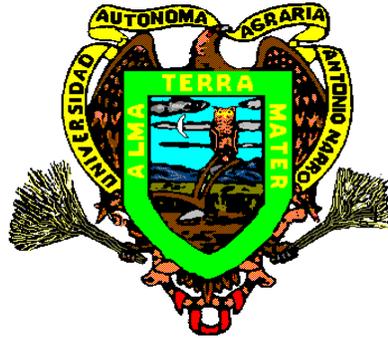


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISION DE AGRONOMIA



**“INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA ZONA RADICAL Y FOTOSÍNTESIS
DEL CULTIVO DE PEPINO CON PELICULAS PLÁSTICAS DE DIVERSOS
COLORES”.**

POR:

JOSÉ FELIPE OLGUÍN SOLÍS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE 2004

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISION DE AGRONOMIA

**“INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA ZONA RADICAL Y
FOTOSÍNTESIS DEL CULTIVO DE PEPINO CON PELICULAS PLÁSTICAS DE
DIVERSOS COLORES”.**

TESIS

Presentada por:

JOSÉ FELIPE OLGUÍN SOLÍS

**Que somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para
obtener el título de:**

Ingeniero Agrónomo en Producción

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO

MC. José Angel de la Cruz Bretón

Asesor

Asesor

Dr. Luis Ibarra Jiménez

M.C Juanita Flores Velásquez

Asesor

M.C. Rene De la Cruz

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

M.C. Arnoldo Oyervides García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Septiembre 2004.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

*Javier Olguín Bacilio
Ana Luisa Solís de Olguín †*

Por ser lo más hermoso en mi vida, gracias por haberme dado la vida, amor, cariño, comprensión y que con mucho sacrificio y lucha me apoyaron a culminar una de mis metas en la vida, gracias por sus consejos y su confianza, yo creo que decir gracias es muy poco para pagarles lo que ellos hicieron por mí por eso les digo INFINITAMENTE GRACIAS.

A MIS HERMANOS:

| | | |
|---------------|-----------------|------------------|
| | <i>Gildardo</i> | <i>Margarita</i> |
| <i>Miguel</i> | <i>Gilberto</i> | <i>Josefina</i> |
| <i>Javier</i> | <i>Lourdes</i> | <i>Alejandra</i> |

A mis sobrinos, tíos, cuñados y primos

Por compartir la vida conmigo, por todo el cariño y apoyo que siempre me han brindado y por formar parte de mi vida, para ustedes con mucho amor.

A MIS TIAS ABUELAS

*Tayde Bacilio Juárez
Josefina Bacilio Juárez*

Gracias por sus sabios y buenos consejos, por su cariño, por haberme inculcado con sus palabras el superarme en la vida y por su gran confianza y de quienes ya no están siempre guardo un bello recuerdo.

A MIS COMPAÑEROS:

Hilario, Oscar T., Oscar C., Diomedes, Ricardo, Aurelia, Rosalía, Manuel, Felipe, José Luis,

Miguel.

A MIS PAISANOS Y GENTE DE SALTILLO.

A los misioneros laicos del sagrado corazón de Jesús y santa María de Guadalupe por apoyarme de una forma directa e indirecta en mi formación profesional, a todos gracias por su apoyo y consejos, para ustedes con gran admiración y respeto muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso por haberme dado la vida y además por haberme permitido llegar hasta este momento de mi vida y haber logrado una de mis metas en mi vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por permitir realizar mi formación profesional.

Al CIQA y toda la gente que ahí labora especialmente a la sección de Agroplásticos por haber permitido llevar a realizar este trabajo y brindarme el apoyo durante este trabajo.

Al Dr. Luis Ibarra agradezco la oportunidad que me brindo de realizar el presente trabajo. Por sus atenciones, por sus valioso tiempo y sugerencias acertadas para llevar a cabo la culminación de este trabajo.

Al MC Juanita Flores Velásquez, MC Rosario Quezada, Dr Juan Munguía, MC Boanerges Cedeño e Ing Felipe Castillo por haberme prestado parte de su tiempo e interés y apoyado con su gran y valiosa ayuda en la culminación de este trabajo.

Al MC. J. Angel de la Cruz Bretón Por su gran colaboración y su valiosa ayuda para llevar a cabo la culminación de este trabajo

A los compañeros de la generación XCVI y amigos de diferentes especialidades por su gran amistad y los gratos momentos que pasamos juntos.

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Coahuila (COECYT) por la beca recibida para la realización de esta tesis.

A los que me acompañaron en diferentes casas de renta: Melesio, Miguel, Pedro, Felipe, Horacio, Abraham, Ramón, Antonio, Hermes, Rivelino, Víctor, Hugo, Benito, gracias por su amistad y por los momentos inolvidables que pasamos juntos.

A MIS COMPAÑEROS DE AGROPLASTICULTURA.

A TODAS MIS AMIGAS.

GRACIAS.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Pag. |
|--|-------------|
| DEDICATORIA..... | i |
| AGRADECIMIENTOS..... | ii |
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | v |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | vi |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| Objetivo..... | 3 |
| Hipótesis..... | 3 |
| REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| Acolchado Plástico..... | 5 |
| Efectos del Acolchado Plástico..... | 5 |
| Control de malezas..... | 5 |
| Temperatura del suelo..... | 5 |
| Fertilización..... | 7 |
| Actividad microbiana..... | 8 |
| Humedad del suelo..... | 9 |
| Resultados Obtenidos en Evaluaciones con Acolchado Plástico..... | 9 |
| Riego por Goteo..... | 10 |
| Ventajas del riego por goteo..... | 10 |
| Desventajas del riego por goteo..... | 12 |
| Fotosíntesis..... | 13 |
| Factores Físicos que Interactúan con la Fotosíntesis..... | 15 |
| Luz..... | 15 |
| Efecto del CO ₂ | 15 |
| Disponibilidad de agua..... | 16 |
| Edad de la planta..... | 17 |
| Transpiración..... | 17 |
| Temperatura ambiental..... | 19 |
| Humedad atmosférica..... | 20 |
| Velocidad del viento..... | 21 |
| Conductancia estomática..... | 21 |
| Absorción de Agua y Solutos por la Planta..... | 22 |
| Tensión Hídrica..... | 23 |
| MATERIALES Y METODOS..... | 30 |
| Localización del Sitio Experimental..... | 30 |
| Clima del Lugar..... | 30 |

| | |
|--|----|
| Suelo..... | 31 |
| Material vegetativo..... | 31 |
| Diseño experimental..... | 32 |
| Tratamientos evaluados..... | 32 |
| Preparación del terreno..... | 33 |
| Preparación del Terreno..... | 33 |
| Riego..... | 33 |
| Acolchado de camas..... | 33 |
| Siembra..... | 33 |
| Fertilización..... | 34 |
| Otras Labores Culturales..... | 34 |
| Enmallado..... | 34 |
| Deshierbes..... | 35 |
| Control fitosanitario..... | 35 |
| Variables Evaluadas..... | 35 |
| Área foliar..... | 36 |
| Peso seco de planta..... | 36 |
| Rendimiento precoz, rezaga, comercial y total..... | 36 |
| Variables fisiológicas..... | 37 |
| Temperatura del suelo..... | 37 |
| RESULTADOS Y DISCUSIONES..... | 38 |
| Fotosíntesis Ciclo Primavera de 2003..... | 38 |
| Fotosíntesis Ciclo Verano de 2003..... | 43 |
| Unidades Calor Ciclo Primavera de 2003..... | 44 |
| Unidades Calor Ciclo Verano de 2003..... | 48 |
| Rendimientos Obtenidos..... | 51 |
| CONCLUSIONES..... | 56 |
| RESUMEN..... | 57 |
| LITERATURA CITADA..... | 58 |
| APÉNDICE..... | 63 |

INDICE DE FIGURAS

| | Pagina |
|---|--------|
| Figura 1. Correlación entre las fotosíntesis totales a los 30 y 45 dds con el rendimiento total, en el cultivo de pepino, ciclo primavera, CIQA, 2003..... | 39 |
| Figura 2. Fotosíntesis total a los 75 dds y rendimiento total de pepino, ciclo primavera, CIQA, 2003..... | 40 |
| Figura 3 Correlación entre las unidades calor y el rendimiento total, en el cultivo de pepino, ciclo primavera, CIQA 2003..... | 43 |
| Figura 4 Correlación entre las unidades calor y el rendimiento total en el cultivo de pepino, ciclos primavera de 2002 y primavera de 2003, CIQA, 2003..... | 46 |
| Figura 5 Correlación entre las unidades calor y el rendimiento total en el cultivo de pepino, ciclo verano, CIQA 2003..... | 48 |
| Figura 6 Correlación entre la temperatura media de la zona radical a 0.1 m de profundidad y el rendimiento total, ciclo primavera, CIQA 2003..... | 50 |
| Figura 7 Correlación entre le peso seco de planta a los 30 y 45 dds y el rendimiento total, en el cultivo de pepino, ciclo primavera, CIQA 2003..... | 52 |
| Figura 8 Correlación entre el peso seco de planta a los 30 y 45 dds y el rendimiento precoz, en el cultivo de pepino, CIQA 2003..... | 53 |

ÍNDICE DE CUADROS

Pagina

| | | |
|-----------|---|----|
| Cuadro 1. | Temperaturas optimas de suelo (0.1 m de profundidad para diferentes cultivos..... | 7 |
| Cuadro 2. | Fotosíntesis unitaria a los 30, 45, 60 y 75 dds, ciclo primavera 2003, en el cultivo de pepino, CIQA 2003..... | 37 |
| Cuadro 3. | Fotosíntesis total a los 30, 45, 60 y 75 dds, ciclo primavera 2003, CIQA 2003..... | 38 |
| Cuadro 4. | Fotosíntesis total a los 30, 45, 60 y 75 dds, ciclo verano 2003, en el cultivo de pepino, CIQA 2003..... | 42 |
| Cuadro 5. | Unidades calor acumuladas y temperaturas máximas, mínimas y medias, en el cultivo de pepino, ciclo primavera 2003, CIQA 2003..... | 45 |
| Cuadro 6. | Unidades calor acumuladas y temperaturas máximas, mínimas y medias, en el cultivo de pepino, ciclo primavera de 2002, CIQA 2003..... | 46 |
| Cuadro 7. | Unidades calor acumuladas y temperaturas máximas, mínimas y medias, en el cultivo de pepino, ciclo verano de 2003, CIQA 2003..... | 48 |
| Cuadro 8 | Rendimientos promedio obtenidos en el cultivo de pepino, ciclos primavera de 2002, primavera de 2003 y verano de 2003, CIQA 2003..... | 61 |
| Cuadro 9. | Área foliar promedio obtenida en el cultivo de pepino, ciclos primavera de 2002, primavera de 2003 y verano de 2003..... | 62 |
| Cuadro 10 | Peso seco de planta promedio obtenido en los ciclos Primavera de 2002, Primavera de 2003 y Verano de 2003, en el cultivo de pepino. CIQA, 2003..... | 63 |
| Cuadro 11 | Datos fisiológicos del cultivo de pepino, ciclo Primavera de 2003 a los 30 y 45 dds. CIQA, 2003..... | 64 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Cuadro 12 | Datos fisiológicos del cultivo de pepino, ciclo Primavera de 2003 a los 60 y 75 dds. CIQA, 2003..... | 65 |
| Cuadro 13 | Datos fisiológicos del cultivo de pepino, ciclo Verano de 2003 a los 30 y 45 dds. CIQA, 2003..... | 66 |
| Cuadro 14 | Datos fisiológicos del cultivo de pepino, ciclo Verano de 2003 a los 60 dds. CIQA, 2003..... | 67 |

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), en Saltillo, Coahuila, México, en el ciclo Primavera de 2002 y Primavera de 2003 y Verano de 2003, con el objetivo de determinar el comportamiento fisiológico y respuesta en la temperatura de la zona radical del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) variedad Sprint 440, bajo acolchados plásticos fotoselectivos.

El ensayo se llevó a cabo en cuatro repeticiones bajo un diseño bloques al azar, en el que se evaluaron nueve tratamientos 1) acolchado plástico café térmico, 2) acolchado plástico blanco/negro, 3) acolchado plástico azul, 4) acolchado plástico blanco, 5) acolchado plástico negro 1 (liso), 6) acolchado plástico negro 2 (corrugado), 7) acolchado plástico plata, 8) acolchado plástico rojo y 9) testigo (suelo desnudo).

Las variables estudiadas fueron: fotosíntesis (en los ciclos primavera y verano de 2003, unidades calor de suelo a 0.1 m de profundidad (en los tres ciclos), área foliar, peso seco de planta y rendimiento (en los tres ciclos).

En el ciclo primavera de 2002, el testigo presentó diferencia significativa respecto a los acolchados en rendimiento ($P \leq 0.05$), la mayor acumulación de unidades calor (UC) al nivel de la zona radical se dió en el acolchado plástico café térmico (521 UC), habiendo sido mayor la acumulación de UC en los colores opacos que en los claros, el acolchado plástico café térmico también obtuvo la mayor área foliar a los 75 días después de siembra (dds), en este ciclo se presentó un evento de tipo natural el cual afectó de manera importante el ensayo.

La mayor tasa fotosintética en el ciclo primavera de 2003 la obtuvo el acolchado plástico café térmico a los 75 dds, también tuvo la mayor acumulación de UC, la mayor área foliar y la mayor acumulación de materia seca a los 75 dds.

El ciclo verano de 2003 se llevó a cabo utilizando la técnica de double-cropping, solo el testigo y el acolchado plástico negro 2 presentaron diferencias significativas respecto de los demás tratamientos ($P \leq 0.05$), el testigo presentó la menor acumulación de UC (685), mientras que el acolchado plástico negro 2 la mayor con 912.

INTRODUCCIÓN

Es sabido que al cultivar sobre acolchados plásticos obtenemos mejores resultados en la mayoría de las hortalizas, esto se refleja en: mejores rendimientos, precocidad de cosechas, eficiencia en el manejo agronómico y mayor eficiencia en el uso del agua y fertilizantes.

La razón de lo anterior se debe a que los acolchados plásticos influyen en el microclima de la planta mediante una modificación de la capacidad nutricional del suelo y por restringir la evaporación del agua.

Entre las modificaciones de los factores microclimáticos del suelo se incluye a la temperatura, la cual influye sobre el crecimiento de las plantas y su producción, este es uno de los principales beneficios que se obtienen al usar acolchado plástico, puesto que se da un incremento de la temperatura al nivel de la zona radical.

La temperatura al nivel de la zona radical es importante porque beneficia el crecimiento y desarrollo de los procesos fisiológicos; al nivel de la raíz, se da una mejor absorción de agua y nutrientes minerales.

Es importante mencionar que bajo condiciones de alta temperatura ambiental y alta radiación solar, la planta frecuentemente mostrará un pobre crecimiento y una baja producción, es decir el calor excesivo del acolchado deteriora el crecimiento de la planta. (Miller, 1986; Tindall et al., 1991; citados por Díaz y Batal, 2002).

Los estudios hechos sobre la temperatura de la zona radical indican que el óptimo para aprovechamiento de nutrientes minerales y crecimiento se sitúa entre 26 y 34 °C para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) (Cooper, 1973; Gosselin y Trudel, 1983; Tindall et al., 1990; citados por Díaz y Batal, 2002).

El uso del acolchado plástico está muy relacionado con lo que es el riego por goteo, ya que este tiene la característica de un control excelente sobre la aplicación del agua. Con el uso del sistema de riego por goteo además de que se tiene un gran ahorro de agua, se tiene la ventaja de poder utilizarlo como vehículo para realizar fertirrigación, es decir, se pueden aplicar los fertilizantes en el agua de riego así como productos fitosanitarios que penetran vía sistémica o bien desinfección del suelo o sustrato. La modalidad de riego por goteo se ha convertido en los últimos años en el tipo de riego más eficiente y económico a largo plazo en todo el mundo. Una de las mejores alternativas para usar riego por goteo es que permite una mejor utilización del agua, se puede optimizar el uso de los fertilizantes y suministrar la cantidad de agua exacta requerida por el cultivo en todo momento. Además, es posible automatizar todo el sistema, con lo cual se reducen los costos de mano de obra al mínimo. Es el sistema perfecto para cultivos de hortalizas y flores, y permite ahorros en el uso de fertilizantes, a su vez asegura el crecimiento óptimo de la planta, lo cual se traduce en menores costos de producción para el agricultor / floricultor y mejor calidad de su producto.

Finalmente, las mayores restricciones sobre la productividad de las plantas son impuestas por temperaturas adversas, deficiencia o exceso de humedad o radiación solar, lluvia o vientos intensos, granizo, competencia con malezas, presencia de plagas o enfermedades, deficiencias o desbalances en los nutrientes del suelo y del CO₂ en el dosel. Las películas plásticas de diferentes tipos, composición y diseño estructural ayudan a disminuir las restricciones ambientales mencionadas.

