probaron cuatro genotipos adicionales para compararlos en su respuesta con el testigo en suelo acholado y suelo desnudo.

### **Efecto del riego sobre los caracteres agronómicos del pimiento morrón con acolchado plástico**

Tres criterios de suministro de agua sobre la base de un determinado tiempo se realizaron con el propósito de definir el momento oportuno del riego en el cultivo de pimiento en suelo acolchado y suelo desnudo para obtener la máxima producción, los tres tiempos se compararon en su respuesta sobre la base de regar con la metodología de tanque clase "A".

### **Efecto de la oportunidad de la fertilización nitrogenada en el cultivo de pimiento morrón**

La fertilización nitrogenada en suelo acolchado y suelo desnudo se aplicó con base al método tradicional de cultivo y examinar los cambios que se producen en el rendimiento del cultivo de pimiento cuando se usa suelo acolchado plástico.

### **Efecto del acolchado de suelos en la precocidad a cosecha y el rendimiento en el cultivo de tomate**

Tres películas de polietileno se compararon en su respuesta a la precocidad a cosecha y el rendimiento total con relación al método tradicional de cultivo en dos estaciones de crecimiento en el cultivo de tomate.

### **Validación semicomercial del acolchado de tomate en el Noroeste de México**

Para verificar los resultados obtenidos en el cultivo de tomate a nivel experimental se validó el cultivo de tomate de con acolchado en una superficie de una hectárea para asemejar la producción comercial. Los resultados obtenidos fueron comparados en su respuesta con una misma superficie en suelo desnudo.

### **Acolchado más riego por goteo**

#### **Evaluación de colores de acolchado plástico en chile Anaheim**

Seis colores de polietileno para acolchado se evaluaron en el cultivo de chile Anaheim para determinar la película más sobresaliente en cuanto a rendimiento. Previo a este estudio se determinaron los requerimientos de fertilizante en suelo acolchado y suelo desnudo, por lo que se aplicaron diferentes fórmulas de fertilizante en ambos tipos de suelo. El riego se hizo por goteo de acuerdo con la metodología de tanque clase "A".

#### **El fertiriego en el cultivo de chile Anaheim con acolchado**

El acolchado más riego por goteo, riego por goteo solo, acolchado más riego por superficie y riego por superficie solo se compararon en su respuesta a la aplicación de agua y

el rendimiento de chile Anaheim. Los tratamientos se regaron en base a la metodología de tanque tipo "A".

### **Módulo de demostración del acolchado y riego por goteo en el cultivo de tomate**

Con un agricultor que previamente obtuvo resultados negativos en el cultivo de melón con acolchado por un inadecuado manejo del plástico, se estableció una hectárea de tomate con acolchado más riego por goteo y se comparó en su respuesta al rendimiento y consumo de agua con una superficie de igual tamaño en suelo desnudo más riego por superficie.

### **Acolchado más riego por goteo más microtúnel**

#### **Influencia del acolchado y microtúnel en el microclima y rendimiento de pimiento morrón**

Suelo desnudo, acolchado y acolchado más tres periodos de remoción de las cubiertas en microtúneles se compararon en su respuesta al rendimiento de pimiento morrón. Los tratamientos fueron regados por goteo durante dos años de estudio.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Acolchado**

#### **Efecto del acolchado en el cultivo de pimiento morrón**

El marco de plantación fue de 0.90 m entre surcos y 0.40 m entre plantas. La fertilización utilizada fue la 120-60-00 de NPK aplicada en su totalidad antes del trasplante; los riegos se hicieron por gravedad cuando el suelo registró un 70 % de abatimiento de la humedad aprovechable. Los tratamientos evaluados fueron distribuidos en un diseño factorial con distribución de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones (Cuadro 1).

La anticipación a cosecha fue de 13 días en promedio, atribuido al uso de acolchado. Los valores medios del Cuadro 1, permiten comprobar un incremento de 9.96 t·ha<sup>-1</sup> (37 %) a favor del acolchado. Una de las principales diferencias entre el acolchado y suelo desnudo fue la capacidad de las plantas para producir mayor número de frutos por planta. Este efecto del acolchado para producir más frutos con mayor tamaño se puede explicar tomando en consideración una mayor producción en el número de flores (datos no mostrados), que puede ser una consecuencia de valores de altura, diámetro de tallo, que las plantas de pimiento crecidas con acolchado registraron mayores peso fresco y seco por planta y mayor crecimiento radical horizontal y vertical ( $P \leq 0.05$ ).

