

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**Evaluación de la Asimilación de Bióxido de Carbono del
Chile Morrón Bajo Acolchado Plástico Negro**

**POR:
Yecenia Crucita García Figueroa**

TESIS

**Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Mayo de 2007**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**

**Evaluación de la Asimilación de Bióxido de Carbono del
Chile Morrón Bajo Acolchado Plástico Negro.**

**POR:
YECENIA CRUCITA GARCÍA FIGUEROA**

TESIS

**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador
como requisito parcial para obtener el título de:
Ingeniero Agrónomo en Irrigación.**

APROBADA

El presidente del jurado

Dr. Alejandro Zermeño González

Asesor Principal

Dr. Juan P. Munguia López

Asesor Externo

Ing. M.C. J. Alexander Gil Marín

Asesor

El Coordinador de la División de Ingeniería

Dr. Raúl Rodríguez García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2007.

DEDICATORIA

A mis padres:

Sarvelia Figueroa Aguilar y Enrique García Santizo

Con profundo cariño, amor y respeto a ustedes que me dieron la vida. Con un gran honor a mi padre que a pesar de no estar dentro de mi familia, fue y siempre será un ejemplo, por su dureza y sus consejos.

A ti mamita querida por tus sacrificios para darnos una educación a mis hermanas y a mi, por tus consejos sabios y el apoyo incondicional que siempre me brindas por esa confianza que depositaste en mi, que fue suficiente para seguir adelante y hacer posible mi carrera. Por que eres lo mas maravilloso que tengo, y la fortuna de tenerte a mí lado, te quiero mucho mamá.

Tus brazos siempre se abren cuando necesito un abrazo. Tu corazón sabe comprender cuándo necesito una amiga. Tus ojos sensibles se endurecen cuando necesito una lección. Tu fuerza y tu amor me han dirigido por la vida y me han dado las alas que necesitaba para volar.

A mis Hermanas y Hermanos

Obdulia, Areli, Nelsi, Gloria, Sandra, Rubia, Edgar y Ramón.

A todos ellos con cariño a quienes quiero mucho, por sus valores, enseñanzas y la fortaleza que como familia nos une en los momentos de alegría y tristeza. Todos ustedes hicieron posible una meta más de mi vida

En especial a mis hermanos **Areli y Ramón** Por todo el respaldo económico y moral que me han dado, por la confianza que depositaron en mí, y cuando más los necesito siempre están con migo.

Juan Carlos Méndez Montoya

Por su amor, comprensión y por los momentos de alegría, tristeza, que siempre estuvo con migo, gracias por todo ese apoyo incondicional. Que me motivo seguir adelante y terminar mi carrera con respeto y admiración este logro también es tuyo. Te Amo.

A mis amigos y compañeros de la universidad

Verónica, Regina, Cristóbal, Antonio, Mariano, Tony, Chisco, Vladimir, Rubén, Miguel, José Manuel, Efraín, Hugo, Francisco y todos aquellos que me brindaron su amistad sin esperar nada a cambio, por el apoyo moral y que en cierto modo contribuyeron en este trabajo y a todos mis compañeros de la Generación CII de la especialidad de Ingeniero Agrónomo en Irrigación.

AGRADECIMIENTOS

AL CREADOR DEL UNIVERSO (DIOS) Por darme la vida y por estar siempre conmigo bendiciendo e iluminando mi camino. Gracias señor por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles de mi vida y por darme la oportunidad de vivir en armonía y paz.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (ALMA TERRA MATER), Por sus facilidades brindadas durante mi carrera y a sus maestros que aportaron un valioso tiempo de enseñanzas y herramientas para mi formación como profesionista.

Al Dr. Alejandro Zermeño González. Por brindarme gran parte de su conocimiento y tiempo, aportaciones y sugerencias para la buena presentación de este trabajo.

Al Dr. Juan P. Munguia López, Por las aportaciones brindadas para la buena presentación de este trabajo y al Centro de Investigaciones en Química Aplicada (**CIQA**), por las facilidades brindadas para la realización de esta investigación que contribuye a una mejora en la producción agrícola.