OBJETIVO:

Evaluar el rendimiento de pepino, cultivado en acolchados plásticos de diferentes colores en combinación con riego por goteo, tomando como indicador la temperatura del suelo y la influencia en la fisiología de la planta medida en términos de fotosíntesis total.

HIPOTESIS:

Se asume que el microambiente que crean las películas de diversos colores en la zona radical está en función de la temperatura del suelo y tiene un efecto distinto al método tradicional del cultivo en rendimiento y fotosíntesis total respecto al suelo desnudo.

REVISION DE LITERATURA

Las investigaciones realizadas durante los últimos 30 años indican que acolchados blancos disminuyen mas el calor del suelo que el acolchado negro, por lo que se recomienda usar acolchado plástico negro en estaciones y localidades frías y colores claros normalmente en el verano (Hatt et al, 1995).

Adicionalmente al calor del suelo, los acolchados plásticos también modifican la luz ambiental alrededor de la planta, esta luz reflejada del acolchado puede influir en su crecimiento y morfogénesis (Benavides, 2004).

Ruiz et al. (2002) mencionan que en general los acolchados incrementan la temperatura del suelo debido a la intercepción y captura de energía que se da por el acolchado, resultando una menor fluctuación entre las temperaturas del día y la noche. Ellos encontraron que la concentración de potasio incrementó junto con la temperatura en los colores claros, mientras que lo contrario sucedió con los colores opacos. La concentración de calcio estuvo directamente relacionada con la temperatura, esto lo confirman con las investigaciones antes hechas (Adams y Ho 1993, citados por Ruiz et al, 2002) que describieron que el catión Ca^{++} es mas sensitivo a las altas temperaturas de la raíz, mostrando un incremento en su absorción y concentración en la zona radical.

Acolchado Plástico.

El acolchado plástico beneficia la producción porque: a) el proceso fotosintético se optimiza debido a una mayor apertura estomática, b) el crecimiento de las plantas se ve favorecido por un mayor potencial de agua en las hojas, c) la temperatura de las hojas se mantiene estable evitando el sobrecalentamiento que afecta el desarrollo del cultivo en general, y d) se promueve la elongación y el crecimiento celular debido a una mayor presión osmótica en el interior de las células (Cortés, 2002).

Efectos del Acolchado Plástico.

Control de malezas.

El polietileno negro elimina casi la totalidad de las malezas excepto algunas como el coquillo (*Cyperus rotundus* L.) lo cual se debe a la impermeabilidad a la luz solar impidiendo de este modo la actividad fisiológica de las plantas por debajo de éste (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Temperatura del suelo.

La influencia del acolchado sobre la temperatura del suelo se realiza por transmisión de calor del acolchado al suelo. El plástico detiene el paso de las radiaciones calóricas del suelo hacia la atmósfera en cierto grado, el cual depende de las características de la película (color, rugosidad, modo de fabricación) (Zapata, 1989).

El balance de energía del suelo acolchado y el suelo desnudo es diferente; en surcos acolchados se ve afectado el intercambio de energía (por ejemplo, el calor) entre la planta y su ambiente. Las propiedades ópticas del acolchado y hasta cierto punto el contacto acolchado-suelo determinan el efecto del plástico en el ambiente por encima y por debajo del mismo. Los efectos por debajo del acolchado son manifestados primeramente en la temperatura del suelo y la tasa de conducción de calor entre el acolchado y la capa superficial del suelo. El alcance del calentamiento del suelo depende parcialmente del grado de contacto entre el plástico y la superficie del suelo. Los plásticos con alta absorbancia de onda corta o alta transmitancia de onda corta es de esperarse que aumenten la temperatura de suelo más dramáticamente (Ibarra, 2004).

Encima del suelo los efectos del acolchado son primeramente debidos a las propiedades ópticas del acolchado y al hecho de que los plásticos previenen la evaporación. Ruter y Dewayne (1992) encontraron en el cultivo de "Rotundifolia" (*Saribus rotundifolius*) que la temperatura de la zona radical influye significativamente sobre los rangos de asimilación de CO₂ (las zonas de la raíz con 30 o 34 °C indujeron mayores rangos de asimilación que las de 38 o 42°C).

Los niveles de proteína soluble también aumentaron con el incremento de la temperatura de la zona radicular, es decir se dieron incrementos en la actividad de la Rubisco por unidad de proteína, la cual respondió de manera cuadrática al incremento de la temperatura en la zona radicular, la mayor actividad de la Rubisco por unidad de proteína se encontró a los 34°C, la cual correspondió con la mayor asimilación de CO₂.

McMichael and Burke, (1998) muestran las temperaturas óptimas de suelo para el desarrollo radicular en diferentes especies. Cuadro 1.

Cuadro 1. Temperaturas óptimas de suelo °C (0.1 m de profundidad) para diferentes cultivos).

| Planta | Cambio inducido | Temperatura óptima | Referencia |
|---|-------------------------------|--------------------|--|
| Girasol (<i>Helianthus sp.</i>) | rango de alargamiento radical | 20 | Galligar (1938) |
| Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) | rango de alargamiento radical | 30 | White (1937) |
| Maíz (<i>Zea mays L.</i>) | rango de alargamiento radical | 30 | Anderson y Kemper (1964) Blacklow (1972) Arndt (1945) Stone y Taylor (1983) |
| Algodón (<i>Gossypium hirsutum L.</i>) | Rango de alargamiento radical | 33 | Arndt (1945) |
| Soya (<i>Glycine max L.</i>) | rango de extension radical | | |
| Avena (<i>Avena sativa L.</i>) | masa radical | 5 (a maduración) | Nielsen y Humphries (1966) |
| Fresa (<i>Fragaria spp. L.</i>) | Masa radical | 10 a 20 | Brouwer (1962) |
| <i>Lolium perenne L.</i> | Masa seca | 17 | Clarkson et al (1986) |
| Arroz (<i>Oryza sativa L.</i>) | Crecimiento radical | 25-37 | Kar et al (1976) |
| Maíz (<i>Zea mays L.</i>) | masa radical | 26 | Walker (1969) |

Fuente: McMichael and Burke, (1998)

Fertilización.

La temperatura y humedad del suelo se asocian con la naturaleza físico-química de este último condicionando la actividad de la flora microbiana y la reacción química y bioquímica del terreno influyendo decididamente en el sentido positivo o negativo sobre la nitrificación (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Ruiz., et al. (2002) en el cultivo de papa encontraron que la absorción del ion K^+ está directamente relacionada con la temperatura de la zona radicular, por ejemplo encontraron que acolchado plástico coextruido negro/blanco y negro resultaron con las menores concentraciones de K ($g\ kg^{-1}$ de peso seco de planta) los resultados fueron de 6.3 a 27.2 °C en el suelo para el coextruido negro/blanco y de 6.7 a 30.7 °C para el negro, mientras que el acolchado blanco fue mas alto con 10.02 a 23.5 °C, el testigo presentó 7.5 $g\ kg^{-1}$ con 18.1

°C. Lo contrario ocurrió con las concentraciones de Ca^{++} , la cual fue mas alta en el negro sobre blanco y la mas baja se dió en el testigo; todo esto es de importancia debido a que el K^+ es un elemento osmorregulador, participa en la economía del agua, la cual necesitan en demasía las cucurbitáceas (por ser el pepino nuestro tema de estudio), cabe la aclaración de el K^+ solo, es un elemento funcional, nunca estructural y que su mayor participación se dá en la apertura y cierre estomatal, regulador del paso de sólidos hacia el interior del fruto, útil para mejorar el sabor y formación del fruto; por su parte el Ca^{++} si tiene las dos funciones y hacia el final del ciclo se incrementa su necesidad debido a la formación de materiales estructurales.

El contenido del ion K^+ está determinado por el paso de éste a través de la membrana plasmática y para esto requiere la participación de la ATPasa (Dunlop y Gardiner, 1993; Serrano, 1989; citados por Ruiz et al, 2002) en este trabajo se encontró que la actividad basal de la ATPasa en la membrana plasmática fue 25% mas alta en las plantas bajo el plástico coextruido negro sobre blanco.

Gil (1995) menciona que el potasio afecta a la fotosíntesis en distintos niveles, entre los que destaca su intercambio con los protones en el flujo inducido por la luz desde el estroma al lóculo; también mantiene la estructura fina de los cloroplastos y tiene efecto en la activación de la Rubisco y en la inhibición de la respiración. El K^+ es el componente inorgánico mayoritario de la solución de asimilados.

Actividad microbiana

La actividad microbiana, principalmente durante el proceso de transformación de las sustancias orgánicas, favorece la producción de anhídrido carbónico bajo la cubierta plástica, observándose un incremento de hasta cuatro veces con respecto al producido en terrenos descubiertos, asimismo durante este proceso hay liberación de nutrimentos al hacerse más disponibles para las plantas, las formas asimilables de los elementos nutritivos (Guariento, 1983).

Humedad del suelo

En este caso el plástico retiene la humedad del suelo evitando pérdidas por evaporación, conservándola por mas tiempo y evitando su compactación. El grado de evaporación estará en función de la superficie cubierta por el plástico, número y tamaño de las perforaciones donde se colocan las plantas, la colocación de las películas y características físicas del suelo (Cortés, 2000).

Al colocar una película plástica entre el suelo y la atmósfera superior esta actúa como una barrera amortiguadora disminuyendo las variaciones en los factores ambientales. Las características de la película como el color, grosor y transparencia a la radiación influyen sobre el intercambio energético en la superficie de la película y consecuentemente sobre el balance energético del suelo bajo ella. Adicionalmente la presencia de la película restringe la difusión de vapor de agua y CO₂ desde el suelo hacia la atmósfera consiguiéndose de esa manera un microambiente adecuado para el crecimiento de las plantas.

Resultados Obtenidos en Evaluaciones con Acolchado Plástico

Wolf et al (1989) evaluaron por dos años varios tipos de polietileno transparente y negro para acolchado de suelos en el cultivo del pepino y tomate registrando que la producción temprana fue incrementada, cosechando el 63 % de la fruta tempranamente durante el ciclo productivo de 1985 con suelo acolchado con polietileno.

Encontraron también que la frecuencia y duración en que la temperatura excedía los 35 °C tuvo un impacto negativo en el desarrollo, calidad y porcentaje de la fruta comerciable de tomate. Para el pepino encontraron regresión lineal ($r^2 = 0.7$ hasta 0.82) entre la acumulación de grados día con el aumento de biomasa y producción temprana.

Chávez (1989) al evaluar diferentes etapas de desarrollo en melón con acolchado y sin acolchar, encontró los siguientes resultados: la floración se adelantó en 11 días con respecto al testigo, sin embargo, una helada impidió obtener la cosecha. En los resultados de este experimento se observó que el acolchado favorece significativamente el desarrollo, precocidad y producción del melón, además de mejorar la calidad del fruto por no estar en contacto con la humedad del suelo.

Riego por Goteo

Ventajas del riego por goteo

Existe gran cantidad de cultivos que se pueden irrigar mediante este método, entre ellos principalmente frutales y hortalizas.

García y Briones (1986) mencionan que dentro de las principales ventajas de utilizar este método son:

- Ahorro de agua. El agua es aplicada con láminas pequeñas. El área de humedecimiento es pequeña lo que ayuda a reducir las pérdidas por percolación.
- Ahorro de mano de obra. Es de fácil operación y permite además el uso de suelos arenosos. Se reducen las actividades de labranza en comparación con el riego superficial y el de aspersion.
- Uso óptimo y ahorro en fertilizante. Se tiene una aplicación precisa de nutrimentos y reguladores de crecimiento ya que estos son aplicados en la zona de la raíz lo que les permite ser más eficientes.
- Menor crecimiento de malezas dado que el crecimiento únicamente se reduce al área donde se tiene el humedecimiento.
- Minimiza la formación de costras en la superficie del suelo.
- Mejora la penetración de las raíces.
- Rápida cosecha. Se obtienen mayores rendimientos y calidad del cultivo como resultado de una mejor nutrición de la planta, debido a que en el sistema de riego por goteo las plantas no se estresan.
- Debido a los riegos tan frecuentes las sales se encuentran en solución por lo que es posible usar agua salina que en otros sistemas de riego no es recomendable.
- Algunos pesticidas pueden ser aplicados a través de las líneas de goteo para controlar enfermedades, malezas, insectos y nemátodos.

- Existen oportunidades de mejorar las prácticas en el manejo del cultivo sobre todo en el arreglo topológico y en el uso de altas densidades de plantas.
- La nivelación del terreno no es un aspecto crítico como en el caso del sistema de riego por surcos.

Desventajas del riego por goteo

El riego por goteo se encuentra sujeto a tres problemas potenciales importantes: a) taponamiento de los emisores, b) problemas de salinidad en las plantas y c) una distribución de la humedad del suelo localizada.

- a) Las causas más comunes de taponamiento son las partículas de arena y los crecimientos orgánicos; la filtración del agua de riego es la mejor defensa contra estos problemas pues es bastante difícil detectar un emisor tapado.
- b) Todas las aguas de riego contienen sales disueltas, la planta absorbe solamente agua, una gran parte de la sal es dejada en el suelo. Lo mismo ocurre durante el proceso de evaporación.
- c) El sistema de riego por goteo normalmente humedece solo la parte del volumen del suelo necesario para el crecimiento de las raíces por lo tanto el desarrollo del sistema radicular de un cultivo está limitado al área de humedad alrededor de cada emisor.
- d) Otra desventaja es el alto costo comparado con un sistema de producción tradicional, se requiere de una alta especialización y habilidad

para el diseño, instalación y mantenimiento adecuado del sistema de riego por goteo.

Fotosíntesis

Ruter y Dewayne, (1992) concluyen que son varios los componentes de la fotosíntesis los que responden diferentemente a los incrementos de la temperatura de la zona radicular, esta responde a los cambios de medio ambiente.

La luz solar al incidir sobre las hojas y activar las funciones de los cloroplastos, desencadenan una serie de reacciones de gran complejidad, en las cuales a partir de bióxido de carbono y el agua, se forman diversos tipos de azúcares que son el resultante de este proceso y componente de las partes comestibles de las especies vegetales.

La fotosíntesis en esencia es un proceso de oxido-reducción, en el que el carbono de CO_2 atmosférico se reduce a carbono orgánico. La fotosíntesis en las plantas consiste básicamente en la producción de una sustancia orgánica (un glúcido simple) a partir de moléculas inorgánicas (el CO_2 como sustrato a reducir y el agua como donador de electrones que se oxida), mediante el aprovechamiento de la energía lumínica que se queda almacenada como energía química dentro de la molécula sintetizada y con desprendimiento del oxígeno (De la Rosa, 1997).

Desde el punto de vista eficiencia fotosintética, las hortalizas pertenecen a la cadena llamada C_3 en la que existe un solo mecanismo de fijación del CO_2 y de competencia entre diversos ácidos para la utilización del O_2 .

El proceso fotosintético es muy complejo pero de forma general se lleva a cabo en dos tipos: reacciones lumínicas y reacciones en la oscuridad (De la Rosa, 1997).

Las reacciones lumínicas se definen como el tipo de la fotosíntesis donde es necesaria la presencia de la luz para que estas se lleven a cabo, es decir, la energía lumínica es utilizada y absorbida por los pigmentos presentes en los tilacoides de los cloroplastos y allí es transformada en energía química y depositada en las moléculas de ATP y de NADPH.

Las reacciones de oscuridad se definen como el tipo de reacciones fotosintéticas que no necesitan luz para llevarse a cabo, es decir, pueden realizarse en presencia o ausencia de luz. Estas reacciones ocurren en el estroma del cloroplasto y consisten fundamentalmente en la transformación de CO_2 atmosférico en carbón orgánico reducido (glucosa).

Factores Físicos que Interactúan con la Fotosíntesis

Luz

La luz es el mecanismo que gobierna la apertura y cierre estomatal en condiciones normales de humedad, temperatura y viento.

La velocidad a la que ocurre la fotosíntesis no siempre es la misma, a medida que aumenta la intensidad de la luz, ocurre un aumento en la velocidad de la

fotosíntesis. Al aumentar la luz solar se aumenta la cantidad de energía lumínica disponible para la fotosíntesis hasta cierto punto, ya que al llegar a cierta intensidad la velocidad ya no aumenta (Alexander, 1992)

Efecto del CO₂

El CO₂ es la fuente de carbono a partir del cual se sintetizan otros compuestos mediante la utilización de la energía solar. Para poder realizar esta síntesis se requiere de poder reductor y energía química, estas formas son NADPH y ATP respectivamente; ambas se forman mediante reacciones lumínicas de la fotosíntesis. Generalmente se considera que las concentraciones de CO₂ y O₂ en la atmósfera son de 0.03% y 21% respectivamente, pero actualmente se sabe que la concentración de CO₂ se está modificando en el transcurso de los años (Beadle et al, 1985).