**CUADRO 1. Efecto del acolchado en la precocidad, componentes de rendimiento y consumo de agua de cinco genotipos de pimiento morrón.**

| Genotipo         | Acolchado | Inicio cosecha | Peso fruto (g)     | Frutos por planta (t·ha <sup>-1</sup> ) | Rendimiento (t·ha <sup>-1</sup> ) | Lámina H <sub>2</sub> O consumida (cm) |
|------------------|-----------|----------------|--------------------|---|-----------------------------------|--|
| 'Lady Bell'      | Sí        | 69 a           | 108                | 13.4                                    | 39.6 a                            | 49.8                                   |
|                  | No        | 82 b           | 106                | 9.7                                     | 28.2 b                            | 56.7                                   |
| 'Yolo Wonder'    | Sí        | 69 a           | 109                | 12.0                                    | 35.7 a                            | 49.9                                   |
|                  | No        | 81 b           | 107                | 9.0                                     | 26.3 b                            | 59.7                                   |
| 'BruinsmaWonder' | Sí        | 69 a           | 117                | 12.5                                    | 39.8 a                            | 50.8                                   |
|                  | No        | 82 b           | 115                | 9.6                                     | 29.7 b                            | 59.7                                   |
| 'Bruyo'          | Sí        | 69 a           | 118                | 10.1                                    | 32.3 a                            | 50.5                                   |
|                  | No        | 82 b           | 112                | 8.3                                     | 25.5 b                            | 57.3                                   |
| 'David'          | Sí        | 69 a           | 140                | 9.8                                     | 36.0 a                            | 49.5                                   |
|                  | No        | 69 b           | 119                | 7.4                                     | 23.67 b                           | 59.0                                   |
| Media Acolchado  |           | 69 a           | 140 a <sup>1</sup> | 11.5 a <sup>y</sup>                     | 36.7 a                            | ND                                     |
| Media Testigo    |           | 82 b           | 119 b <sup>2</sup> | 8.8 b <sup>y</sup>                      | 26.7 b                            | ND                                     |

<sup>1</sup>Medias con misma literal dentro de cada columna son iguales a una  $P \leq 0.05$ ;

<sup>2</sup>Sólo se hicieron pruebas de medias para el factor acolchado.

ND: No determinada.

En acuerdo con los componentes de rendimiento, el número de frutos por planta fue el responsable del aumento en la producción en suelo acolchado, aunque también el peso medio por fruto fue superior hasta en 21 g, dicho valor correspondió al cultivar David, el cual registró un peso promedio por fruto de 140 g. El resto de los genotipos registraron promedios superiores que variaron de 1 a 6 g.

Con respecto al análisis bromatológico realizado no se registró una tendencia definida en los contenidos de materia seca, proteínas, grasas, fibra cruda, calcio, fósforo y energía. La única variable en que el acolchado superó a todos los cultivares fue el de extracto libre de nitrógeno con 5.6 % en promedio adicional, otra variable común que presentó una tendencia definida en todos los genotipos fue el de cenizas, donde las plantas de los testigos superaron a las crecidas con acolchados con un 1.8 % promedio. De los cinco cultivares ensayados sólo 'David' mostró tolerancia total a marchitez del chile *Phytophthora capsici* en acolchado y suelo desnudo, por lo que se consideró que dicho cultivar podría ser una fuente de donación de resistencia para materiales sobresalientes en rendimiento pero susceptibles a marchitez.

### Efecto de la irrigación sobre los caracteres agronómicos del pimiento morrón con acolchado plástico

El acolchado y no acolchado fueron combinados con cuatro frecuencias preestablecidas de riego: cada 7 días (irrigación frecuente), 9 días (irrigación media) y 11 días (irrigación retardada) y mediante la metodología del tanque evaporímetro clase "A" (IEvC) en los testigos. El riego se hizo por gravedad. El suelo donde se efectuó el presente estudio es ligeramente salino. El contenido de arcilla es de 42.0 %, el de limo es de 45.40 % y el de arena de 12.60 %. La capacidad de campo para los estratos de 0 a 20 y 20 a 40 cm es de 28 %. El punto de marchitez permanente es

de 15.22 %. Es sabido que el acolchado retarda el momento del riego ya que impide la evaporación del agua del suelo, los tratamientos de acolchado y testigo se regaron al mismo contenido de humedad agua del suelo. El acolchado presentó diferencia significativa con relación al testigo en las variables: cobertura por planta en la parte más ancha del vástago, rendimiento comercial y total. Las parcelas con acolchado redujeron el consumo de agua con relación al testigo (Cuadro 2). Los resultados del estudio sugieren disminuir los coeficientes de cultivo (Doorenbos y Pruitt, 1976) en 14.3 (0.4 vs. 0.35), 10.3 (0.75 vs. 0.68) y 11.1 (1.10 vs. 0.99) en las tres primeras etapas del cultivo; en cambio, en la última deberá aumentarse 12.6 (0.95 vs. 1.07) (Ibarra y Márquez, 1993).