Al Ing. M.C. J. Alexander Gil Marín Por su valiosa colaboración en la revisión de este trabajo así como su participación como miembro del jurado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del fondo sectorial y de investigación en materia agrícola, pecuaria, acuacultura, agro biotecnología y recursos fitogenéticos, a través del proyecto titulado: Modelo en base de los componentes del balance de energía para medir el consumo de agua en los cultivos de tomate, chile y papa, con numero de registro 133 de la convocatoria de SAGARPA 2003-002, por el apoyo recibido.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS	x
I. INTRODUCCIÓN	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1 Descripción y Requerimiento Ambientales del Chile Morrón (<i>Capsicum annuum L.</i>).....	14
2.2 Características botánicas.....	15
2.2.1 a) Clasificación Taxonómica.....	15
2.2.2 b) Composición y Usos.....	16
2.3 Requerimientos Hídricos y Edáficos del Cultivo	17
2.3.1 a) Requerimientos Hídricos.....	17
2.3.2 b) Requerimientos Edáficos.....	17
2.4 Generalidades del Acolchado de Suelos	18
2.4.1 Principales Tipos de Plásticos para Acolchado	19
2.4.2 Plásticos Coextruidos.....	20
2.5 Influencia del Acolchado Sobre la Humedad del Suelo.....	21
2.6 Influencia del Acolchado Sobre la Fertilización y Actividad microbiana del Suelo.....	22
2.7 Influencia del Acolchado Sobre la Temperatura Superficial del Suelo.....	23
2.8 Propiedades Espectrales de los acolchados plásticos.....	25
2.9 Relaciones entre el clima y la asimilación de CO ₂ por las plantas.....	26
2.10 Efecto del acolchado plástico en la tasa de asimilación de bióxido de carbono por los cultivos.....	28

III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1 Ubicación y Características del Sitio Experimental.....	29
3.2 Establecimiento del Experimento	30
3.3 Consideraciones Teóricas	30
3.4 Instrumentación y Mediciones	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	34
4.1 Flujo de bióxido de carbono entre la superficie vegetal y la atmósfera.....	34
4.2 Radiación neta y flujo de bióxido de carbono entre la superficie y la atmósfera.....	40
V. CONCLUSIONES	42
VI. RESUMEN	43
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	44

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 3.1 Dimensión del lote de estudio y ubicación del sistema Eddy.....	32
Fig. 3.2 Sensores principales de un sistema Eddy.....	33
Fig. 4.1 Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) sobre una superficie de chile Morrón con acolchado plástico negro a diferentes horas del día, observado a los 66 días después del trasplante, en Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México	35
Fig. 4.2 Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) sobre una superficie de chile Morrón con acolchado plástico negro a diferentes horas del día, observado a los 69 días después del trasplante, en Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.....	35
Fig. 4.3 Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) sobre una superficie de chile Morrón con acolchado plástico negro a diferentes horas del día, observado a los 77 días después del trasplante, en Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.....	36
Fig. 4.4 Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) sobre una superficie de chile Morrón con acolchado plástico negro a diferentes horas del día observado a los 80 días después del trasplante, en Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.....	36

Fig. 4.5	Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) sobre una superficie de chile Morrón con acolchado plástico negro a diferentes horas del día, observado a los 111 días después del trasplante, en Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.....	37
Fig. 4.6	Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) sobre una superficie de chile Morrón con acolchado plástico negro a diferentes horas del día, observado a los 121 días después del trasplante, en Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.....	38
Fig. 4.7	Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) sobre una superficie de chile Morrón con acolchado plástico negro a diferentes horas del día, observado a los 124 días después del trasplante, en Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.....	39
Fig.4.8	Valores integrados de radiación neta (R_n) y flujo de bióxido de carbono (FCO_2) de las 11:00 a las 16:00 hrs. para diferentes días después de siembra, durante el ciclo de crecimiento del cultivo de chile morrón con acolchado plástico negro, Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.....	41

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 2.1 Propiedades espectrales de los acolchados plásticos al espectro visible.....	26

I. INTRODUCCIÓN

En México, el chile (*Capsicum annuum L*) es uno de los cultivos más importantes por ser parte de la dieta de los mexicanos por lo tanto es el de mayor consumo popular, en cualquiera de sus formas de uso fresco. En nuestro país existe una gran diversidad de chiles de diferentes tipos en cuanto a tamaño, sabor, color y pungencia. Su importancia radica también en la superficie sembrada siendo un total de 92,987 hectáreas; lo que requiere aproximadamente de 120 a 150 jornales por hectárea durante todo el año, esto hace de gran importancia económica las zonas productoras de chile ya que genera una importante fuente de empleo y entrada de divisas al país por concepto de exportación (De Santiago, 1996).