Ayari et al, (2000) mencionan que a altas concentraciones de CO₂ y en condiciones de saturación de luz, la fotosíntesis se ve limitada debido al grado de regeneración del sustrato de carboxilación, la Rubisco. Esto es determinado por la capacidad del electrón transportador que provee de NADPH y ATP durante el ciclo de Calvin. La síntesis del ATP en turno se puede restringir debido al no aprovechamiento del Pi (Galtier et al, 1995, citado por Ayari et al, 2000); cuando la luz y el CO₂ no son limitantes, el grado de fotosíntesis se ve determinado por la capacidad de la síntesis de glucosa para regenerar Pi (Stitt, 1991, citado por Ayari et al, 2000), el decremento de la concentración de Pi en el citoplasma y estroma induce una reducción de triosas fosfatos hacia fuera del cloroplasto, provocando una acumulación excesiva consecuentemente. Esto

sugiere que la fotosíntesis del tomate declinó durante la primavera debido a la acumulación de carbohidratos que pudieron inducir cambios en la expresión genética de la Rubisco y su actividad, conllevando por consecuencia a una baja regulación de la fotosíntesis.

Disponibilidad de agua

Una deficiencia de agua en el suelo afecta la fisiología y por ende la producción de la planta debido al estrés hídrico que las plantas sufran. La fotosíntesis es sensible al estrés hídrico, agregando a esto que la planta cierra sus estomas cuando no absorbe agua por lo tanto no hay absorción de CO₂ y este efecto se ve reflejado en plantas marchitas, flacidez de hojas e inclusive de tallos.

La cantidad de agua usada directamente en las reacciones de la fotosíntesis es pequeña, comparada con la transpirada o la almacenada en las plantas en cualquier tiempo, la condición hídrica de la planta influye severamente en su crecimiento de la planta, en particular a través de sus efectos en la expansión de la hoja y la raíz. La tasa de fotosíntesis del dosel de un cultivo disminuye con la escasez de agua debido al cierre de estomas y a los efectos del déficit hídrico en los procesos de los cloroplastos (Beadle et al, 1985).

Edad de la planta

La edad de la planta también es un factor importante en la fotosíntesis. La eficiencia fotosintética depende de la hoja y del genotipo de la planta así como de la demanda de asimilatos en la floración y efecto del medio ambiente. Bajo condiciones medioambientales comparables, la porción de fotosíntesis declina

con la edad de la planta y la expansión completa de la hoja (Dwyer y Stewart, 1986).

Transpiración

La transpiración es el proceso mediante el cual la planta regula su temperatura, que consiste en la pérdida de agua en forma de vapor a través de los estomas y cutículas o lenticelas hacia una atmósfera no saturada de humedad.

Tomando en consideración que 1g de agua líquida consume mas de 500 calorías para pasar al estado de vapor, se comprende el efecto refrescante de la transpiración. De no ser por este efecto refrescante, las hojas sometidas a una inmensa carga calorífica no podrían evitar daños por sobrecalentamiento (Urquiza et al, 1988).

Gordon y Barden (1992) mencionan que son diversos los factores que afectan el grado de transpiración, a saber: 1) irradiación; 2) temperatura; 3) velocidad del viento; 4) disponibilidad del agua a las raíces; 5) la presión del vapor de agua en las raíces, y 6) una serie de factores vegetales.

El aumento de la irradiación provoca, normalmente, que los estomas se abran y por lo tanto se acelere la transpiración.

Salisbury y Roos (1992) indican que por cada kilogramo de sacarosa producida, en las plantas de remolacha se transpiraron 450 kg de agua; además observaron que transpiraron 230 kg de agua para producir 1 kg de masa seca, incluyendo tallos, hojas y raíces.

La importancia de la transpiración también se observa en el proceso absorción de agua por las raíces ya que es de suma importancia para la obtención de

nutrientes minerales así como su transporte dentro de la misma. La velocidad de transpiración es mas baja durante la noche ya que los estomas suelen estar cerrados y la temperatura mas baja reduce la velocidad de evaporación de agua de las células del mesófilo (Alexander, 1992).

Temperatura ambiental.

La temperatura está relacionada con la transpiración ya que provoca el calentamiento de las hojas por lo que la planta tiene que transpirar o de lo contrario sufre lesiones. Gordon y Barden (1992) dicen que a medida que se va incrementando la irradiación, aumenta la temperatura de la hoja y también lo hace el gradiente presión-vapor entre la hoja y el aire.

El efecto provocado por el aumento de la temperatura del aire, al igual que el aumento de la irradiación, también hace que los estomas se abran, puesto que los espacios intercelulares dentro del estoma permanecen con un 100% de humedad relativa. Esto hace que se incremente la presión de vapor del agua mientras que la presión de vapor del aire no varia con la temperatura (Gordon y Barden 1992).

En condiciones de calma, el aire que circunda a una hoja que se encuentra transpirando grandes cantidades de vapor de agua, se humedecerá; esto provoca la reducción del gradiente de presión de vapor. Sin embargo a medida que el aire remueve el aire cargado de humedad y lo reemplaza con aire relativamente seco, el gradiente vuelve a su estado anterior y por lo tanto se acelera la transpiración.

Para descubrir la influencia de la temperatura sobre la fenología de las plantas, se ha usado desde el siglo XVIII el concepto de sumas de temperatura, mejor conocido como unidades calor (UC) o grados día. Este concepto postula que el crecimiento y desarrollo del cultivo depende de la cantidad de calor que las plantas reciben, esto quiere decir, que un cultivo alcanza una determinada etapa fenológica cuando haya recibido cierta cantidad de calor independientemente del tiempo que haya requerido para ello (Hernández, 1992).

Jurik et al (1984) basándose en varios estudios sugirieron que la temperatura óptima para que la fotosíntesis se incremente con el enriquecimiento de CO₂ debe ser máximo de 35 a 40 °C. Temperaturas superiores a este máximo, comienzan a dañar las enzimas, causando una rápida caída en el rango fotosintético.

Humedad Atmosférica

Se considera que la atmósfera interna de la hoja está completamente o casi saturada. En cambio la atmósfera externa suele estar en condiciones de insaturación y en continuo cambio, por ejemplo, en las mañanas frescas existe menos transpiración y por consiguiente las hojas tienen mayor cantidad de agua, lo contrario ocurre al medio día que es cuando existe mayor transpiración es por eso que se dice que existe un gradiente de presión de vapor entre las atmósferas internas y externas.

Cuanto más pronunciado sea el gradiente de presión de vapor, con mayor rapidez tendrá lugar la transpiración. La humedad relativa indica pues, el déficit

de presión de un sistema determinado y, junto con ello, la tendencia que este manifestará a la evaporación.

Velocidad del viento

A consecuencia de la transpiración se forma alrededor de la hoja una capa de aire húmedo llamada lámina limitante, el viento modifica esta lámina dependiendo de su velocidad, contenido de humedad y características de la hoja. De esta manera se ve afectada una resistencia de vapor de agua entre la hoja y el ambiente facilitando la pérdida de agua de la planta por transpiración. Se atribuye al viento un 2.6 por ciento de la pérdida total de agua de la hoja. En condiciones naturales, el viento hace cambiar frecuentemente las temperaturas de las hojas (Gates, 1980).

Conductancia estomática

El estoma tiene como función, proveer de alimento (CO_2) a la planta y al mismo tiempo actúa como termorregulador y evita la deshidratación.

Más del 90% del agua que recibe una planta se pierde a través de las hojas. El vapor de agua se mueve por difusión, a través de los espacios del mesófilo hacia los estomas. Entonces el agua se difunde a través del estoma, directamente de la atmósfera, mientras el vapor de agua se mueve hacia fuera del estoma el CO_2 de la atmósfera entra a la hoja por el estoma (Alexander, 1992).

Kitano et al, (1993) al estudiar la respuesta estomatal de las hojas de plantas de pepino con los factores del medio ambiente observaron que al irradiar las hojas

con luz de tungsteno, la temperatura de la hoja, la transpiración, y la conductancia de la hoja subían rápidamente y posteriormente variaban cuando las condiciones ambientales volvían a ser normales. Gil (1995) menciona que en condiciones normales de saturación (100% de humedad relativa), las hojas pueden transpirar normalmente si su temperatura es mayor que la del medio ambiente, ya que el gradiente, en estas condiciones continuará siendo positivo.

Absorción de Agua y Solutos por la Planta.

El agua entra a las células de la raíz por osmosis (movimiento a favor de un gradiente de potencial).

Las plantas absorben el agua a través de los capilares en su mayor parte; a medida que la raíz penetra en el suelo los capilares se forman inmediatamente por encima de la raíz y, por lo tanto están expandiéndose continuamente en el suelo adyacente.

La humedad en el suelo no se encuentra como agua pura, sino conteniendo una gran variedad de sustancias disueltas, muchas de las cuales son nutrientes necesarios para las plantas. Algunos de estos solutos se originan a partir de las partículas del suelo, de los fertilizantes y de la descomposición de los tejidos, tanto animales como vegetales. Esta solución del suelo esta separada de los contenidos celulares por medio de una membrana semipermeable. Esta membrana no solo sirve como pared divisoria entre dos soluciones del suelo, sino que controla la absorción de agua y de los solutos.

El agua se mueve a través de la planta por el xilema, este actúa no solo como un sistema conductor de agua, sino que es el nexo entre los mecanismos de

transpiración y absorción encargado de transmitir la necesidad de incrementar o disminuir la absorción de agua.

El agua debe pasar a través de las células vivas entre la epidermis del capilar de la raíz y el xilema, pero una vez en el xilema, su movimiento no se restringe hasta alcanzar células vivas de la hoja u otro órgano aéreo. Así la condición de agua en el xilema es pasiva ya que los elementos que no están vivos, no pueden abastecer de energía como lo pueden hacer las células vivas. Pero, el xilema, no es estrictamente un tubo, está formado por células individuales conectadas por paredes terminales perforadas. Las paredes terminales a menudo presentan poca resistencia al flujo de agua, además evitan que se formen grandes burbujas dentro de las células individuales; con lo que se reduce el bloqueo.

Lewitt (1967) citado por Gil (1995) ha definido estrictamente la captura metabólica del agua como aquella que se realizaría sin estar mediada por difusión ni por flujo hidrostático y que es dependiente de una bomba que actúa con energía metabólica.

A favor de la captura o transporte activo de agua se han presentado algunas evidencias:

1. El valor potencial osmótico obtenido por el método plasmolítico es menor (más negativo) que el del mismo tejido medido crioscópicamente. Como el método plasmolítico involucra tejidos vivos y el crioscópico se realiza con el jugo celular extraído, se sugirió que, en los tejidos vivos, la diferencia de

potencial hídrico era mayor y que habría un mayor flujo de agua que se explicaría solamente en términos de que las células vivas capturaban agua activamente.

2. La tasa de captura de agua puede correlacionarse positivamente, a menudo, con la respiración aerobia (la anaerobiosis obstaculiza en gran manera que la raíz absorba agua) y se inhibe mediante el tratamiento con inhibidores metabólicos del tipo de los dinitrofenoles, las azidas y diversos compuestos de arsénico.
3. El tratamiento de raíces con sustancias de acción auxínica, esta asociado a un incremento de la captura de agua.

Muchos investigadores no están de acuerdo con la viabilidad del concepto de la captura metabólica celular de agua o, al menos, encuentran muchas reticencias para aceptar que ésta se produzca de modo significativo. También aportan una serie de argumentos a su favor, entre los cuales se encuentran los siguientes:

1. Los valores de potencial osmótico obtenidos por el método plasmolítico son de esperar que sean menores que los reales porque no se suele apreciar el descenso del volumen celular que tiene lugar durante el fenómeno de la plasmolisis o, en su caso, las estimas habituales del mismo resultan demasiado pequeñas.
2. La relación entre la captura del agua y la respiración es lógica, pero indirecta. Se requiere energía metabólica para el establecimiento de muchos

procesos que están relacionados con la absorción de agua. Se ha de tener en cuenta que se producen consumos energéticos para la síntesis de proteínas, el ensamblaje, mantenimiento y reparación de las membranas, y que diversos aspectos de la división celular y de la elongación de las células influyen decisivamente en el comportamiento de la absorción de agua por las raíces de los vegetales.

3. Se sabe que las auxinas determinan la hidrólisis del almidón de reserva, con lo que se producen monosacáridos osmóticamente activos que conducen a decrementar el potencial osmótico y, correlativamente, el potencial hídrico celular. Por otro lado las auxinas condicionan el fenómeno de aflojamiento de la pared celular por rotura de los enlaces, lo que produce un decremento del potencial de pared, que también disminuye el potencial hídrico. Por consiguiente los tratamientos con auxinas incrementan la captura de agua por las células, pero como respuesta a que se incrementa el gradiente (proceso pasivo) y no como resultado de una captura activa.
4. La permeabilidad de las membranas celulares al agua se ha estudiado desde distintas perspectivas y, entre ellas, se ha utilizado el agua marcada con tritio. Se ha demostrado así que la captura de agua y, por consiguiente, la permeabilidad de las membranas a la misma son extraordinariamente altas (Lewitt, 1967, citado por Gil, 1995) por lo que requeriría un gran consumo energético para mantener el agua contra gradiente en el interior de las células, basado todo ello en una demostración según los principios de la termodinámica.

De todas formas, en ocasiones, se han medido flujos osmóticos de agua a través de membranas que son superiores a los que se podría esperar por simple difusión a través de las mismas. Según algunos autores, ello reafirma la presencia de poros que disminuirían la resistencia al flujo de agua. Otros investigadores indican, además, que el equilibrio entre la solución osmótica y la situada al otro lado de la membrana se lograría a través de burbujas de aire en el interior de los poros (equilibrio por fase acuosa), situación con nulo soporte experimental y que solamente tendrá interés, en su caso, en la captura de agua del suelo por las raíces a través de las burbujas de aire de los poros edáficos. Ray (1960) citado por Gil (1995) postula que, en la zona de contacto entre las dos soluciones, en los poros, existe un gran salto de concentraciones que determinarían una difusión local muy rápida; ello tendría la virtud de originar tensiones en el continuo acuoso que incrementarían la velocidad de flujo.

Tensión Hídrica.

Gil (1995), menciona que la tensión hídrica es un factor importante con efectos sobre las tasas de síntesis de asimilados y en el propio transporte, ya que afecta las concentraciones, a las presiones hídricas y, por consiguiente, a los gradientes. Sin embargo, los efectos parecen deberse más directamente sobre la fotosíntesis, que decrece drásticamente con la tensión, que sobre la translocación en sí, mientras que el sumidero (zonas de mayor demanda y consumo: meristemas apicales, hojas jóvenes y estructuras reproductoras) se encuentra activo.

Además menciona, el crecimiento de la raíz esta influido por características genéticas, por la relación raíz/vástago (dependencia mutua de abastecimiento de materia orgánica, agua y sales minerales, así como del transporte hormonal), humedad edáfica (la tasa de crecimiento esta en función de ésta), la aireación (efectos de anegamiento, la temperatura del suelo y la irradiancia. Según Gardner (1960) citado por Gil (1995), la cantidad de agua absorbida por unidad de tiempo y volumen es proporcional a la superficie de intercambio en el espacio ocupado por la raíz.

Debido a la concentración de su jugo vacuolar, las raíces desarrollan tensiones de succión del orden de algunos bares que son suficientes para capturar una gran parte del agua capilar del suelo. Así, con una succión de unos 2 bares se puede captar mas de 66% del agua presente en un suelo arenoso; en uno arcilloso, 50% con 6 bares. Las plantas herbáceas de las zonas templadas pueden aumentar su succión hasta unos 40 bares, los vegetales de las zonas áridas hasta unos 60 bares y los árboles hasta unos 80 bares.

La absorción del agua en un suelo se reduce por las bajas temperaturas, situándose su limite inferior a las temperaturas en que el agua del suelo se halla congelada. Muchas plantas cultivadas se marchitan a temperaturas situadas entre 3-5 °C mientras que los vegetales de la tundra pueden captar agua a los 0 °C e incluso a temperaturas algo mas bajas. Gordon y Barden (1992) dan una explicación a esto: consideran que la viscosidad (resistencia al flujo) del agua es dos veces mayor a 0 °C que a 25 °C, “por eso los floristas colocan las flores cortadas en agua caliente, para acortar el tiempo necesario para restaurar la turgencia después del corte”.

Según Gil (1995), el efecto de las altas temperaturas sobre la absorción de las raíces, está menos estudiado que las bajas temperaturas, pero se suele hallar una seria disminución por encima de los 30°C.

Gordon y Barden (1992), mencionan que las raíces absorben oxígeno y liberan CO₂, en los casos en los que la aireación del suelo está restringida por inundaciones del terreno, compactación o algún otro factor, se reduce la proporción de oxígeno y se va acumulando CO₂. La tolerancia a una aireación pobre varía con las especies pero la mayoría de las plantas cultivables no pueden sobrevivir en niveles de oxígeno que se encuentren por debajo de 2 a 5%. Algunas raíces mueren si el nivel de oxígeno desciende más allá de 1 al 2%. Para un crecimiento normal de las raíces, las composiciones deben estar en el orden del 5 al 15%, dependiendo de cada especie. Finalmente, un nivel bajo de oxígeno es más destructivo que uno alto de CO₂, aunque los dos, generalmente están asociados.