**CUADRO 2. Efecto de diferentes regímenes de riego sobre caracteres agronómicos del pimiento morrón con acolchado.**

| Tratamientos   | Agua consumida (cm) | Rendimiento total (t·ha <sup>-1</sup> ) | Eficiencia de agua (kg·m <sup>-3</sup> ) |
|--|---------------------|---|--|
| IF 7 días A <sup>z</sup>   | 71.1                | 72.6                                    | 10.2                                     |
| T <sup>y</sup>   | 70.0                | 53.1                                    | 6.6                                      |
| IF 9 días A  | 66.5                | 68.1                                    | 10.2                                     |
| T  | 68.3                | 55.1                                    | 8.0                                      |
| IF 11 días A   | 53.2                | 58.2                                    | 10.9                                     |
| T  | 54.5                | 38.4                                    | 7.0                                      |
| IEvC A   | 50.7                | 60.3                                    | 11.9                                     |
| T  | 53.9                | 40.4                                    | 7.5                                      |
| DMS ( $P \leq 0.05$ ) para comparación entre criterios de riego  | ND                  | 12.387                                  | ND                                       |
| DMS ( $P \leq 0.05$ ) para comparación entre acolchado y testigo | ND                  | 5.037                                   | ND                                       |

<sup>z</sup>y <sup>y</sup> Acolchado y testigo, respectivamente.

ND: No determinada;

DMS: diferencia mínima significativa.



### Efecto de la oportunidad de la fertilización nitrogenada en el cultivo de pimiento morrón

La variedad utilizada fue 'Yolo Wonder'. El marco de plantación fue de 1.50 m entre surcos y 0.40 m entre plantas a doble hilera, con una distancia entre hileras de 0.40 m. La fertilización utilizada fue la 200-100-100 de NPK; los riegos se hicieron por superficie cuando el suelo registró un 50 % de abatimiento de la humedad aprovechable; los tratamientos estudiados están descritos en el Cuadro 3. Los tratamientos fueron evaluados en un diseño factorial con distribución en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones.

**CUADRO 3. Efecto de la oportunidad de la fertilización nitrogenada en pimiento morrón.**

| Tratamiento | Acolchado | Agua aplicada (cm) | Inicio de cosecha (días) | Rendimiento (t·ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------|-----------|--------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| TFNP        | Sí        | 89.04              | 48                       | 75.92                             |
|             | No        | 104.92             | 51                       | 49.09                             |
| FNDA        | Sí        | 89.04              | 45                       | 64.64                             |
|             | No        | 104.92             | 53                       | 48.08                             |
| FNTA        | Sí        | 89.04              | 48                       | 71.89                             |
|             | No        | 104.92             | 51                       | 55.38                             |
| DMS         |           | ND                 | NS                       | 11.25                             |

TFNP: Toda la Fertilización nitrogenada en pretransplante; FNDA: Fertilización nitrogenada de dos aportaciones, la mitad antes del trasplante y el complemento al inicio de la floración; FNTA: Fertilización nitrogenada en tres aportaciones, la mitad antes del trasplante, 25 % al iniciarse la floración y el 25 % restante al iniciar el engrosamiento de los frutos. NS, ND: No-significancia y no-determinada, respectivamente.

Los análisis de varianza para el factor acolchado (A) para las variables, inicio de floración, diámetro de tallo, cobertura por planta y rendimiento registraron un comportamiento diferente a una  $P \leq 0.05$  y/o 0.01. Lo que significa una fuerte influencia del acolchado en la expresión de tales caracteres. El factor fertilización (B), no mostró significancia para las variables mencionadas, aunque los cuadrados medios del factor B, exhibieron superioridad en magnitud sobre los del error. No se presentó efecto significativo para la interacción AXB.

La forma de suministro de nitrógeno no presentó significancia a los niveles de probabilidad requeridos para la mayoría de las variables estudiadas, lo que significa una respuesta similar de los tratamientos a la forma de suministro de nitrógeno (datos no mostrados), sin embargo, el rendimiento fue diferente entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ). El mayor rendimiento en suelo acolchado se registró con TFNP con 75.92 t·ha<sup>-1</sup>, el testigo en cambio, lo hizo en el tratamiento FNTA con una diferencia respecto al mejor tratamiento acolchado de 20.54 t·ha<sup>-1</sup> (37.09 %), lo que significa que el acolchado requirió de toda la fertilización nitrogenada antes del trasplante de plantas de pimiento, para obtener el mayor rendimiento.