En general el pimiento ocupa el quinto lugar del cultivo hortícola en cuanto a la superficie cultivada, debajo del tomate, cebolla, sandía y coles; y octavo lugar en cuanto a producción total. (Nuez *et al.*1996).

En México los datos de SAGARPA muestran que las producciones de Pimiento y especies con mucha mayor presencia en los mercados de exportación, representa aproximadamente un 20% de la superficie pero sobre todo llevan la delantera en las aplicaciones de tecnología y rendimiento (Rodríguez, 2002)

El proceso biológico más importante de la Tierra es la fotosíntesis de las plantas verdes. A partir de ésta se produce prácticamente toda la materia orgánica de nuestro planeta y se garantiza toda la alimentación de los seres vivos (Ritchie, 1995).

La asimilación de dióxido de carbono con ayuda de la luz, hace que la fotosíntesis sea el proceso central de los modelos de simulación que

estiman el crecimiento y productividad de todas las plantas (Keulen *et al.* 1982).

Las diferencias de asimilación de CO₂ en cada etapa fenológica están relacionadas con el índice de área foliar y con el porcentaje de radiación interceptada. La tasa de fotosíntesis del dosel responde al incremento del índice de área foliar (IAF) por que existe mayor porcentaje de radiación interceptada (Gardner *et al.* 1985).

La tasa de asimilación neta del pimiento se incrementa en 24% durante el periodo de amarre de los primeros frutos, entre los 40 y 70 días después del transplante cuando ocurre el crecimiento rápido de los frutos (Zabri y Burrage 1997).

La tasa de fotosíntesis del dosel es mayor en las plantas manejadas con densidades altas y despunte (poda), que en densidades sin despunte (poda) debido al mayor índice de área foliar que conduce a mayor porcentaje de intercepción de radiación fotosintéticamente activa por el dosel (Gardner *et al.* 1985).

Nederhoff y Vegter (1994) calcularon la tasa de fotosíntesis del dosel a largo plazo en Chile Morrón; en otoño (IAF = 2.7) fue 0.83 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹, y en primavera (IAF = 2.8) alcanzo 1.37 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹.

El acolchado de suelo se ha empleado principalmente, debido a que se han encontrado en muchas investigaciones efectos favorables que influyen notablemente en la planta y en el suelo, creando un microclima que amortigua los cambios de temperatura del mismo, reduce la evaporación del agua, además es eficiente en control de las malezas. (De La Rosa *et al.*, 1999).

La actividad microbiana, sobre todo en el proceso de transformación, favorece la producción de anhídrido carbónico (CO_2) bajo el polietileno, se ha observado que su efecto es cuatro veces mayor que en un terreno descubierto, esto es ocasionado por el estado físico, la humedad y temperatura del suelo, factores que son altamente influenciados por el acolchado (Ibarra, 1997).

La película plástica que es casi impermeable al gas, modifica el intercambio gaseoso recíproco entre el aire y el suelo. Como efecto del acolchado, las raíces liberan CO_2 y se acumula bajo el acolchado y se canaliza a través de las perforaciones concentrándose alrededor de la planta, la pequeña cantidad de CO_2 liberado debe promover mayor actividad fotosintética (Serrano, 1990).

Adicionalmente la presencia de la película restringe la difusión de vapor de agua y CO_2 desde el suelo hacia la atmósfera consiguiéndose de esa manera un microambiente adecuado para el crecimiento de las plantas (Benavides, 2002).