MATERIALES Y METODOS

Localización del Sitio Experimental.

El trabajo se realizó durante los ciclos Primavera-Verano de 2002, Primavera-Verano de 2003 y Verano-Otoño de 2003, en el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) localizado en el noreste de Saltillo, Coahuila; con las coordenadas geográficas 25° 27' latitud norte y 101° 02' longitud oeste, con una altitud de 1610 msnm.

Clima del Lugar.

De acuerdo con la clasificación de Köepen el clima se define como BS o K (x') (e) y conforme a la modificación hecha por García (1988) para la República Mexicana, se tiene:

BS_o = es el clima mas seco de los BS, con coeficiente de P/T de 22.9

K = templado, con verano cálido, siendo la temperatura media anual entre 12 y 18 °C.

(x') = régimen de lluvias intermedio, repartido entre verano e invierno, con una precipitación anual de 320 mm, siendo los meses mas lluviosos los comprendidos entre julio y septiembre, acentuándose el mes de julio. La evaporación promedio mensual es de 178 mm, siendo la más intensa en los meses de mayo y junio con 236 y 234 mm, respectivamente.

Suelo.

El suelo del lote experimental es de origen aluvial, sus características más importantes son las siguientes:

Tiene un pH de 8 aproximadamente, clasificándosele como suelo medianamente alcalino.

Presenta una textura arcillo-limosa, con una capacidad de campo de 29.7 % y un punto de marchitez permanente de 16.4 %, con una densidad aparente de 1.46 g/cm³.

C.E. (milimohos/cm) igual a 3.7, ligeramente salino.

Materia Orgánica igual a 2.38%, medianamente rico.

Nitrógeno total igual a 0.119 %, medianamente pobre.

Potasio intercambiable igual a 35.0 kg/ha, muy pobre.

Fósforo aprovechable igual a 37.35 kg/ha, mediano.

Carbonatos totales igual a 40%, altos.

Arcilla igual a 42.00 %.

Limo igual a 45.40%.

Arena igual a 12.60 %.

(Fuente: Ibarra, 2004)

Material vegetativo.

Se utilizó semilla de pepino de la variedad Sprint 440, híbrido monoico, de polinización abierta, con una madurez de mediana a precoz, con frutos cilíndricos, de color verde intenso con espinas.

Diseño experimental

El experimento se realizó en un diseño bloques al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones en los tres ciclos de estudio, teniendo un total de 36 unidades experimentales, cada una constituida por una cama de 10 metros de longitud y una separación de 1.8 metros entre camas, se sembró a hilera simple a una distancia de 0.10 metros entre plantas. Las dimensiones del área experimental fueron de 1410 m².

Tratamientos evaluados

Los diferentes tratamientos evaluados fueron acolchados plásticos fotoselectivos, utilizando como testigo suelo desnudo.

Los colores de acolchado son los siguientes:

- Acolchado plástico café térmico.
- Acolchado plástico blanco sobre negro.
- Acolchado plástico azul.
- Acolchado plástico blanco.
- Acolchado plástico negro 1 (liso).
- Acolchado plástico negro 2 (corrugado).
- Acolchado plástico plata.
- Acolchado plástico rojo.
- Testigo.

Preparación del terreno

Preparación del terreno

La preparación del terreno para la siembra se realizó con un tractor John Deere con implementos para proporcionar barbecho y dos pases de rastra. Posteriormente se hicieron las camas utilizando el mismo tractor.

Riego

Una vez hechas las camas de siembra, se acondicionaron las cintas de riego por goteo, igual para los tres ciclos utilizando cinta T-tape, colocándose una cinta por cama en cada tratamiento y programadas para regar dos horas diarias, de 8:00 a 10:00 AM.

Acolchado de camas

Después se colocó la película plástica manualmente, los agujeros se hicieron de igual manera utilizando para ello un tubo caliente de aproximadamente 4 cm de diámetro.

Siembra.

Las siembras se efectuaron en las siguientes fechas:

Primer experimento: 25 de mayo de 2002.

Segundo experimento: 28 de abril de 2003.

Tercer experimento: 18 de julio de 2003.

En las tres ocasiones se sembró la variedad Sprint 440, realizándose en forma manual, depositando una semilla directamente en los orificios.

La siembra fue en seco, aplicándose después un riego pesado para obtener buena germinación.

Fertilización.

En los tres ciclos la fórmula de fertilización fue la de 240-240-100 de NPK, este se aplicó diluido en el agua de riego por goteo durante el ciclo vegetativo del cultivo.

Otras Labores Culturales.

Enmallado.

Debido a que el pepino es una hortaliza rastrera, es necesario que se les guíe verticalmente a fin de que no haya contacto del follaje con el suelo, así mismo para permitir la entrada de aire y luz que favorezca al cultivo en general.

Para esto se colocaron estacones de madera de 1.6 metros de altura a una distancia de 2.5 metros dentro de las camas, colocándose alambres a 0.20 y 1.4 metros de altura sobre el suelo, entre los cuales se tejió un enmallado con hilo de plástico sobre el cual se condujeron los tallos de pepino.

Deshierbes.

Se deshirió cada vez, según necesidades, esto se realizó manualmente en los pasillos, entre camas, en las cabeceras y en los agujeros al pie de las plantas de pepino.

Control fitosanitario.

Se llevó a cabo de manera preventiva y curativa utilizando productos químicos.

Las principales plagas que atacaron el cultivo fueron la diabrotica, el minador de la hoja, la mosquita blanca, entre las enfermedades la de mayor incidencia fue la cenicilla polvorienta.

Para su control se usaron los agroquímicos: Previcur, Tecto 60, Disparo, Azufre. Estos se aplicaron con mochila aspersora de 15 litros.

Variables Evaluadas.

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Área foliar.
- Peso seco de planta.
- Rendimiento comercial, precoz, rezaga y total.
- Variables fisiológicas en el año 2003 en ambos ciclos
- Temperatura del suelo.

Área foliar.

Para la evaluación de área foliar se llevaron a cabo 4 muestreos que se realizaron a los 30, 45, 60 y 75 días después de la siembra, cosechando dos plantas por cada tratamiento y repetición. Tales plantas se cortaron a nivel del suelo considerando que fueran muestras representativas de cada tratamiento, se tomaron las plantas y se seccionaron en partes separando hojas y tallos

(excluyendo flores y frutos). El área foliar se determinó con un equipo medidor de área foliar, modelo LI – 3100, LI –COR, Lincoln, Nebraska.

Peso seco de planta.

Esta variable se tomó para las mismas plantas, para esto se colocaron las hojas y los tallos en bolsa de papel etiquetado de acuerdo a cada uno de los tratamientos, llevándose después a estufa de aire caliente donde permanecieron a 70°C durante 48 horas, para posteriormente tomarles el peso en una balanza digital.

Rendimiento precoz, rezaga, comercial y total.

Al momento de cosechar los frutos se clasificaron de la siguiente manera: como rendimiento precoz a los frutos acumulados hasta la segunda recolección.

Rendimiento rezaga a todos aquellos frutos que presentaron deformaciones, tamaños indeseables y daño mecánico al momento de cosecharlos, pesándose por separado de los frutos buenos.

Variables fisiológicas.

Para la medición de estas variables: (fotosíntesis, humedad relativa (RH), conductancia estomatosa (CS), resistencia estomatosa (RS), etc se utilizó un equipo Analizador de CO₂ LI-6200 de Li-Cor, Lincoln, Nebraska.

Temperatura del suelo.

La determinación de temperaturas del suelo se hizo con un Data Logger 21X (Campbell Scientific, Utah, Logan) para la medición se utilizaron termopares de cobre –constatan colocados a 10 cm de profundidad del suelo. El Data Logger realizó lecturas cada 10 segundos y promedió valores diarios durante el ciclo del cultivo.

La fórmula utilizada es la siguiente, según Del Angel (1997):

$$\sum DG = \frac{(TSM_{max} + TSM_{min})}{2} - T_{base}$$

Donde:

TS Max, TS Min y T base, son temperaturas de suelo máxima y mínima. La temperatura base es de 10° C. La determinación de los días grado se hizo durante todo el ciclo de cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Fotosíntesis Ciclo Primavera de 2003

Los datos obtenidos muestran que las tasas unitarias de fotosíntesis (fotosíntesis neta: asimilación de CO₂ menos respiración) fueron significativamente diferentes a los 30 y a los 45 dds (mediciones 1 y 2), no mostrando significancia a los 60 y 75 dds (mediciones 3 y 4) (Cuadro 2). Una de las posibles causas para la diferencia entre tratamientos en las primeras dos mediciones puede deberse a que los fotoasimilados se dirigieron de diferente forma entre tratamientos al sistema vástago, especialmente a las hojas. En cambio, en las mediciones 3 y 4 parece ser que los fotoasimilados se dirigieron al fruto, posiblemente por eso en las mediciones 3 y 4 no se registró diferencia con relación a las mediciones 1 y 2. En relación a la medición 1 el testigo registró el valor de fotosíntesis mas bajo, mientras que en la medición 2 no se observó esa tendencia donde el menor valor lo registró el polietileno café térmico.

Los resultados del presente estudio con respecto a tasas unitarias de fotosíntesis no concuerdan con los obtenidos por Cortés (2000) quien no encontró diferencia significativa entre tratamientos de acolchado en el cultivo de la papa. Análogas semejanzas a las de nuestro estudio con respecto a tasas unitarias de fotosíntesis en pepino son reportadas por Vargas (1999). En

adición, diferencia entre tratamientos con relación a las tasas unitarias de fotosíntesis son reportadas por Estrella (2001).

Una de las posibles causas para la ausencia de significancia entre tratamientos de acolchado puede deberse a que el sistema de medición utilizado solo considera 38.5 cm² de área foliar para la medición de fotosíntesis, siendo que debería considerarse el total del dosel del cultivo, desafortunadamente esta condición no es extrapolable a condiciones de campo abierto, no obstante en la primera medición pudo observarse una influencia positiva del acolchado en la expresión del proceso fotosintético (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fotosíntesis unitaria a los 30, 45, 60 y 75 dds, ciclo primavera de 2003, en el cultivo de pepino, CIQA, 2003.

| Tratamiento | 30 | dds | | | |
|--------------|----------|--|-------|-------|--|
| | | 40 | 60 | 75 | |
| | | (μmolCO ₂ m ⁻² s ⁻¹) | | | |
| café térmico | 18.55 ab | 15.39 b | 14.31 | 11.88 | |
| blanco/negro | 15.51 ab | 16.19 ab | 9.75 | 11.41 | |
| azul | 24.04 a | 17.27 ab | 12.96 | 11.53 | |
| blanco | 18.54 ab | 20.66 a | 12.55 | 10.87 | |
| negro 2 | 17.54 ab | 17.65 ab | 11.04 | 10.07 | |
| negro 1 | 12.98 b | 17.43 ab | 13.9 | 11.04 | |
| plata | 15.95 ab | 18.38 ab | 13.65 | 11.63 | |
| rojo | 18.81 ab | 17.88 ab | 12.01 | 11.95 | |
| testigo | 12.91 b | 18.11 ab | 12.55 | 13.09 | |
| DMS 0.05 | 8.6065 | 4.9317 | 4.56 | 3.04 | |
| C.V. | 34.27 | 19.13 | 24.96 | 18.17 | |

Tratamientos con la misma literal en cada columna no difieren entre si a una P≤0.05.

NS, No significancia

Una mejor manera de analizar los resultados del presente estudio es haciendo referencia al total de la superficie foliar de la planta lo que se justifica debido a que para una mejor comprensión de la actividad fotosintéticamente activa

deberá considerarse a la planta en su totalidad lo que se puede lograr con fotosíntesis total (fotosíntesis unitaria para 38.5 cm², fotosíntesis total para toda el área foliar). Los resultados de fotosíntesis total se muestran en el Cuadro 3, donde se aprecia que los valores más bajos de esta se observaron en el testigo que registró valores que variaron desde 149.4 (medición 1) hasta 2566.5 $\mu\text{moles de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (medición 4); podemos observar que los tratamientos acolchados mostraron una tendencia similar con relación a la respuesta en fotosíntesis unitaria (Cuadro 2), ya que en la primera medición el valor mas alto lo registró el color azul, en la segunda medición los valores mas altos los registraron el acolchado azul, blanco y plata, pero el testigo bajó sus niveles de significancia, mientras que para la tercera y cuarta medición los máximos valores de fotosíntesis total las registró el acolchado café térmico, pero no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 3. Fotosíntesis total a los 30, 45, 60 y 75 dds, ciclo primavera de 2003. CIQA, 2003.

| Tratamiento | 30 | dds | | |
|--|----------|-----------|--------|--------|
| | | 45 | 60 | 75 |
| $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | | | | |
| café térmico | 350.0 bc | 2505.2 ab | 2222.4 | 3771.3 |
| blanco/negro | 302.3 bc | 2067.4 ab | 1320.6 | 3058.6 |
| azul | 540.1 a | 2937.6 a | 1889.9 | 3159.9 |
| blanco | 402.4 ab | 2927.3 a | 2162.6 | 2630.5 |
| negro 2 | 306.3 bc | 2223.2 ab | 1615.0 | 3116.3 |
| negro 1 | 283.1 bc | 2053.0 ab | 1895.8 | 2783.0 |
| plata | 295.4 bc | 3162.0 a | 2248.1 | 2708.6 |
| rojo | 374.0 bc | 2488.6 ab | 2247.7 | 3232.6 |
| testigo | 149.4 c | 1515.7 b | 1694.9 | 2566.5 |
| DMS 0.05 | 225.98 | 1122.4 | 1005 | 1555.4 |
| C.V. % | 46.4 | 31.6 | 35.92 | 35.49 |

Tratamientos con la misma literal en cada columna no difieren entre si a una $P \leq 0.05$.

NS, No significancia

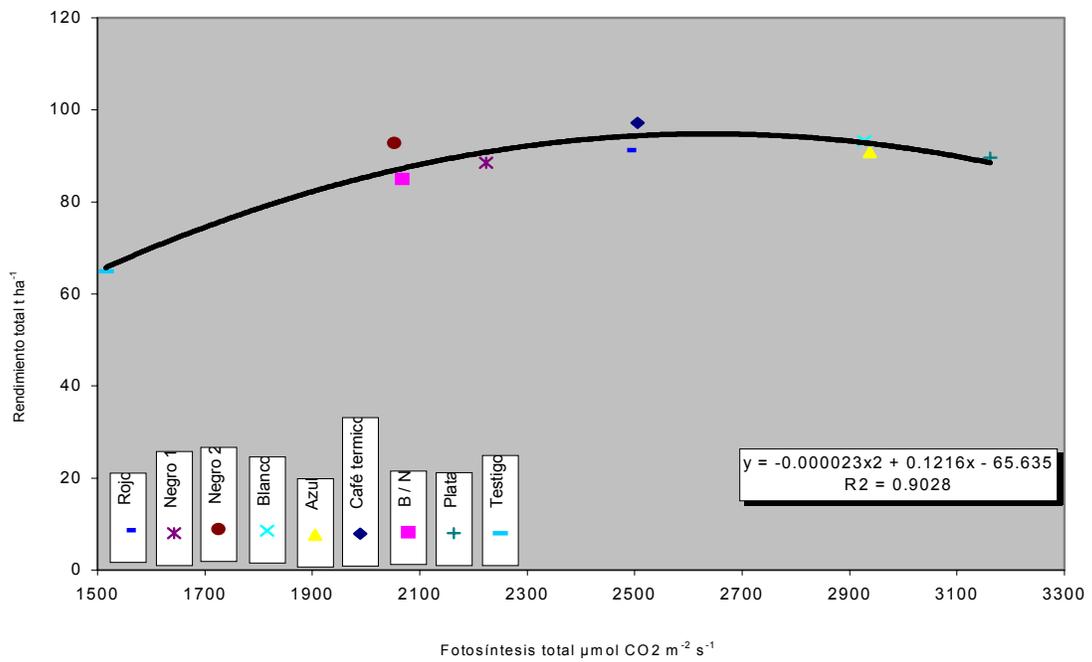
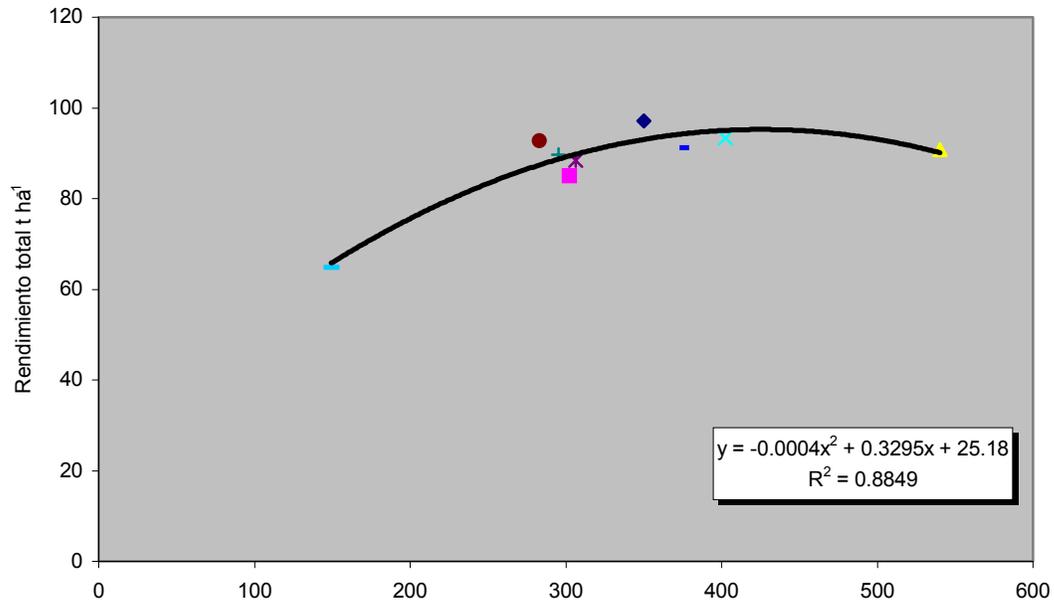
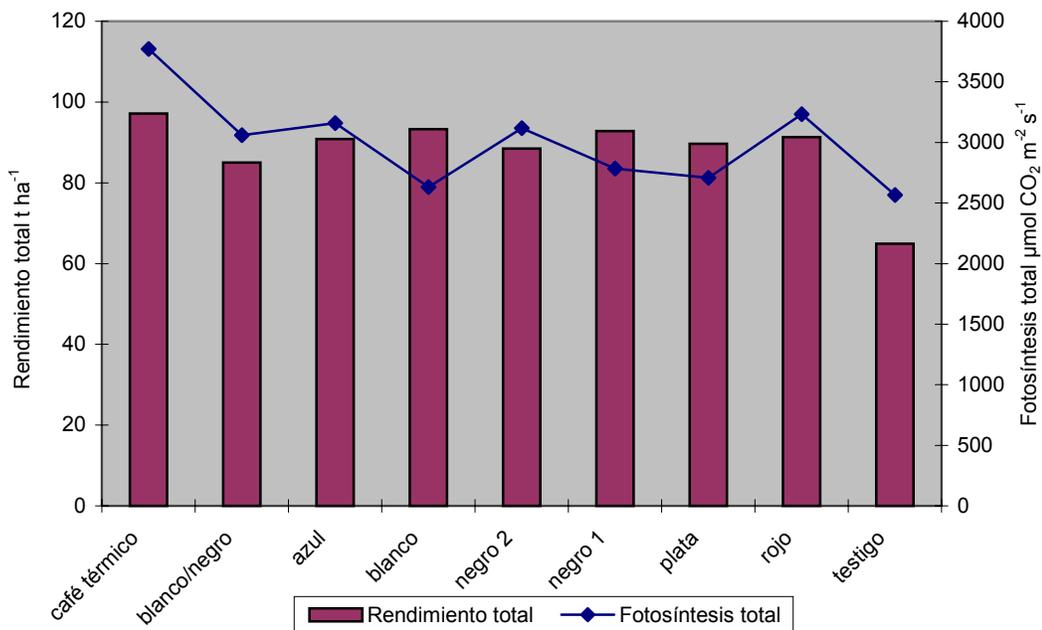