La razón para que el acolchado haya respondido a la aplicación del fertilizante nitrogenado, para obtener la más alta producción pudo deberse a que el suelo acolchado crea una barrera para el movimiento del nitrógeno al sistema radical del cultivo. Lo anterior se hace evidente si se compara el tratamiento (FNDA) que lo fracciona en dos aportaciones que redujo el rendimiento en 11.17 t·ha<sup>-1</sup> (17 %) y en 4.3 t·ha<sup>-1</sup> (5.6 %) al hacerlo en tres aplicaciones en suelo acolchado. El testigo (FNTA) en cambio no registró la misma tendencia, ya que para obtener la máxima producción requirió de tres aplicaciones de nitrógeno, reduciéndose el rendimiento en 6.9 t·ha<sup>-1</sup> (12 %) al aplicar todo el nitrógeno antes del trasplante y en 7.2 t·ha<sup>-1</sup> (15.2 %) al aplicar el nitrógeno en dos aportaciones, lo que representa el método usual para el cultivo de pimiento en suelo desnudo. Al regar el suelo al 50 % de abatimiento de la humedad aprovechable, las parcelas con acolchados registraron un ahorro de agua de 17.8 %, los testigos (suelo desnudo, sin acolchado) (TFNP, FNDA y FNTA) requirieron de 104.92 cm para completar el ciclo vegetativo. Paralelamente al presente estudio se condujo un experimento con el cultivo de sandía crecido en túneles bajos con los mismos tratamientos del presente ensayo, donde los tratamientos de acolchado y suelo desnudo presentaron la misma tendencia que los de pimiento (Ibarra, 1991).

### Efecto del acolchado de suelos en la precocidad a cosecha y el rendimiento en el cultivo de tomate

El marco de plantación fue de 1.80 m entre surcos y 0.30 m entre plantas. La fertilización utilizada fue la 120-60-00 de NPK; los riegos se hicieron por superficie con intervalos de 10 días más la precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo; los tratamientos descritos en el Cuadro 4, fueron evaluados un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones.

**CUADRO 4. Efecto del acolchado en la anticipación a cosecha y rendimiento en el cultivo de tomate. Localidad CIQA.**

| Tratamientos | Primer año               |                                   | Segundo año              |                                   |
|--------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
|              | Inicio de cosecha (días) | Rendimiento (t·ha <sup>-1</sup> ) | Inicio de cosecha (días) | Rendimiento (t·ha <sup>-1</sup> ) |
| Testigo      | 116 b <sup>2</sup>       | 31.0 b                            | 119 b                    | 27.1 b                            |
| APET 40      | 99 a                     | 48.6 a                            | 87 a                     | 41.7a                             |
| APEN 40      | 99 a                     | 50.4 a                            | 98 a                     | 43.7 a                            |
| APEN 175     | 99 a                     | 55.5 a                            | 99 a                     | 56.3 a                            |

APET: Acolchado polietileno transparente de 40 micras de espesor (calibre 160); APEN 40: Acolchado polietileno negro de 40 micras de espesor (calibre 160) y APEN 175: Acolchado polietileno negro de 175 micras de espesor (calibre 700); ND: No determinada.

<sup>2</sup>Separación de medias dentro de columnas por DMS a una  $P \leq 0.05$ .

La anticipación a cosecha fue de 17 y 25 días promedio mediante el uso de películas plásticas en el primero y segundo año de estudio, respectivamente con

relación al testigo que promedió 116 y de 119 días. En el segundo año el polietileno transparente mostró el periodo a la recolección más breve con 87 días. Lo anterior no sucedió en el primer año, en el cual todas las parcelas con cobertura plástica mostraron un periodo similar con 99 días. La media de rendimiento en el primer año fue de 46.4 t·ha<sup>-1</sup> y de 42.2 t·ha<sup>-1</sup> en el segundo; los tratamientos evaluados en el presente estudio registraron las mejores condiciones de producción en el primer año de estudio, excepto para el polietileno negro de mayor espesor, que promedió un incremento de 0.81 t·ha<sup>-1</sup>. El polietileno negro de 175 micras favoreció el mayor rendimiento promedio de dos años con un 92.4 %, en relación con el testigo que produjo 29.0 t·ha<sup>-1</sup>. Si el acolchado es adecuadamente manejado, genera una barrera física contra la evaporación del agua del suelo. Los dos principales efectos benéficos para reducir la pérdida de humedad del suelo son: a) hay una mayor cantidad de agua disponible y b) se requiere menor cantidad de agua para riego. El incremento en la disponibilidad de agua se refleja generalmente en mayor crecimiento de la planta (datos no mostrados).

El aumento en la temperatura del suelo puede explicarse desde dos puntos de vista para que el acolchado responda o no favorablemente, y esto depende de la naturaleza intrínseca de la tolerancia de los cultivos a las elevadas temperaturas y lo que se pueda manipular la temperatura con el uso de plásticos. Aunque la reducción en el manejo de la temperatura puede ser atendida con prácticas de riego, malla sombras, etc., el resultado de las temperaturas puede ser alto, especialmente en tomate y pimiento que son sensibles a temperaturas por encima de 35 °C. El acolchado modifica el balance de energía en la superficie el suelo por: a) la interceptación del monto de energía alcanzado en el campo, por lo tanto reduciendo el calor disponible para calentar el suelo y b) prevenir la pérdida de calor. El resultado global es que atenúa la temperatura del suelo con menores diferencias entre el día y la noche, en relación con el testigo (Ibarra y Rodríguez, 1991a).