OBJETIVO:

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del acolchado plástico color negro en la asimilación de bióxido de Carbono (CO_2) de Chile Morrón y su relación con la etapa de desarrollo y los flujos de energía.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Descripción y Requerimiento Ambientales del Chile Morrón (*Capsicum annuum L.*)

Los requerimientos climáticos favorables para el cultivo del chile, son los climas calurosos, en los que la temporada de crecimiento es larga y con pocos peligros de heladas, su humedad relativa óptima es entre 50 y 70 por ciento, El pimiento se adapta y se desarrolla en suelos con pH desde 6.5 a 7, por arriba o debajo de este rango nos es recomendable su siembra, por que puede traer consecuencias negativas en la disponibilidad de los nutrientes del suelo (Cano, 1994).

Guenko, (1983), la temperatura del suelo requerida para la germinación de las semillas de chile es de 15°C como mínima, la máxima es de 35°C y la óptima 29°C, por otro lado; Núñez *et al.* 1996, señalan que si las temperaturas del suelo se encuentran entre 0 y 10°C no hay germinación, mientras que a 15°C las semillas tardan 25 días en germinar, a los 20°C tardan 13 días, de 25 a 30°C tardan ocho días, en tanto que a los 35°C la germinación empieza a los nueve días y 40°C o más, no germina.

La temperatura ambiente para su desarrollo es de 18 a 26°C durante el día, mientras que por la noche, su temperatura óptima es de 15 a 18°C, deteniendo su crecimiento a temperaturas menores de 10°C., altas temperaturas provocan caída de las flores y/o frutos. (Guenko, 1983).

2.2 Características botánicas

2.2.1 a) Clasificación taxonómica

Janick, (1965). El pimiento pertenece a la familia Solanácea, la cual incluye otras plantas de gran importancia económica como es: La Papa, el Tomate, el Jitomate, el Tabaco, etc.

División ----- Angiospermae
Clase ----- Dicotyledonae
Subclase ----- Metachlmydeae
Orden ----- Tubiflorae
Familia ----- Solanaceae
Género ----- Capsicum
Especie----- annum L.

Zapata et al. 1988, hacen la siguiente descripción botánica de la planta de pimiento morrón:

Raíz.- El sistema radical de esta planta es pivotante y profundo que puede llegar de 70 hasta 120 cm, provisto y reforzado de un número elevado de raíces adventicias.

Tallo.- Es de crecimiento limitado y erecto, con una parte que en termino puede variar entre 0.5 y 1.5 m. Cuando la planta adquiere una cierta edad, los tallos se lignifican ligeramente.

Hojas.- Son lisas, enteras, ovales, con un ápice muy pronunciado y un pecíolo largo o poco aparente.

Fruto.- Es una baya semicartilaginosa, no jugosa y moderadamente grande, que tiene como características la de no ser picante, sino dulce. Se compone del pericarpio, el endocarpio y las

semillas, la forma puede ser alargada tortuosa cónica y globular con 2,3 y 4 lóbulos por fruto, siendo los de mejor calidad los de cuatro lóbulos.

Semilla.- Redondeada y ligeramente reniforme, suele tener 3 -5 mm de longitud, se insertan sobre una placenta cónica de disposición central, y son de un color amarillo pálidas.

2.2.2 b) Composición y usos

Los frutos son cosechados en distintos estados de madurez dependiendo del cultivar y su uso, por lo que la composición puede ser muy variable. En la composición del pimiento verde, destaca su alto contenido de ácido ascórbico, valor que incluso es superior al de los cítricos; los ajíes presentan un valor casi 10 veces más alto de Vitamina A que los pimientos y, además, son de elevada pungencia, aspecto que los caracteriza. En la placenta y septas de los ajíes principalmente, se ubican unas glándulas o receptáculos ricos en alcaloides (capsacinoídes), entre los que prevalece la capsicina, que determinan el grado de pungencia del fruto. La pungencia del fruto es variable según el cultivar y el método tradicional de estimarla es la determinación del valor recíproco de la dilución máxima que permite detectar pungencia al gusto; el resultado se expresa en Unidades Scoville (US), en honor del inventor del método. Algunos ejemplos de valores promedio que demuestran la gran variación en pungencia entre cultivares son: Pimientos entre 0 (no detectable) a 100 US, cv. Ortega 1.000 uS, cv. Jalapeño entre 4.000 a 6.000 uS, cv. Cayena entre 30.000 a 50.000 uS y cv. Habanero 200.000 a 350.000 uS. Los usos de los frutos naturales o procesados de *Capsicum annum L.* son múltiples. Aparte del consumo en fresco, cocido, o como un condimento o "especia" en comidas típicas de diversos países, existe una gran gama de productos industriales que se usan en la alimentación humana: congelados, deshidratados, encurtidos, enlatados, pastas y salsas. Además, un uso de significación en Chile, es como materia prima para la obtención de colorantes y de oleoresina para fines industriales (De Santiago, 1996).