Fig. 1.- Correlación entre las fotosíntesis totales a los 30 y 45 dds con el rendimiento total, en el cultivo de pepino, ciclo primavera. CIQA 2003.

Para justificar un poco mas la medición de fotosíntesis total, en la Figura 1 se puede observar una correlación entre fotosíntesis total con el rendimiento total, para las mediciones 1 y 2.

Podemos observar que hay correlaciones entre las mediciones 1 y 2 y rendimiento total. Esto explica el hecho de que los fotoasimilados se distribuyeron hacia las hojas en las primeras dos mediciones y al fruto en las mediciones 3 y 4, puesto que no hubo correlación entre fotosíntesis total con rendimiento a los 60 y 75 dds lo cual puede observarse en la Figura 2 que se presenta para la fecha 75 dds en el periodo primavera de 2003.



**Fig. 2.- Fotosíntesis total a los 75 dds y rendimiento total en pepino.
CIQA primavera, 2003.**

Podemos observar que el polietileno café térmico registró los valores más altos tanto de fotosíntesis como de rendimiento; mas solo el testigo presenta diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en rendimiento y aunque no la presenta en fotosíntesis total si puede observarse que esta por abajo de los acolchados plásticos.

Fotosíntesis ciclo verano de 2003.

Una razón para no graficar los resultados del ciclo verano de 2003, la constituye el hecho de que el cultivo de pepino se cultivo dos veces en la misma película plástica, lo que afecta el crecimiento vegetativo y que de acuerdo con apreciaciones visuales puede tener serias implicaciones en el rendimiento si no se toman las medidas de nutrición necesarias. Para nuestro entendimiento en acuerdo con las apreciaciones visuales deberá de hacerse un muestreo de suelo para hacer un segundo cultivo si se persigue como propósito dos estaciones de crecimiento en un mismo sistema de producción (mismo acolchado). El excesivo follaje generado por un posible exceso de nutrimentos especialmente por nitrógeno puede traer como consecuencia plantas exageradamente exuberantes y susceptibles a enfermedades. Es sabido en hortalizas que excesivas aportaciones de nitrógeno pueden traer como consecuencia incidencia de enfermedades, en nuestro estudio una de las enfermedades mas severas lo fue cenicilla y un hongo que no pudo ser identificado plenamente lo que ocasionó un daño importante tanto en follaje

como en rendimiento, esto lo podemos corroborar observando el Cuadro 4, de fotosíntesis total para verano 2003; donde podemos observar diferencias entre tratamientos en la primera y tercera medición, pero no en la segunda, por otro lado tales fotosíntesis totales no se comportaron de manera homogénea, pues en la primera medición el máximo valor lo registró el acolchado azul y los menores el testigo y el acolchado blanco, mientras que en la tercera medición el valor máximo lo registró el acolchado azul pero los menores el acolchado negro 2 y café térmico, que inclusive fue menor a la medición 2; una explicación a esto se dará mas adelante con la acumulación de UC.

Cuadro 4. Fotosíntesis total a los 30, 45 y 60 dds, ciclo verano de 2003, en el cultivo de pepino, CIQA 2003.

| Tratamiento | 30 dds | 45 dds | 60 dds |
|--------------|--|--------|---------|
| | $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | | |
| café térmico | 616.6 ab | 2705.3 | 2540 b |
| blanco/negro | 463.7 ab | 2361.3 | 3707 ab |
| azul | 767.9 a | 2756.2 | 5284 a |
| blanco | 389.5 b | 2732.7 | 3815 ab |
| negro 2 | 646.2 ab | 2894.5 | 2832 b |
| negro 1 | 571.0 ab | 2595.2 | 4140 ab |
| plata | 495.3 ab | 2543.2 | 3456 ab |
| rojo | 655.2 ab | 2813.1 | 4224 ab |
| testigo | 436.7 b | 2316.3 | 4546 ab |
| DMS 0.05 | 311.18 | NS | 2071.8 |
| C.V. % | 38.05 | 29.34 | 36.98 |

Tratamientos con la misma literal en cada columna no difieren entre si a una $P \leq 0.05$.

NS, No significancia

Unidades Calor Ciclo Primavera de 2003.

Una de las variables que pudo haber influido en relación a fotosíntesis total y rendimiento en el ciclo primavera de 2003 puede atribuirse a las unidades calor acumuladas durante este ciclo, pues estas están fuertemente correlacionadas con el rendimiento total (Figura 3).

En esta podemos observar que la ecuación que lo explica es cuadrática y es el testigo el que presenta la menor acumulación de unidades calor así como el

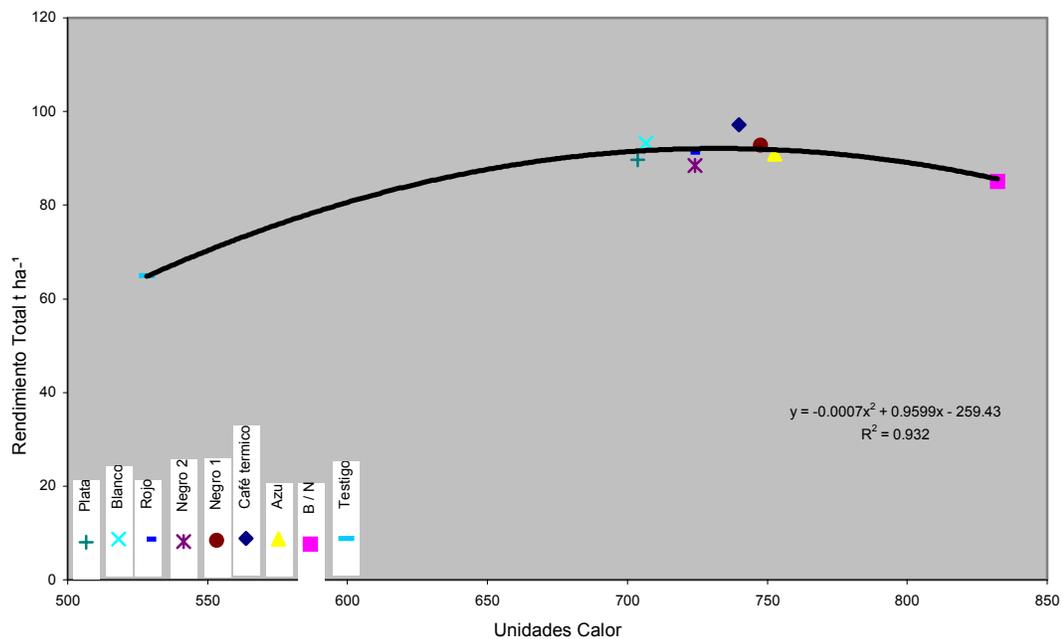


Fig 3.- Correlación entre las unidades calor y el rendimiento total en el cultivo de pepino, ciclo primavera, CIQA 2003.

menor rendimiento, mientras que el mayor rendimiento se da con el café térmico con una acumulación de unidades calor de 740; el acolchado blanco/negro en cambio con 832 UC marca un descenso en el rendimiento, el

testigo con apenas 528 UC presenta el menor rendimiento (50% menos que el acolchado café térmico).

Las unidades calor también explican el comportamiento de la producción en los ciclos de evaluación de primavera 2002 y 2003, (Figura 4).

En la figura 4 podemos apreciar que las unidades calor del ciclo primavera de 2002 son menores a las del ciclo primavera 2003, lo mismo que los rendimientos, la tendencia es lineal pero una relación cuadrática es mayor. En si podemos observar los rendimientos se comportan mejor cuando la acumulación de unidades calor oscila entre las 700 – 900 UC.

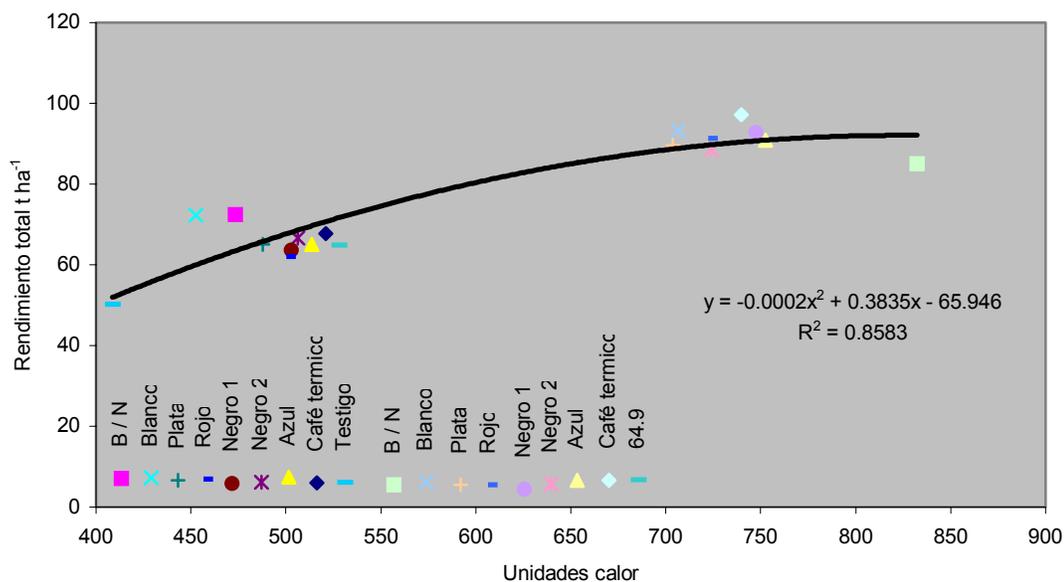


Fig 4.- Correlación entre las unidades calor y el rendimiento total en el cultivo de pepino, ciclos primavera de 2002 y primavera de 2003, CIQA 2003..

Los ciclos primavera de 2002 y primavera de 2003 son diferentes en la acumulación de UC, en el año 2002 (Cuadro 6) son menores que en 2003 (Cuadro 5), mientras que las temperaturas medias son mayores en el 2002, esto se debe a que el número de cortes en 2002 fue menor al del 2003 y esto se debió a que en el ciclo primavera de 2002 se presentó una granizada, la cual afectó de manera importante al cultivo, llegando a una causar defoliación de hasta el 60%.

Cuadro 5. Unidades calor acumuladas y temperaturas máximas, mínimas y medias en el cultivo de pepino, ciclo primavera 2003. CIQA 2003.

| Tratamiento | Unidades calor | Temperatura °C | | |
|--------------|----------------|----------------|--------|-------|
| | | Máxima | Mínima | Media |
| café térmico | 739.76 | 25.99 | 14.83 | 21.05 |
| blanco/negro | 832.25 | 29.70 | 13.74 | 20.66 |
| azul | 752.60 | 26.54 | 14.65 | 21.31 |
| blanco | 706.73 | 26.10 | 13.80 | 20.62 |
| negro 2 | 724.20 | 25.46 | 14.93 | 20.79 |
| negro 1 | 747.60 | 26.00 | 15.05 | 21.13 |
| plata | 703.68 | 25.79 | 14.02 | 20.53 |
| rojo | 723.03 | 25.96 | 14.39 | 20.76 |
| testigo | 528.17 | 22.68 | 12.20 | 17.85 |

También podemos ver, las unidades calor del ciclo primavera 2002 fueron mas uniformes, Cuadro 6, la diferencia entre el tratamiento que más unidades calor acumuló y el testigo es de solo 112 mientras que en primavera 2003 esta diferencia es de 300. (Cuadro 5).

Para nuestro estudio las temperaturas medias del ciclo primavera de 2002 fueron mejores, según reportan autores (Díaz y Batal, 2002), los rendimientos

de este ciclo fueron menores a los del ciclo primavera 2003 debido al siniestro que se presentó; en el ciclo primavera de 2003 prácticamente se evaluó el experimento sin problemas de tipo natural.

En cambio en el experimento realizado en el ciclo verano de 2003 los problemas que se presentaron debieron prevenirse.

Cuadro 6. Unidades calor acumuladas y temperaturas máximas, mínimas y medias, en el cultivo de pepino, ciclo primavera 2002, CIQA 2003.

| Tratamiento | Unidades calor | Temperatura °C | | |
|--------------|----------------|----------------|--------|-------|
| | | Máxima | Mínima | Media |
| café térmico | 521.14 | 29.13 | 23.38 | 26.24 |
| blanco/negro | 473.43 | 26.68 | 22.86 | 24.79 |
| azul | 513.55 | 28.82 | 23.42 | 26.18 |
| blanco | 452.73 | 25.71 | 22.49 | 24.12 |
| negro 2 | 506.28 | 27.95 | 23.71 | 25.85 |
| negro 1 | 502.80 | 27.96 | 23.43 | 25.74 |
| plata | 487.90 | 27.13 | 23.16 | 25.21 |
| rojo | 500.76 | 28.15 | 23.11 | 25.66 |
| testigo | 408.78 | 25.02 | 20.40 | 22.60 |

Unidades Calor Ciclo Verano de 2003.

En el ciclo verano las unidades calor acumuladas fueron muy altas y los rendimientos muy bajos, como se mencionó anteriormente este ciclo se llevó a cabo aplicando la técnica del “double-cropping” la cual consiste en sembrar sobre el mismo acolchado una vez que se terminó de cosechar el primer cultivo, con el fin de aprovechar todos o la mayor parte de los insumos ahí instalados,

esto ciertamente puede acarrear problemas de tipo fitosanitario, pero se tiene información de que ha dado buenos resultados en algunos ensayos (Hanna, 2000), esto equivale a decir que esta técnica es muy provechosa si se sabe llevar a cabo de manera cuidadosa; el principio se basa en que los colores de acolchado opacos dan buenos resultados cuando las temperaturas son bajas (invierno, principios de primavera) debido a que absorben calor y esto es benéfico para el desarrollo radicular reflejándose en un mejor rendimiento; lo contrario ocurre cuando las temperaturas son altas (verano) puesto que los colores claros dan mejores resultados debido a que mantienen mas baja la temperatura, siendo esto mejor para las plantas puesto que no acumulan altas temperaturas al nivel de la zona radical, las cuales llegan a ser perjudiciales, Cuadro 7.