**Validación semicomercial del acolchado de tomate en el Noroeste de México**

La validación del presente estudio se realizó en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. El marco de plantación

fue de 1.5 m entre surcos y 0.40 m entre plantas con la variedad de tomate ‘Floradade’. La fertilización utilizada fue la 400-200-200 de NPK; los riegos se hicieron por superficie en el suelo acolchado y suelo desnudo; los tratamientos estudiados fueron establecidos en una superficie comercial utilizando para cada uno 1 ha. El presente ensayo es parte de los resultados obtenidos dentro del Programa Nacional para el Desarrollo de Plásticos en la Agricultura (PNDPA).

El productor de tomate no registró una respuesta del acolchado en la anticipación a cosecha. Sin embargo, durante los primeros 20 días de recolección obtuvo 18 t·ha<sup>-1</sup> en la parcela con acolchado, mientras que el testigo registró solamente 5.9 t·ha<sup>-1</sup>. El productor reportó el ahorro de un riego ( 6 vs. 7). Sin embargo, el acolchado incrementó en 31.4 % los costos de producción. No hay relación entre el porcentaje de beneficio económico y rendimiento; una de las razones para la falta de radiación la constituye el hecho del que el acolchado no solamente incrementó el rendimiento y suprimió parcialmente las labores culturales, sino que también aumenta los costos de producción. El costo de producción se incrementó en un 31.4 %. Otra de las razones para la falta de relación la constituye la producción precoz que alcanzó valores adicionales por esa condición (Cuadro 5) (Ibarra y Rodríguez, 1991b).

**Acolchado más riego por goteo**

**Evaluación de colores de acolchado plástico en chile Anaheim**

El marco de plantación fue de 0.90 m entre surcos y 0.40 m entre plantas; la fertilización utilizada fue la 180-90-90 en las camas con acolchado y 200-100-100 de NPK en el testigo. La diferencia en dosis de fertilizantes es debida a que en un estudio precedente en el mismo cultivo se determinó que el testigo requirió de más fertilizantes que el suelo acolchado. Las dosis mencionadas fueron las mejores de las evaluadas para acolchado y testigo, respectivamente. Cada unidad experimental estuvo constituida por tres camas de 5.0 m de longitud y una distancia entre plantas de 0.40 m. El riego se hizo por goteo mediante la metodología de tanque tipo “A”, los tratamientos descritos en el Cuadro 6, fueron evaluados en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La cosecha se efectuó semanalmente. Seis nuevas formulaciones de

**CUADRO 5. Efecto del acolchado en el rendimiento y ahorro del agua, costos de producción y beneficio económico en tomate.**

| Tratamiento <sup>2</sup> | Rendimiento |  |       | Jornales (%) | Costos de Producción (%) | Beneficio Económico (%) |
|--------------------------|-------------|--|-------|--------------|--------------------------|-------------------------|
|                          | Exportable  | Consumo Nacional (t·ha <sup>-1</sup> ) | Total |              |                          |                         |
| Acolchado                | 25.75       | 11.03                                  | 36.78 | -5           | +31.4                    | 144                     |
| Suelo desnudo            | 17.50       | 7.50                                   | 25.01 |              |                          |                         |

<sup>2</sup>Demostración comercial en una hectárea, no se realizó análisis de varianza.

plástico desarrolladas en CIQA y cuatro formulaciones comerciales fueron evaluadas para determinar cómo el color de la superficie del acolchado afecta el desarrollo y rendimiento de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.). Se evaluaron películas de acolchado de polietileno (PE). Las películas de polietileno para acolchado fueron: blanca, amarilla, azul, verde, café, roja y negra, calibre 150. Los tratamientos fueron evaluados en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La temperatura de suelo fue mayor en las camas con acolchado que en suelo desnudo. El menor rendimiento fue obtenido en plantas crecidas en suelo desnudo (26.3 t·ha<sup>-1</sup>). Las plantas crecidas en suelo acolchado anticiparon la producción en siete días e incrementaron la cantidad de biomasa. En adición el acolchado blanco registró la mayor temperatura de suelo a 15 cm de profundidad y duplicó el rendimiento con relación al testigo (Flores, 1996).