2.3 Requerimientos Hídricos y Edáficos del Cultivo

2.3.1 a) Requerimientos hídricos: El manejo del agua durante el ciclo del cultivo, es preponderante pues se le confiere gran ascendencia sobre algunas enfermedades, debido a lo anterior y a la premisa de aumentar los rendimientos, disminuyendo el riesgo de pérdidas, se ha trabajado considerablemente en la búsqueda de una relación riego, prácticas culturales, que minimice las pérdidas parciales o totales. Cabe señalar el avance sorprendente del uso de plásticos en las hortalizas y en el cultivo del chile ha tenido una aceptación sorprendente y que ha acrecentado el número de hectáreas bajo acolchado, principalmente en el aumento del rendimiento, mayor precocidad, floración y recolección, mayor crecimiento vegetativo; la eficiencia del uso del agua en acolchado es mayor, teniéndose una correlación entre mayor producción menor lámina de agua consumida. (Norma, 1980).

Burgueño, (1997), menciona que en general es conveniente aplicar un riego cada 20-25 días con una lámina de 10 a 12 cm, a excepción del riego de trasplante que requiere una lámina de 20 cm, es conveniente realizar de 7 a 9 riegos de auxilio durante el desarrollo del cultivo, realizándose de 3 a 4 riegos para llegar a floración e inicio de formación de frutos y de 3 a 5 riegos en el periodo de formación de frutos y cosechas de frutos. La frecuencia de los riegos puede ser variable dependiendo de la zona, tipo de suelo y de las condiciones climáticas, así como de la edad de la planta.

2.3.2 b) Requerimientos edáficos: (Burgueño, 1997), menciona que el Pimiento morrón requiere suelos profundos y livianos, con buen drenaje y fertilidad media. Las plantas muestran un crecimiento normal cuando el pH del suelo está entre 5.5 y 6.8, con un contenido en materia orgánica del 3-4%. Los valores de pH óptimos oscilan entre 6.5 y 7, aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5.5);

en suelos enarenados puede cultivarse con valores de pH próximos a 8. En cuanto al agua de riego el pH óptimo es de 5.5 a 7.

No es recomendable sembrar pimiento en terrenos donde anteriormente se han sembrado otras solanáceas. Lo ideal sería rotar la siembra de pimiento, con dos ciclos de siembra de plantas gramíneas. Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, aunque en menor medida que el tomate (Janick, 1965).

2.4 Generalidades del Acolchado de Suelos

Las aplicaciones de los materiales plásticos en las actividades agrícolas a partir de los años 40 y 50' s, inició una revolución que modificó considerablemente el curso de la producción tecnificada de las hortalizas, frutales y plantas ornamentales entre otros. En los años siguientes se han logrado notables mejoras tecnológicas que aplicaron la durabilidad, rentabilidad de los materiales y el incremento en los rendimientos, en la actualidad se están aplicando en nuestro país 92,987 hectáreas lo que requiere aproximadamente de 120 a 150 jornales por hectárea durante todo el año, esto hace de gran importancia económica las zonas productoras de Chile ya que genera una importante fuente de empleo y entrada de divisas al país por concepto de exportación(De Santiago, 1996).

El uso de acolchados, es una práctica que consiste en cubrir las camas, surcos ó simplemente el suelo a través de plásticos, los cuales pueden ser de color gris, transparente, negro, plateado etc., la selección del color básicamente depende del objetivo por el cual se está usando y por supuesto tiene que ver la época del año y la altura sobre el nivel del mar. Las ventajas que ofrecen los acolchados son: reducir la evaporación intensa del agua del suelo, protección al frío, control de malezas,

incrementan la producción, adelanto de cosechas y control de plagas y enfermedades (Ibarra y Rodríguez, 1991).