Los resultados obtenidos en este ciclo nos muestran que la acumulación excesiva de unidades calor tuvo un efecto negativo sobre el rendimiento del pepino y esto puede corroborarse con la correlación obtenida en este ciclo la cual muestra una mayor dispersión de datos y por consiguiente una correlación muy baja (en la misma tendencia que se correlacionaron los datos del ciclo primavera de 2003), Figura 5.

En la Figura 5 podemos observar que el mayor rendimiento se obtuvo con el acolchado blanco/negro el cual presentó 839 UC, pero solo el testigo presenta diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en rendimiento; el testigo también presenta menos acumulación de UC, como se mencionó en el ciclo primavera de 2003 la acumulación óptima de unidades calor oscila entre 700 y 900, mas en este caso los rendimientos también se vieron afectados por la fitosanidad, razón por la

cual una correlación cuadrática es mas baja, pues los datos obtenidos de rendimiento son más dispersos debido a que no se llego al final del ciclo del cultivo.

Cuadro 7. Unidades calor acumuladas y temperaturas máximas, mínimas y medias en el cultivo de pepino, ciclo verano, 2003. CIQA 2003.

| Tratamientos | Unidades | Temperatura °C | | |
|--------------|----------|----------------|--------|-------|
| | | Maxima | Minima | Media |
| | Calor | | | |
| café térmico | 841.78 | 26.32 | 15.8 | 22.13 |
| blanco/negro | 839 | 26.26 | 15.85 | 20.84 |
| azul | 875.12 | 26.55 | 16.43 | 22.42 |
| blanco | 801.65 | 25.8 | 15.27 | 21.47 |
| negro 2 | 912.85 | 26.98 | 16.98 | 22.53 |
| negro 1 | 869.31 | 25.83 | 17 | 22.21 |
| plata | 828.01 | 25.85 | 15.92 | 21.82 |
| rojo | 870.02 | 26.51 | 16.34 | 22.53 |
| testigo | 685.02 | 23.72 | 14.32 | 19.6 |

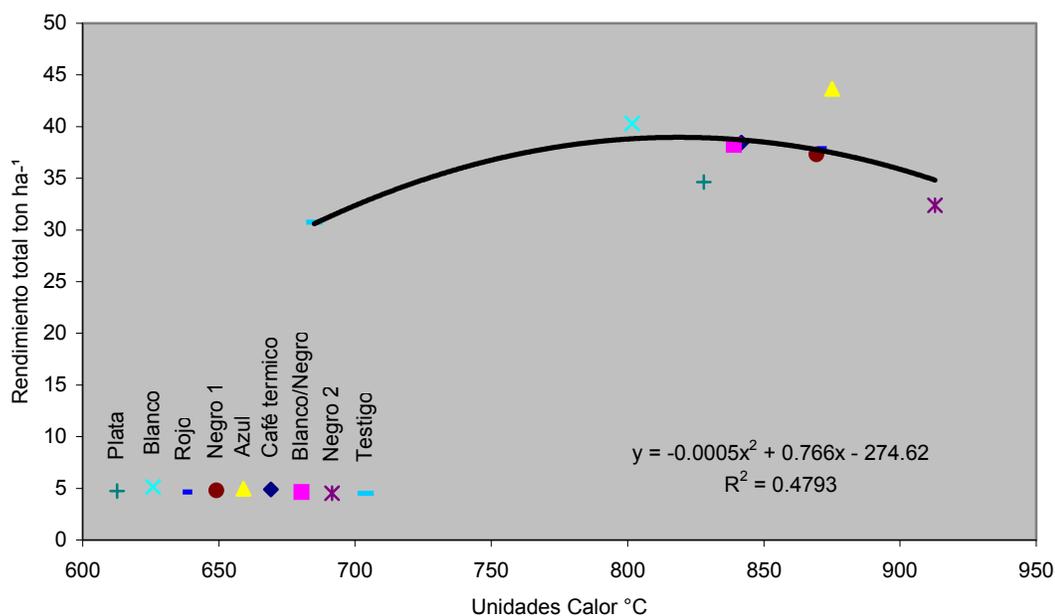


Fig 5.- Correlación entre las unidades calor y el rendimiento total en el cultivo de pepino, ciclo verano, CIQA 2003.

Rendimientos obtenidos.

En el Cuadro 7 del apéndice, se muestran los rendimientos obtenidos, puede observarse que no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos según prueba DMS 0.05 para los rendimientos total y precoz pero sí respecto al testigo, en los tres ciclos de experimentación.

También en el rendimiento comercial se observan diferencias significativas con el testigo y no se presentan en rendimiento rezaga.

Para nuestro interés el dato de mayor importancia lo constituye el rendimiento total y pueden observarse incrementos en los tratamientos más rendidores

respecto al testigo de: 44.35 % para el ciclo primavera de 2002 (blanco/negro), 49.71 % para el de primavera de 2003 (café térmico) y de 42.95 % para el de verano 2003 (azul).

Los resultados del presente estudio difieren de los obtenidos por López, (1992) en Chapingo, estado de México en el cultivo de pepino variedad Spring 440, donde el mayor rendimiento lo obtuvo con el acolchado plástico transparente (32.07 t ha^{-1}) mientras que el acolchado negro registró 20.9 t ha^{-1} y superó al testigo 93.24 %, los rendimientos más altos que el autor obtuvo fueron menores que los reportados en este estudio por lo que la diferencia en rendimientos para una y otra fecha y localidades de experimentación la constituye el sistema de riego, el cual es mas eficiente hoy día, pues a diferencia del riego rodado que se utilizó en el anterior estudio, en el presente estudio se realizó fertirriego.

La correlación de la temperatura media al nivel de la zona radical a 0.1 m de profundidad con rendimiento total también da explicación del rendimiento.

Figura 6.

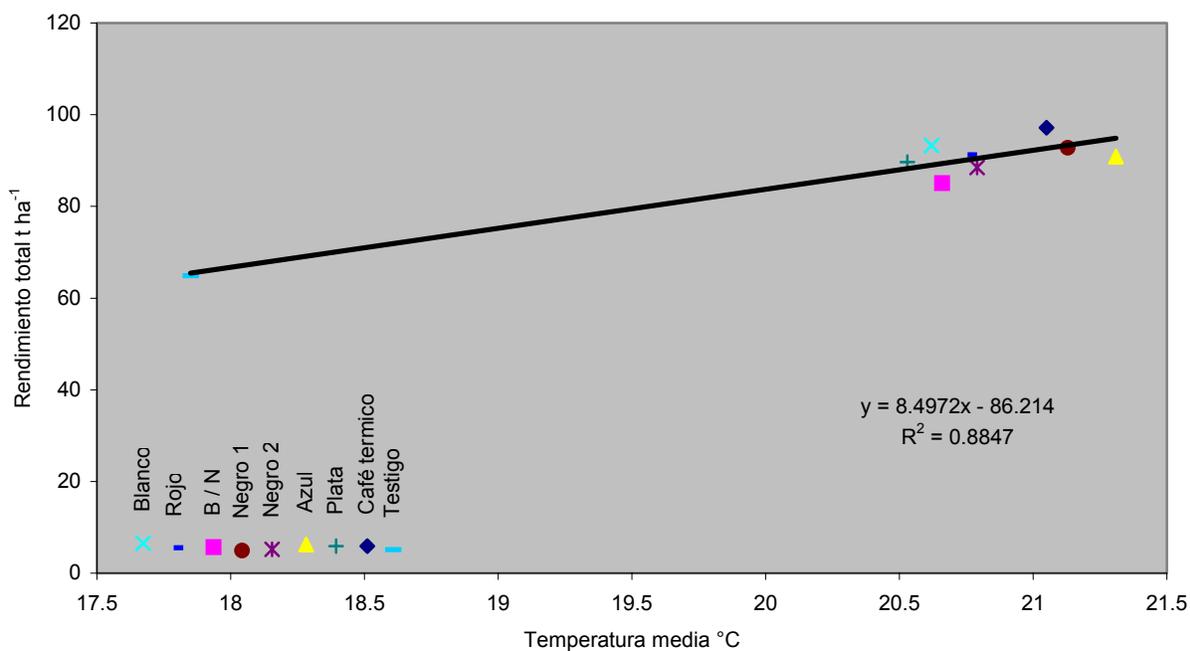


Fig. 6.- Correlación entre la temperatura media de la zona radical a 0.1 m de profundidad y el rendimiento total, ciclo primavera, CIQA, 2003.

Díaz y Batal (2004) realizaron estudios en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) durante 3 ciclos, evaluando la temperatura media de la zona radical a 0.1 m de profundidad y encontró que la producción (kg/planta) tuvo su máximo rendimiento cuando la temperatura media osciló entre 25 y 27 °C, después de 27 °C el rendimiento empezó a declinar, llegando a ser nulo cuando la temperatura sobrepasó los 29 °C; en nuestro estudio los mayores rendimientos para el ciclo primavera de 2003 se encontraron en los 21 °C pero la mayor temperatura de suelo registrada fue de 21.3°C, al parecer de no haber sido por el siniestro que se presentó en el ciclo primavera de 2002 los rendimientos de este ciclo hubiesen sido mayores al ciclo primavera de 2003.

Otra explicación del rendimiento total se obtiene con la correlación entre este y el peso seco de planta, Figura 7 (30 y 45 dds).

La correlación entre el peso seco de planta y el rendimiento total indica que el rendimiento esta en función de la acumulación de materia seca, pues podemos ver, el testigo presenta el menor peso seco y el mas bajo rendimiento, mientras que los tratamientos se ubican en un contenido de materia seca después del cual el rendimiento empieza a descender, pero es de esperarse que los fotoasimilados como anteriormente se ha dicho sean mandados a las estructuras reproductivas mas que a las de crecimiento vegetativo. Como el peso seco de planta para los 30 y 45 dds son muy prematuros para explicar el rendimiento total se correlacionaron con el rendimiento precoz y también se encontró correspondencia, Figura 8.

La figura 8 (30 y 45 dds) explica de una manera más confiable que la acumulación de materia seca haya influido en el rendimiento, pues la acumulación de biomasa es función de la fotosíntesis, y absorción de nutrientes, en este caso es el acolchado café térmico el que presenta el mayor contenido de materia seca y el mayor rendimiento, también las mayores tasas fotosíntesis a los 60 y 75 dds.

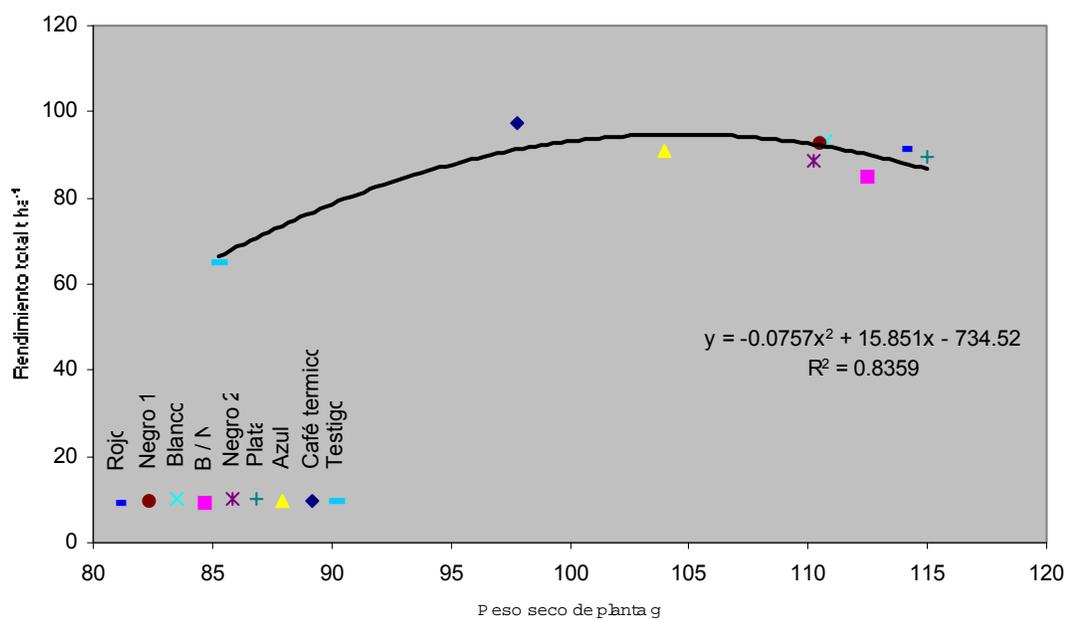
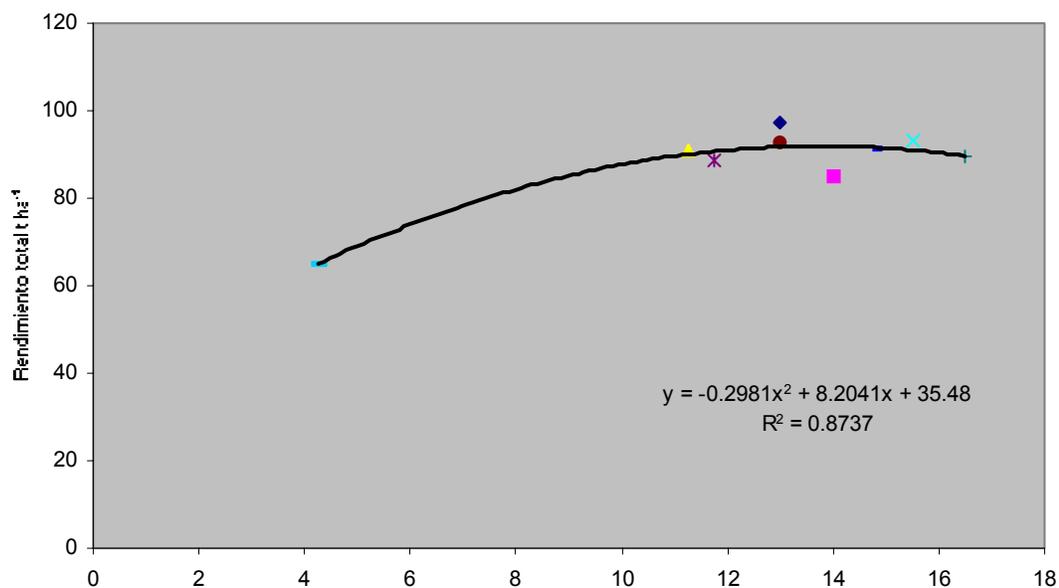


Fig. 7.- Correlación entre el peso seco de planta a los 30 y 45 dds y el rendimiento total, en el cultivo de pepino, ciclo primavera, CIQA 2003.