**CUADRO 6. Variables evaluadas en chile Anaheim crecido con diferentes películas fotoselectivas de polietileno.**

| Tratamientos <sup>2</sup> | Temperatura Suelo, 15 cm (°C) | Peso seco hoja (g-planta <sup>-1</sup> ) | Frutos por planta | Rendimiento (t·ha <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------|-------------------------------|--|-------------------|-----------------------------------|
| Testigo                   | 20.50                         | 1.17 b                                   | 41.10 b           | 26.35 b                           |
| Rojo                      | 33.26                         | 6.02 a                                   | 63.70 a           | 41.66 ab                          |
| Negro                     | 33.58                         | 5.86 a                                   | 65.06 a           | 43.80 ab                          |
| Café                      | 33.96                         | 5.86 a                                   | 67.08 a           | 45.60 a                           |
| Verde                     | 26.53                         | 5.55 a                                   | 66.16 a           | 42.73 ab                          |
| Blanco                    | 34.34                         | 4.80 a                                   | 73.39 a           | 53.0 a                            |
| C.V (%)                   | ND                            | 20.73                                    | 12.18             | 14.27                             |
| DMS ( $P \leq 0.05$ )     | ND                            | 1.65                                     | 14.5              | 10.5                              |

<sup>2</sup>Separación de medias dentro de columnas por DMS a una  $P \leq 0.05$ .  
ND: No determinada.

### El fertiriego en el cultivo de chile Anaheim con acolchado

El presente ensayo estuvo constituido por tres factores de estudio. Factor A, riego por goteo en comparación con riego por superficie; Factor B, acolchado en comparación con el testigo y Factor C, tres niveles de fertilización aplicados mediante la cinta de riego por goteo. Los tratamientos fueron evaluados en un diseño factorial, distribución de bloques al azar con arreglo en parcelas subdivididas. En las parcelas con riego por gravedad la fertilización se aplicó en su totalidad en presiembra. La variedad utilizada fue 'Anaheim TMR 23'. El marco de plantación fue de 1.1 m entre surcos y 0.40 m entre plantas. En el presente estudio solamente se presentan los tratamientos que hacen notar la diferencia entre los factores A y B (Cuadro 7).

Los factores A y B fueron significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) en frutos por planta, peso medio por fruto, longitud de fruto, diámetro de fruto, diámetro de tallo y altura de

planta (datos no mostrados). El factor C sólo mostró diferencia para la variable diámetro de fruto, el resto de las variables mostraron diferencia marginal.

**CUADRO 7. Efecto del riego por goteo con acolchado en el cultivo de chile Anaheim.**

| Tratamientos <sup>2</sup>            | Agua aplicada (cm) | Rendimiento (t·ha <sup>-1</sup> ) |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Acolchado más riego por goteo        | 53.40              | 60.9                              |
| Suelo desnudo más riego por goteo    | 59.73              | 43.2                              |
| Acolchado más riego por gravedad     | 65.26              | 42.8                              |
| Suelo desnudo más riego por gravedad | 119.08             | 14.3                              |

<sup>2</sup>El análisis de varianza mostró diferencia significativa entre tratamientos para rendimiento a una  $P \leq 0.01$  para el factor acolchado.

Con la información presentada se estimó un ahorro de agua de 6.0 cm por efecto de acolchado en el sistema de goteo y 54 cm en el sistema de riego por superficie. Permite comprobar también, un ahorro superior al 100 % al comparar el sistema de goteo más acolchado (53.4 cm) con el sistema de superficie en suelo desnudo (119.08 cm) (Cuadro 7). La barrera antievaporativa que crean los plásticos fue la responsable de dicho ahorro. El efecto del acolchado en el sistema de riego por goteo incrementó la producción en 17 t·ha<sup>-1</sup> (60.9 vs. 43.2 t·ha<sup>-1</sup>) y en el sistema de superficie 28.5 t·ha<sup>-1</sup> (42.8 vs. 14.3 t·ha<sup>-1</sup>). El riego por goteo tiene múltiples beneficios en comparación con el riego convencional. El riego por goteo es más eficiente ya que permite la aplicación de los nutrimentos o fertilizantes en el momento preciso, mejorándose el momento de aplicación. Mediante este sistema la fertilización es dosificada en pequeñas cantidades durante el ciclo vegetativo del cultivo, en contraste con las elevadas cantidades de fertilizantes aplicados bajo el plástico al principio de la estación de crecimiento con el método convencional de aplicación de los fertilizantes en suelo desnudo. La aplicación de pequeños montos de fertilizantes al cultivo, trae como consecuencia un reducido potencial de sales solubles que pueden perjudicar menos al cultivo, particularmente cuando las fuentes de agua poseen elevadas concentraciones de sales.