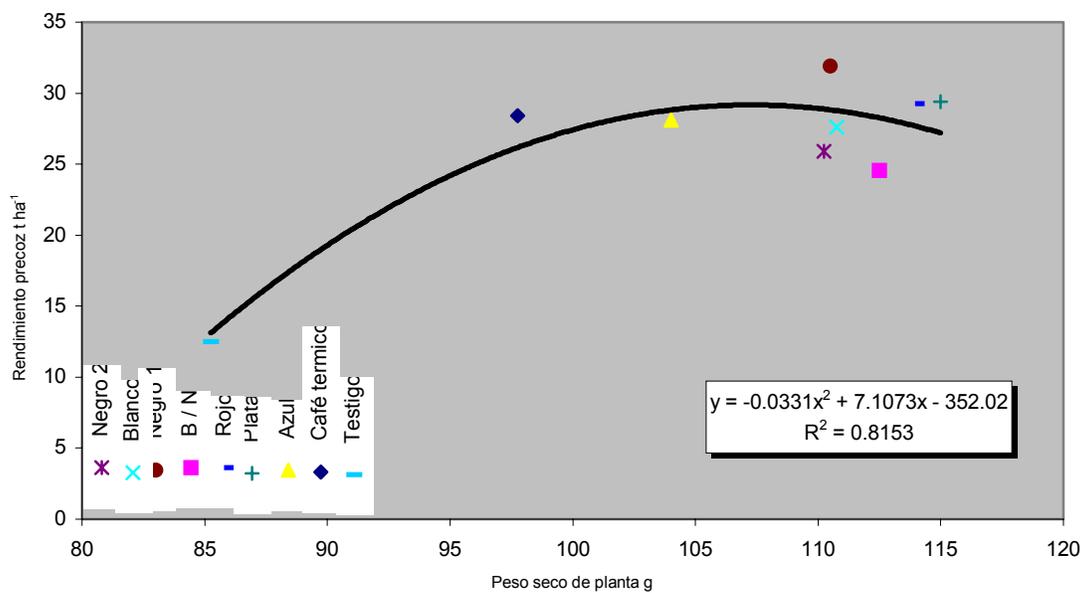
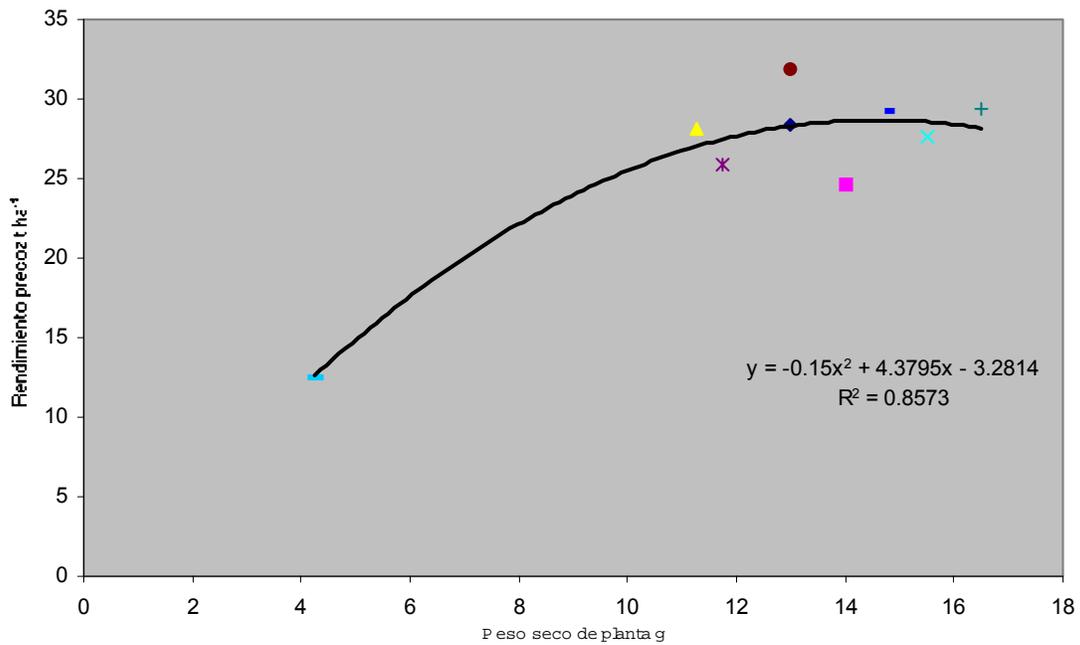


Fig. 8.- Correlación entre peso seco de planta a los 30 y 45 dds y rendimiento precoz, en el cultivo de pepino, ciclo primavera de 2003. CIQA, 2003.

CONCLUSIONES:

- Para el ciclo primavera de 2002 el acolchado café térmico tuvo la mayor area foliar a los 75 dds y la mayor acumulación de unidades calor (UC), aunque no hubo diferencias significativas entre tratamientos para la variable rendimiento total ($P \leq 0.05$). la correlación entre este ciclo y el de primavera de 2003 en UC y rendimiento total se explica con una ecuación cuadrática: $y = -0.0002x^2 + 0.3835x - 65.946$ y tiene un $R^2 = 0.85$
- Para el ciclo primavera de 2003, no hubo diferencias significativas entre tratamientos para el rendimiento total ($P \leq 0.05$), en este ciclo también el café térmico presento la mayor área foliar y tuvo la mayor acumulación de materia seca. La correlación cuadrática entre UC y rendimiento total tiene una $R^2 = 0.93$ las fotosíntesis totales a los 30 y 45 dds presentaron también altas correlaciones cuadráticas con el rendimiento total y al final del cultivo no se presento una alta correlación pero el café térmico tuvo nuevamente el mayor rendimiento total y la mayor fotosíntesis total. La correlación entre el rendimiento total y la temperatura media de suelo a 0.1 m de profundidad tiene un $R^2 = 0.88$ y la ecuación que lo explica es lineal: $y = 8.4972x - 86.214$

- Para el ciclo verano de 2003, el testigo y el acolchado plástico negro 2 (corrugado) muestran diferencias significativas en cuanto a rendimiento total ($P \leq 0.05$), debido a la técnica empleada (doble cultivo), este ensayo no pudo definirse muy bien, pero es el acolchado plástico azul el que presentó la mayor tasa de fotosíntesis total al final del cultivo (60 dds) y su acumulación de UC fue de 875 mientras que el testigo registró 685 y el acolchado plástico negro 2 acumuló 912 UC. En este ciclo los tratamientos negro 2 y café térmico mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en fotosíntesis total a los 60 dds lo que indica que fueron afectados por la elevada acumulación de UC, pues la correlación entre UC y rendimiento total tiene solo un $R^2=0.47$
- En general los tratamientos acolchados plásticos se comportaron mejor que el método tradicional, sobre todo por el ahorro en tiempo a los primeros cortes (cosecha precoz), esto es beneficioso puesto que además es considerable el ahorro en manejo agronómico y la calidad de los frutos se ve muy favorecida.

BIBLIOGRAFIA.

Alexander, P. 1992. Biología. Prentice Hall. New Jersey. Printed in USA: 57-61

Ayari, O.; M. Dorais and A. Gosselin. 2000. Daily variations of photosynthetic efficiency of greenhouse tomato plants during winter and spring. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125 (2): 235-241.

Beadle, C. L; S. P. Long; S. K. Imbamba; D. C. Hall and R. J. Olembó. 1985. Photosynthesis in Relation to Plant Production in Terrestrial environments. Ticooly Publishing Limited. Oxford, England. 156

Benavides, .ET AL 2004. <http://dradalbertobenavides.com/cursor.htm>

Bidwell, R.G.S. 1990. Fisiología Vegetal. AGT Editor. México, D.F.

Bustamante, O. J.; V. A.Gonzales; M. Livera y E. Zavaleta. 1999. Cambios fisiológicos y microclimaticos inducidos en jitomate por una cubierta flotante. Agrociencia 33, 31-39.

Chávez, M. 1989. El acolchado, clave en el Melón. Síntesis Hortícola. Publicación periódica 3(5) :33-34.

Cortés, M. J. M. 2002. Efecto del acolchado plástico de diferentes colores en la fotosíntesis y rendimiento en el cultivo de papa. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. Mex.

Del Angel, R.S. 1997. Comportamiento fenológico del cultivo de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) y su relación con las unidades calor. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. Méx.

- De la Rosa, I. M. 1997. Apuntes de Fisiología Vegetal. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coah. Méx.
- Díaz , J.C. and K.D. Batal. 2002. Colored plastic film mulches affect tomato growth and yield via changes in root-zone temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127(1) 127-136.
- Dwyer, L.M. and D.W. Stewart 1986. Effects of leaf age and position on net photosynthetic rates in maize (*Zea mays*). Agric. For Meteorologic 37: 29-46.
- Estrella, M.A. 2001. Cambios inducidos por el acolchado plástico y las cubiertas flotantes en el rendimiento y fisiología del cultivo de la sandía. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coah. Méx.
- García, C.I y G. Briones. 1986. Manual, Diseño y evaluación de sistemas de riego por aspersión y goteo. División de Ingeniería. Departamento de Riego y Drenaje. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coah. Méx.
- Garcia, G.E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana). 2ª Edición, UNAM, México.
- Gates, D.M. 1980. Biophysical Ecology. Springer-Verlang. New York. 611pp.
- Gil, M.F. 1995. Elementos de Fisiología Vegetal. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.
- Gordon, R.H. y J.A. Barden. 1992. Horticultura. AGT Editor, S.A. México. D.F.
- Guariento, M. 1983. El acolchado en diversas situaciones agroclimáticas. IX Congreso Internacional de Agricultura con Plásticos. 6-12 de noviembre 1983. Guadalajara, Jalisco, Méx.

- Hanna, H.Y. 2000. Black polyethylene mulch does not reduce yield of cucumbers double-cropped with tomatoes under heat stress. Hortscience 35(2): 190-191
- Hatt, H.A.;D.R. Decoteau; D. E. Linvill, 1995. Development of a polyethylene mulch system that changes color in the field. HortScience 30: 265-269.
- Hernández, B. 1992. Análisis de variaciones técnicas y de mercadeo a considerar en la exportación de melón en la comarca Lagunera. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coah. Méx.
- Ibarra, J.L. 2004. Apuntes de la materia "acolchado plástico" de la Especialización en Agroplasticultura. CIQA, Saltillo, Coah. Trimestre enero-abril de 2004.
- Ibarra, J. L.; M.R. Quezada and M. de la Rosa. 2004. The effect of plastic mulch and row covers on the growth and physiology of cucumber. Australian Journal of Experimental Agriculture. 44; 1-4.
- Ibarra, J. L. y A. Rodríguez. 1991. Acolchado de Suelos con Películas Plásticas. Editorial Limusa. 1°Ed. México, D.F.
- Jurik, T.W., J.A. Weber and D.M. Gates. 1984. Short-term effects of CO₂ on gas exchange of leaves of Aspen (*Populus grandidentata*) in the field. Plant Physiology. 75: 1022-1025.
- Kitano, M; M. Hamakoga and A. Eguchi. 1993. Control of evaporative demand on transpiring plants. Control algorithm and performance. Hort. Abst. 63(9): 865.
- López, L. P. 1992. Efecto del acolchado con dos películas plásticas en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) cv. Sprint 440 en el área de influencia de Chapingo. Tesis de licenciatura. Depto de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo de México. México.

- McMichael B.L and J.J. Burke. 1998. Soil temperature and root growth. HortScience 33(6): 947-951.
- Nieto, A.R., D. Nieto y A. Barrientos. 2001. Unidades de medida, símbolos y terminología importantes utilizados en fisiología vegetal. Revista Chapingo Serie Horticultura 7(1):5-20
- Ruiz, J., J. Hernández, N. Castilla and L. Romero. 2002. Effect of soil temperature on K and Ca concentrations and on ATPase and pyruvate kinase activity in potato roots. HortScience 37(2):325-328.
- Ruter, J. M. y L. Dewayne. 1992. High root-zone temperatures influence rubisco activity and pigment accumulation in leaves of "Rotundifolia" Holly. J. Amer. Soc. hort. Sci. 117 (1): 154-157.
- Salisbury B.F. and F.R. Roos. 1992. Fisiología Vegetal. Editorial Interamericana. 1° Ed. México, DF.
- Tindall, J., R. Beverly and D. Raadcliffe. 1991. Mulch effect on soil properties and tomato growth using micro-irrigation. Agronomy Journal. 83(6):1028-1034.
- Urquiza, de A.R., D. Ortega y G.R. Rodes 1998. Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación. Habana, Cuba.
- Vargas, 1999. El acolchado y las cubiertas flotantes en la fisiología y rendimiento de pepino (*Cucumis sativus* L). Tesis de licenciatura. Depto de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. Méx.
- Wolf, D., I. Albrigt and J. Wiland 1989. Modeling Rowcover Effects on Microclimate and Yield. I. Growth Response of Tomato and Cucumber; J-Am-Soc-Hortic - Sci. Vol. 114 :562-568.
- Zapata, M. N. 1989. El melón. Ediciones Mundiprensa. Castello 37, Madrid, España.
- Zobel, R.W. 1992. Soil environment constraints to root growth . adv. Soil sci. 19:27-5

APENDICE

Cuadro 8. Rendimientos promedio obtenidos en el cultivo de pepino, ciclos primavera de 2002, primavera de 2003 y verano de 2003, CIQA, 2003.

| Tratamiento | Rendimiento t ha ⁻¹ | | | |
|-----------------------|--------------------------------|----------|-----------|----------|
| | Precoz | Rezaga | Comercial | Total |
| PRIMAVERA 2002 | | | | |
| café térmico | 20.96 ab | 7.59 ab | 60.18 ab | 67.78 a |
| blanco/negro | 25.29 a | 7.39 ab | 65.01 ab | 72.41 a |
| azul | 26.72 a | 7.90 ab | 57.16 ab | 65.07 a |
| blanco | 28.01 a | 6.40 b | 65.90 a | 72.30 a |
| negro 2 | 24.63 a | 8.61 ab | 57.94 ab | 66.56 a |
| negro 1 | 21.79 ab | 9.12 ab | 51.75 cd | 63.70 ab |
| plata | 21.82 ab | 6.46 ab | 58.61 ab | 65.07 a |
| rojo | 23.06 ab | 9.75 a | 52.25 bc | 62.01 ab |
| testigo | 14.25 b | 8.39 ab | 41.77 c | 50.16 b |
| DMS | 10.02 | 3.33 | 12.88 | 13.96 |
| C.V. | 29.93 | 28.73 | 15.56 | 14.72 |
| PRIMAVERA 2003 | | | | |
| café térmico | 28.40 ab | 19.42 b | 77.74 a | 97.16 a |
| blanco/negro | 24.57 ab | 18.27 b | 66.78 a | 85.05 a |
| azul | 28.09 a b | 27.86 a | 63.00 a | 90.87 a |
| blanco | 27.60 ab | 21.85 ab | 71.43 a | 93.27 a |
| negro 2 | 25.92 ab | 14.60 b | 73.80 a | 88.46 a |
| negro 1 | 31.91 a | 20.93 ab | 71.88 a | 92.82 a |
| plata | 29.40 ab | 20.04 ab | 69.61 a | 89.66 a |
| rojo | 29.26 ab | 18.24 b | 73.04 a | 91.29 a |
| testigo | 12.51 b | 20.19 ab | 44.71 b | 64.90 b |
| DMS | 14.52 | 13.74 | 27.25 | 24.42 |
| C.V. | 37.67 | 28.35 | 16.67 | 11.52 |
| VERANO 2003 | | | | |
| café térmico | 16.20 a | 4.82 | 33.62 ab | 38.45 a |
| blanco/negro | 13.65 ab | 5.64 | 32.58 ab | 38.23 a |
| azul | 17.62 a | 7.04 | 36.61 a | 43.67 a |
| blanco | 16.09 ab | 3.60 | 36.70 a | 40.30 a |
| negro 2 | 15.65 ab | 3.60 | 28.78 ab | 32.38 b |
| negro 1 | 17.05 a | 4.39 | 32.91 ab | 37.31 a |
| plata | 16.73 a | 5.54 | 29.10 ab | 34.64 ab |
| rojo | 14.67 ab | 5.66 | 32.22 ab | 37.88 a |
| testigo | 9.41 b | 4.27 | 26.49 b | 30.76 b |
| DMS | 6.74 | 3.70 | 10.05 | 10.64 |
| C.V. | 30.34 | 51.29 | 21.46 | 19.67 |

Cuadro 9. Área foliar promedio obtenida en el cultivo de pepino ciclos primavera de 2002, primavera de 2003 y verano de 2003.

| Tratamiento | Area foliar cm ² | | | |
|-----------------------|-----------------------------|----------|----------|----------|
| | 30 dds | 45 dds | 60 dds | 75 dds |
| PRIMAVERA 2002 | | | | |
| café térmico | 1184.1 c | 3403 c | 4039 bc | 7283 a |
| blanco/negro | 1696.2 ab | 6624 ab | 6624 ab | 4905 bc |
| azul | 1297.9 bc | 3445 c | 3445 c | 2440 c |
| blanco | 1741.5 a | 3448 c | 3448 c | 6385 ab |
| negro 2 | 1392.2 bc | 3605 c | 3605 c | 5697 ab |
| negro 1 | 1210.7 bc | 3259 c | 3259 c | 4860 bc |
| plata | 1488.4 bc | 7713 a | 7713 a | 3824 bc |
| rojo | 1645.5 ab | 2987 c | 2987 c | 4431 bc |
| testigo | 984.7 c | 3565 c | 3565 c | 2148 c |
| DMS | 537.02 | 2565.4 | 2722.2 | 2871.4 |
| C.V. | 26.19 | 35.94 | 43.39 | 42.18 |
| PRIMAVERA 2003 | | | | |
| café térmico | 737.0 bc | 5012.8 a | 6568.0 a | 12749 a |
| blanco/negro | 815.5 ab | 5361.8 a | 6180.0 a | 8925 bc |
| azul | 662.0 c | 5113.5 a | 5569.3 a | 11144 ab |
| blanco | 870.0 ab | 5340.5 a | 5975.8 a | 10916 ab |
| negro 2 | 668.5 c | 5103.3 a | 6522.8 a | 10039 ab |
| negro 1 | 759.0 bc | 5455.3 a | 5672.0 a | 8439 bc |
| plata | 930.7 a | 5655.0 a | 6214.3 a | 10843 ab |
| rojo | 823.5 ab | 5364.8 a | 6928.0 a | 10310 ab |
| testigo | 270.5 d | 3118.8 b | 5670.8 a | 7543 c |
| DMS | 182.94 | 1784.7 | 1993.7 | 3322.5 |
| C.V. | 17.25 | 23.68 | 22.23 | 22.53 |
| VERANO 2003 | | | | |
| café térmico | 2160.4 a | 7856 ab | 10549 b | |
| blanco/negro | 2046.9 ab | 7917 ab | 12108 b | |
| azul | 2437.5 a | 8980 ab | 19120 a | |
| blanco | 1914.3 ab | 8445 ab | 14600 ab | |
| negro 2 | 2221.4 a | 8044 ab | 10499 b | |
| negro 1 | 2339.2 a | 9192 ab | 15141 ab | |
| plata | 1891.4 ab | 8657 ab | 12253 b | |
| rojo | 2106.9 ab | 9342 a | 15454 ab | |
| testigo | 1297.8 b | 6635 b | 10499 b | |
| DMS | 756.87 | 2627.5 | 5471.3 | |
| C.V. | 25.34 | 21.58 | 27.26 | |

Cuadro 10. Peso seco de planta promedio obtenido en el cultivo de pepino ciclos primavera de 2002, primavera de 2003 y verano de 2003.

| Tratamiento | Peso seco de planta g | | | |
|-----------------------|-----------------------|----------|----------|----------|
| | 30 dds | 45 dds | 60 dds | 75 dds |
| PRIMAVERA 2002 | | | | |
| café térmico | 8.1 bc | 28.1 b | 38.6 ab | 55.8 a |
| blanco/negro | 12.3 a | 51.7 ab | 62.6 a | 42.8 ab |
| azul | 9.4 ab | 34.6 b | 40.6 ab | 35.1 bc |
| blanco | 12.6 a | 46.9 ab | 42.4 ab | 51.3 ab |
| negro 2 | 10.2 ab | 51.9 ab | 29.5 b | 61.5 a |
| negro 1 | 8.7 bc | 58.7 a | 34.3 b | 45.9 bc |
| plata | 10.6 ab | 37.5 ab | 52.5 ab | 52.6 ab |
| rojo | 12.1 a | 43.8 ab | 52.4 ab | 58.2 a |
| testigo | 6.5 c | 34.5 b | 39.9 ab | 31.7 c |
| DMS | 3.96 | 23.9 | 25.88 | 35.61 |
| C.V. | 26.92 | 37.98 | 35.61 | 25.13 |
| PRIMAVERA 2003 | | | | |
| café térmico | 13.0 ab | 97.7 ab | 129.0 a | 230.2 a |
| blanco/negro | 14.0 ab | 112.5 a | 130.7 a | 165.5 ab |
| azul | 11.2 b | 104.0 ab | 111.5 a | 200.7 ab |
| blanco | 15.5 a | 110.7 ab | 124.7 a | 210.2 ab |
| negro 2 | 11.7 b | 110.2 ab | 133.5 a | 188.0 ab |
| negro 1 | 13.0 ab | 110.5 ab | 114.0 a | 154.2 bc |
| plata | 16.5 a | 115.0 a | 120.2 a | 203.7 ab |
| rojo | 14.7 ab | 114.0 a | 140.7 a | 191.7 ab |
| testigo | 4.2 c | 85.2 b | 107.2 a | 130.7 bc |
| DMS | 3.5 | 27.15 | 37.64 | 65.84 |
| C.V. | 18.98 | 17.44 | 20.88 | 24.23 |
| VERANO 2003 | | | | |
| café térmico | 18.1 a | 74.2 ab | 112.2 b | |
| blanco/negro | 16.5 ab | 73.2 ab | 129.3 ab | |
| azul | 18.0 a | 71.8 ab | 171.0 a | |
| blanco | 15.6 ab | 87.2 a | 116.7 b | |
| negro 2 | 15.8 ab | 73.4 ab | 115.6 b | |
| negro 1 | 14.2 b | 68.8 ab | 107.7 b | |
| plata | 15.8 ab | 83.7 a | 146.5 ab | |
| rojo | 13.0 bc | 84.3 a | 126.1 ab | |
| testigo | 8.8 cd | 58.3 b | 95.3 b | |
| DMS | 3.19 | 24.72 | 53.94 | |
| C.V. | 14.44 | 22.58 | 29.68 | |

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), en Saltillo, Coahuila, México, en el ciclo Primavera de 2002, Primavera de 2003 y Verano de 2003, con el objetivo de determinar el comportamiento fisiológico y respuesta en la temperatura de la zona radical del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) variedad Sprint 440 II, bajo acolchados plásticos fotoselectivos.

El ensayo se llevó a cabo en cuatro repeticiones bajo un diseño bloques al azar, en el que se evaluaron nueve tratamientos 1) acolchado plástico café térmico, 2) acolchado plástico blanco/negro, 3) acolchado plástico azul, 4) acolchado plástico blanco, 5) acolchado plástico negro 1 (liso), 6) acolchado plástico negro 2 (corrugado), 7) acolchado plástico plata, 8) acolchado plástico rojo y 9) testigo (suelo desnudo).

Las variables estudiadas fueron: fotosíntesis (en los ciclos primavera y verano de 2003, unidades calor de suelo a 0.1 m de profundidad (en los tres ciclos), área foliar, peso seco de planta y rendimiento (en los tres ciclos).

En el ciclo primavera de 2002, el testigo presentó diferencia significativa respecto a los acolchados en rendimiento ($P \leq 0.05$); la mayor acumulación de unidades calor (UC) al nivel de la zona radical se dió en el acolchado plástico café térmico (521 UC), habiendo sido mayor la acumulación de UC en los colores opacos que en los claros, el acolchado plástico café térmico también obtuvo la mayor área foliar a los 75 días después de siembra (dds), en este ciclo se presentó un evento de tipo natural el cual afectó de manera importante el ensayo.

La mayor tasa fotosintética en el ciclo primavera de 2003 la obtuvo el acolchado plástico café térmico a los 75 dds, también tuvo la mayor acumulación de UC, la mayor área foliar y la mayor acumulación de materia seca a los 75 dds; también fué el testigo el único que presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en rendimiento.

El ciclo verano de 2003 se llevó a cabo utilizando la técnica de double-cropping, solo el testigo y el acolchado plástico negro 2 presentaron diferencias significativas respecto de los demás tratamientos ($P \leq 0.05$) en rendimiento; el testigo presentó la menor acumulación de UC (685), mientras que el acolchado plástico negro 2 (corrugado), la mayor con 912.

Cuadro 11- Datos de las variables fisiológicas evaluadas a los 30 dds en el ciclo primavera 2003 en el cultivo de pepino, con acolchado plástico. CIQA 2003.

| TRATAM. | QNTM $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ | Temp. Aire $^{\circ}\text{C}$ | Hum. Relat. % | Fotosíntesis $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | Cond. Estom cm s^{-1} |
|--------------|--|----------------------------------|------------------|---|-----------------------------------|
| café térmico | 1376.5 | 31.6675 b | 64.735 ab | 18.553 ab | 1.585 |
| blanco/negro | 1035.5 | 31.4725 b | 60.06 ab | 15.51 ab | 1.4475 |
| azul | 1189.7 | 32.5525 ab | 63.44 ab | 24.045 a | 1.45 |
| blanco | 1268.1 | 32.7475 ab | 62.535 ab | 18.545 ab | 1.48 |
| negro 2 | 1498.7 | 33.7425 a | 65.87 a | 17.543 ab | 1.6925 |
| negro 1 | 1090 | 32.75 ab | 61.838 ab | 12.988 b | 1.7075 |
| plata | 1376.5 | 33.72 a | 65.095 ab | 15.95 ab | 1.615 |
| rojo | 1072.6 | 32.25 ab | 61.845 ab | 18.81 ab | 1.515 |
| testigo | 1015.9 | 31.71 b | 60.455 b | 12.913 b | 1.655 |
| SIGNIF | NS | | | | NS |
| DMS 0.05 | 487.85 | 1.9831 | 5.2895 | 8.6065 | 0.3092 |
| C.V. | 27.4 | 4.18 | 5.76 | 34.27 | 13.47 |

Cuadro 12- Datos de las variables fisiológicas evaluadas a los 45 dds en el ciclo primavera 2003 en el cultivo de pepino, con acolchado plástico. CIQA 2003.

| TRATAM. | QNTM $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | Temp. Aire $^{\circ}\text{C}$ | Hum. Relat. % | Fotosíntesis $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | Cond. Estom cm s^{-1} |
|--------------|---|----------------------------------|------------------|---|-----------------------------------|
| café térmico | 997.91 b | 33.0175 b | 59.865 | 15.393 b | 1.970 |
| blanco/negro | 1010.77 b | 33.2225 b | 58.875 | 16.19 ab | 1.938 |
| azul | 1024.82 ab | 33.405 b | 58.69 | 17.273 ab | 1.928 |
| blanco | 1008.45 b | 33.3 b | 60.1125 | 20.66 a | 1.915 |
| negro 2 | 1065.14 a | 34.4925 a | 59.29 | 17.65 ab | 2.073 |
| negro 1 | 1030.85 ab | 33.575 ab | 59.395 | 17.435 ab | 1.980 |
| plata | 1027.9 ab | 33.6475 ab | 59.0875 | 18.388 ab | 1.995 |
| rojo | 1029.86 ab | 33.62 ab | 59.25 | 17.883 ab | 1.988 |
| testigo | 1029.36 ab | 33.64 ab | 59.175 | 18.113 ab | 1.990 |
| DMS 0.05 | 52.296 | 0.9945 | 1.6601 | 4.9317 | 0.1752 |
| C.V. | 3.49 | 2.03 | 1.91 | 19.13 | 3.74 |

Cuadro 13- Datos de las variables fisiológicas evaluadas a los 60 dds en el ciclo primavera 2003 en el cultivo de pepino, con acolchado plástico. CIQA 2003.

| TRATAM. | QNTM $\mu\text{mol m}^{-2}$ s^{-1} | Temp. Aire $^{\circ}\text{C}$ | Hum. Relat. % | Fotosíntesis $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | Cond. Estom cm s^{-1} |
|--------------|---|----------------------------------|---------------------|---|---|
| café térmico | 1322.01 ab | 29.345 b | 63.233 a | 14.31 | 1.527 ab |
| blanco/negro | 1268.27 b | 29.47 ab | 58.913 ab | 9.75 | 1.232 b |
| azul | 1305.74 ab | 30.11 ab | 60.095 ab | 12.955 | 1.33 ab |
| blanco | 1319.51 ab | 30.01 ab | 62.933 a | 12.545 | 1.537 ab |
| negro 2 | 1405.72 ab | 30.5625 a | 61.29 ab | 11.043 | 1.465 ab |
| negro 1 | 1340.55 ab | 30.0625ab | 56.515 b | 13.898 | 1.382 ab |
| plata | 1420.98 a | 30.5475 ab | 58.588 ab | 13.645 | 1.37 ab |
| rojo | 1306.24 ab | 30.4275 ab | 60.82 ab | 12.008 | 1.65 a |
| testigo | 1375.58 ab | 30.375 a | 61.39 ab | 12.545 | 1.595 a |
| SIGNIF | | | | NS | |
| DMS 0.05 | 149.91 | 1.1437 | 5.0368 | 4.5625 | 0.3382 |
| C.V. | 7.66 | 2.6 | 5.71 | 24.96 | 15.93 |

Cuadro 14- Datos de las variables fisiológicas evaluadas a los 75 dds en el ciclo primavera 2003 en el cultivo de pepino, con acolchado plástico. CIQA 2003.

| TRATAM. | QNTM | Temp. Aire $^{\circ}\text{C}$ | Hum. Relat. % | Fotosíntesis $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | Cond. Estom cm s^{-1} |
|--------------|-------|----------------------------------|---------------------|---|---|
| café térmico | 696.6 | 25.177 | 62.868 | 11.875 | 1.725 ab |
| blanco/negro | 750.5 | 25.605 | 61.838 | 11.413 | 1.865 ab |
| azul | 693.2 | 24.950 | 63.388 | 11.533 | 1.8225 ab |
| blanco | 743.1 | 24.837 | 65.865 | 10.868 | 1.845 ab |
| negro 2 | 892.3 | 25.887 | 63.63 | 10.065 | 1.605 ab |
| negro 1 | 699.4 | 25.380 | 64.758 | 11.04 | 2.2975 a |
| plata | 921 | 25.862 | 63.72 | 11.633 | 1.5 b |
| rojo | 644.4 | 24.870 | 63.29 | 11.95 | 1.71 ab |
| testigo | 652.9 | 24.820 | 64.818 | 13.088 | 1.847 ab |
| SIGNIF | NS | NS | NS | NS | |
| DMS 0.05 | 325.4 | 1.5125 | 5.4476 | 3.0492 | 0.7088 |
| C.V. | 29.98 | 4.1 | 5.85 | 18.17 | 26.95 |

Cuadro 15- Datos de las variables fisiológicas evaluadas a los 30 dds en el ciclo VERANO 2003 en el cultivo de pepino, con acolchado plástico. CIQA 2003.

| TRATAM. | QNTM $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | Temp. Aire $^{\circ}\text{C}$ | Hum. Relat. % | Fotosíntesis $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | Cond. Estom cm s^{-1} |
|--------------|---|----------------------------------|---------------------|---|-----------------------------------|
| café térmico | 1684.97 b | 31.555 | 66.505 | 10.925 ab | 1.6025 ab |
| blanco/negro | 1667.01 b | 31.2 | 67.565 | 9.060 ab | 1.54 ab |
| azul | 1695.5 ab | 31.53 | 66.673 | 12.165 ab | 1.6025 ab |
| blanco | 1656.97 b | 31.59 | 67.83 | 8.363 b | 1.6875 ab |
| negro 2 | 1721.89 ab | 31.4275 | 65.23 | 11.308 ab | 1.5275 ab |
| negro 1 | 1664.52 b | 31.34 | 66.69 | 9.798 ab | 1.7975 a |
| plata | 1785.39 a | 31.51 | 66.833 | 10.763 ab | 1.3525 b |
| rojo | 1753.19 ab | 31.41 | 63.848 | 12.36 ab | 1.5075 ab |
| testigo | 1713.75 ab | 31.3675 | 64.81 | 13.48 a | 1.705 a |
| SIGNIF | | NS | NS | | |
| DMS 0.05 | 97.688 | 0.5662 | 4.7779 | 4.5487 | 0.3108 |
| C.V. | 3.92 | 1.23 | 4.94 | 28.56 | 13.38 |

Cuadro 16- Datos de las variables fisiológicas evaluadas a los 45 dds en el ciclo verano 2003 en el cultivo de pepino, con acolchado plástico. CIQA 2003.

| TRATAM. | QNTM $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | Temp. Aire $^{\circ}\text{C}$ | Hum. Relat. % | Fotosíntesis $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | Cond. Estom cm s^{-1} |
|--------------|---|----------------------------------|---------------------|---|-----------------------------------|
| café térmico | 1639.75 | 31.2 b | 62.868 | 13.503 a | 13.503 |
| blanco/negro | 1670.03 | 31.27 b | 63.888 | 11.313 ab | 11.313 |
| azul | 1660.06 | 31.735 ab | 63.99 | 11.805 ab | 11.805 |
| blanco | 1673.78 | 31.88 ab | 63.335 | 12.358 ab | 12.358 |
| negro 2 | 1698.64 | 31.955 ab | 62.885 | 13.95 a | 13.95 |
| negro 1 | 1681.03 | 31.895 ab | 62.265 | 10.373 b | 10.373 |
| plata | 1720.19 | 32.2775 a | 64.255 | 11.553 ab | 11.553 |
| rojo | 1701.61 | 32.0575 ab | 64.41 | 11.535 ab | 11.535 |
| testigo | 1722.97 | 32.1125 ab | 65.715 | 13.950 a | 13.95 |
| SIGNIF | NS | | NS | | NS |
| DMS 0.05 | 87.993 | 0.981 | 4.8165 | 3.0441 | 0.345 |
| C.V. | 3.57 | 2.11 | 5.17 | 17.01 | 16.51 |

Cuadro 17- Datos de las variables fisiológicas evaluadas a los 60 dds en el ciclo verano 2003 en el cultivo de pepino, con acolchado plástico. CIQA 2003.

| TRATAM. | QNTM $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | Temp. Aire $^{\circ}\text{C}$ | Hum. Relat. % | Fotosíntesis $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | Cond. Estom cm s^{-1} |
|--------------|---|----------------------------------|------------------|---|-----------------------------------|
| café térmico | 926.9 b | 27.767 dc | 53.49 a | 11.553 | 0.948 |
| blanco/negro | 1171.6 ab | 27.927 dc | 57.883 a | 11.093 | 0.965 |
| azul | 1257.1 ab | 27.815 dc | 56.78 a | 9.785 | 0.915 |
| blanco | 1032.9 b | 27.395 d | 53.718 a | 9.538 | 0.938 |
| negro 2 | 852.7 b | 27.772 dc | 48.135 b | 9.765 | 0.820 |
| negro 1 | 1261.3 ab | 28.482 bc | 55.47 a | 10.863 | 0.868 |
| plata | 1512.5 a | 29.212 ab | 55.698 a | 11.548 | 0.845 |
| rojo | 1488 a | 29.775 ab | 57.358 a | 12.863 | 0.933 |
| testigo | 1538.7 a | 30.35 a | 55.593 a | 10 | 0.788 |
| SIGNIF | | | | NS | NS |
| DMS 0.05 | 445.91 | 1.4784 | 5.2678 | 3.7058 | 0.2182 |
| C.V. | 24.9 | 3.55 | 6.57 | 23.55 | 16.78 |