### Módulo de demostración del acolchado y riego por goteo en el cultivo de tomate

En 1994 se firmó un convenio con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para desarrollar este proyecto, el cual tuvo como objetivo capacitar teórica y prácticamente a productores de la Comarca Lagunera (Torreón, Coahuila, México); en la práctica de acolchado en el cultivo de tomate, este tuvo un marco de plantación de 1.80 m entre surcos y 0.40 m entre plantas con la variedad Río Grande. La fertilización utilizada fue la 180-120-120 de NPK; los riegos se hicieron por superficie en

suelo desnudo y en suelo acolchado con riego por goteo. Los tratamientos involucrados fueron establecidos en una superficie comercial utilizando para cada tratamiento una hectárea (Cuadro 8). El método de riego por superficie representó el sistema convencional de cultivo en una superficie de 20 ha de tomate. La presente validación formó parte de los resultados obtenidos dentro del Proyecto "Capacitación en Plásticos en la Agricultura de la Comarca Lagunera" dentro del Programa Enlace Academia Empresa (PREAM) auspiciado por el CONACYT en el año de 1994.

**CUADRO 8. Efecto del acolchado y el riego por goteo en el cultivo de tomate en la Comarca Lagunera.**

| Tratamiento <sup>2</sup>       | Agua aplicada (m <sup>3</sup> ) | Rendimiento (t·ha <sup>-1</sup> ) |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Acolchado + Riego por gravedad | 8,000                           | 67.5                              |
| Acolchado + Riego por goteo    | 6,200                           | 40.8                              |

<sup>2</sup>Demostración comercial en una hectárea, no se realizó análisis de varianza.

La información del Cuadro anterior permite establecer un incremento de 27 t·ha<sup>-1</sup> en la producción (67.5 vs. 40.8) y un ahorro de agua de 1,800 m<sup>3</sup> (8,000 vs. 6,200). Las parcelas fueron establecidas en lotes comerciales. Para demostrar la eficiencia del plástico trabajaron conjuntamente los investigadores de CIQA, la Sociedad Cooperativa Agropecuaria de la Comarca Lagunera y personal de Instituto Nacional del Agua (CANAGUA) e Instituto Mexicano de Tecnología del agua (IMTA).

## Acolchado más riego por goteo más microtúnel

### Influencia del acolchado y microtúnel en el microclima y rendimiento de pimienta morrón

Con el objetivo de determinar el periodo óptimo de uso de microtúneles de cubierta flotante con base en polipropileno (Agribón 17), para la producción de biomasa, rendimiento temprano y total de pimienta morrón (*Capsicum annuum* L. cv. Yolo Wonder), durante dos años consecutivos (1996 y 1997) se compararon, 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 al cultivo durante los primeros 20 días después del trasplante (ddt), 4) APN más microtúnel cubriendo al cultivo 30 ddt, y 5) APN más microtúnel cubriendo al cultivo los primeros 40 ddt. 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. Las correlaciones de producción de biomasa y ambos tipos de rendimiento no fueron consistentes en pimienta, obteniéndose correlaciones positivas entre esas variables y DG-aire en 1997, pero no en 1996. La diferencia en

correlaciones entre años, fue ocasionada por la alta frecuencia de días superiores a 35 °C en ambos años, que ocasionó detrimento en la producción de pimienta (Cuadros 9 y 10). Por razones de tipo logístico sólo se comentan de manera más sobresaliente los resultados del cultivo de pimienta, pero no los de melón, donde el comportamiento de las cubiertas fue positivo en cuanto a rendimiento en ambos años de evaluación (Ibarra *et al.*, 2000)

**CUADRO 9. 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, Coahuila, México, 1996-1997.**

| Años | Tratamiento <sup>2</sup> | Días-grado |       | Temperatura aire |            |
|------|--------------------------|------------|-------|------------------|------------|
|      |                          | Aire       | Suelo | Máxima (°C)      | Media (°C) |
| 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      |

<sup>2</sup>Tomada ddt en pimienta (última remoción).

ACFRT, ACFRI y ACFRF: Acolchado con microtúnel remoción temprana, intermedia y tardía, de la cubierta flotante.

**CUADRO 10. Efecto del acolchado y los microtúneles en el peso seco y rendimiento de pimienta. Saltillo, Coahuila, México. 1996-1997.**

| Años | Tratamiento <sup>2</sup> | Peso seco           | Rendimiento                 | Rezaga | Total     |
|------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|--------|-----------|
|      |                          | Planta (g)          | Temprano t·ha <sup>-1</sup> |        |           |
| 1996 | Testigo                  | 1.70 c <sup>1</sup> | 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    |
|      |                          | **                  | NS                          | NS     | NS        |
| 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                    | 0.543 a             | 1.309 a                     | 4.865  | 19.797 a  |
|      | ACFRF                    | 0.700 ab            | 4.491 a                     | 4.354  | 18.741 ab |
|      |                          | **                  | *                           | NS     | **        |

<sup>2</sup>Tomada ddt en pimienta (última remoción).

<sup>1</sup>Tratamientos con la misma literal dentro de cada cultivo y cada año no difieren entre sí de acuerdo a la DMS a una  $P \leq 0.05$ .

NS, \*, \*\*: No significancia, significancia a una  $P \leq 0.05$  y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

ACFRT, ACFRI y ACFRF: Acolchado con microtúnel remoción temprana, intermedia y tardía, de la cubierta flotante, respectivamente.



## CONCLUSIONES

Haciendo inferencia en los ensayos de pimiento, es preferible regar el pimiento al abatirse el 50 % de la humedad si se persigue como propósito incrementar el rendimiento por unidad de superficie, sin embargo, al regar con base en la metodología de tanque clase "A" resultó más eficiente el uso del agua en suelo acolchado. Nuevos enfoques con relación al momento oportuno de aplicación del agua sugieren regar lo más cercano a capacidad de campo, en cuyo caso se sugiere especial atención en prevenir la incidencia de enfermedades fungosas.

Para quienes aún continúan utilizando el acolchado sólo se sugiere aplicar todo el fertilizante nitrogenado antes del establecimiento del acolchado.

El riego por goteo en chile Anaheim permitió un ahorro de agua superior a un 100 % con respecto al suelo desnudo con riego por superficie.

Para los cultivos en general se sugiere no usar películas excesivamente anchas o angostas, use sólo el ancho que le permita hacer el tendido mecánicamente. Hay que recordar que a mayor ancho o mayor espesor la película tiene mayor peso, consecuentemente mayor precio.

El efecto del color de las películas de acolchado varía en su respuesta a las condiciones climáticas del lugar y del cultivo. Con base en la experiencia adquirida, cada región ha ido adquiriendo un color específico para cultivos específicos. En la localidad CIQA, ha sido reiteradamente demostrado que la mayoría de los cultivos responden mejor al acolchado color blanco. También se sabe de la existencia de la interacción color de la película de acolchado por año, lo que significa que un color de película puede tener un efecto diferente en años distintos en un mismo cultivo.

En algunos casos deberá considerarse el uso de microtúneles en combinación con acolchado ya que las cubiertas son excelentes repelentes de insectos transmisores de virosis, pero deberán tomarse las

precauciones adecuadas, especialmente en tomate y chile que son sensibles a temperaturas supraóptimas y pueden ocasionar efectos negativos en el crecimiento y rendimiento de los cultivos como sucedió en el presente estudio con pimiento morrón.

## LITERATURA CITADA

- BOYER, J. S. 1982. Plant productivity and the environment. *Science* 218: 443-448.
- DALRYMPLE, D. G. 1973. Controlled environment agriculture. A global review of greenhouse food production. *Econom. Res. Serv. USDA Foreign Agr. Econom. Rpt. 89.* Washington, D. C., USA.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, O. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. *Estudios FAO Riego y Drenaje Núm. 24.* Roma, Italia. pp. 1-133.
- FLORES, V. J. 1996 Caracterización agronómica de películas fotos electivas para acolchado en el cultivo de chile Anaheim con Fertirrigación. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- IBARRA, L. 1991. Efecto del acolchado plástico y la oportunidad de fertilización nitrogenada en sandía desarrollada en microtúneles y pimiento morrón a cielo abierto. *Agrociencia* 2(2): 23-37.
- IBARRA, L.; RODRÍGUEZ, A. 1991a. Validación semicomercial del acolchado plástico en el Noroeste de México. *Terra* 9(2): 150-156.
- IBARRA, L.; RODRÍGUEZ, A. 1991b. Acolchado de Suelos con Películas Plásticas. Editorial Limusa. D. F., México. 138 p.
- IBARRA, L.; MÁRQUEZ, G. 1993. Efecto de la irrigación sobre los caracteres agronómicos del pimiento morrón con acolchado plástico. *Terra* 2(1): 67-72.
- IBARRA, L.; FERNÁNDEZ, M.; HERRERA, S.; DÍAZ, J. C.; HERNÁNDEZ, J. L.; FARÍAS, J. 2000. Influencia del acolchado y microtúnel en el microclima y rendimiento de pimiento morrón y melón. *Revista Fitotecnia Mexicana* 23: 1-15.
- LAMONT, W. J. 1996. What are the components of a plasticulture vegetable production system?. *HortTechnology*. 6(3): 150-154.
- LIAKATAS, A.; CLARK, J. A.; MONTIETH, J. L. 1986. Measurements of the heat balance under plastic mulches. Part I. Radiation balance and soil heat flux. *Agr. For. Meteorol.* 36: 227-239.
- POSTEL, S. 1993. Water for agriculture, pp. 56-66. *In: Water in Crisis. A Guide to the World's Fresh Water Resource.* GLEICK, P. (ed.). Oxford University Press. Oxford, UK.