El uso de plásticos en la agricultura, lejos de constituir sistemáticamente un factor de agravación, puede desempeñar un papel esencial en el control de malas hierbas, en la protección contra los insectos, en la destrucción de agentes patógenos del suelo (Illic, 1992).

Las películas plásticas se dividen según su composición y dentro de cada familia se clasifican según sus características y aditivos empleados en su fabricación. Puesto que las plantas son más receptivas a ciertas longitudes de onda que a otras, es importante conocer las características relativas a la transmisión de luz. Los vegetales sitúan la mayor parte de la absorción de la radiación solar en las franjas de los colores rojo y azul (Ediño, 1999).

El acolchado de suelos tiene como objetivo producir elevada temperatura de manera que aumente la actividad y el crecimiento de las raíces de la planta, la cual producirá cierta precocidad y rendimiento de las cosechas según el tipo y el color del plástico que se emplee para cubrir el suelo (Robledo y Martín, 1988).

2.4.1 Principales Tipos de Plásticos para Acolchado

Películas plásticas transparentes

El plástico transparente tiene la propiedad de transmitir más del 80% de los rayos solares recibidos, lo cual provoca un notable calentamiento del suelo que cubre durante el día, permitiendo el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia el follaje del cultivo por las noches, protegiendo a las plantas de las bajas temperaturas. Estos plásticos son recomendados para su uso en cultivo de zonas frías y para desinfección de suelos durante los meses más calurosos (solarización).

Los plásticos para solarización también pueden utilizarse como acolchados después de cumplir su función, estos plásticos dan precocidad al cultivo (Levecchia, 1994).

Películas plásticas Negras.

Este tipo de conducción absorbe gran cantidad del calor recibido y lo transmite por radiación hacia el suelo y a la atmósfera, sin embargo debido a este fenómeno, el suelo se calienta poco, en cambio la superficie de la película se calienta demasiado pudiendo provocar quemaduras en la parte aérea de las plantas jóvenes en meses más calientes (verano). Su uso se recomienda ampliamente para el control de malezas y para obtener mayor rendimiento y precocidad en algunos cultivos (Angulo, 1988).

2.4.2 Plásticos Coextruidos

Películas Blanco / negro

El color negro absorbe la mayor parte de la radiación solar aumentando su temperatura pero no la transfiere al suelo. Con la temperatura del suelo la flora microbiana se activa acelerando los procesos químicos de transformación de los compuestos orgánicos e inorgánicos del suelo. Al disminuir la frecuencia de riego, los compuestos nitrogenados de fácil lavado se mantienen por más tiempo. El acolchado blanco se recomienda para los meses más calurosos ya que tienen la cualidad de mantener el suelo fresco, además tiene la propiedad de brindar una excelente reflexión de luz por el lado blanco e impidiendo el paso de la luz por el lado negro, evitando el desarrollo de malezas por debajo del plástico. El resultado son cosechas más abundantes y de mayor calidad (Orzolek, 1996).

Películas plata / negro

Esta película tiene gran reflexión foto lumínica hacia el follaje de la planta, incrementando el proceso de fotosíntesis y alejando los insectos. La transmisión de luz al suelo es mínima, por lo tanto, evita el

calentamiento excesivo del suelo y el desarrollo de malezas debajo de la película. Produce gran precocidad, rendimiento y calidad de las cosechas (Díaz-Pérez, 2002).

Películas blanco / plata

Estas películas transmiten al suelo del 40 al 70% de la luz recibida, por lo tanto, tienen la propiedad de calentar el suelo más que el negro y menos que el transparente, este material es efectivo para los meses templados ya que la reflexión de luz de los plásticos plata y blanco reflejan la luz solar proporcionando luz en ambas partes de la hoja, con lo cual se estimula la fotosíntesis, también se mejora la calidad de los frutos y se obtienen cosechas más tempranas (Levecchia, 1994).

2.5 Influencia del Acolchado Sobre la Humedad del Suelo

La economía del agua con el acolchado es substancial, todas las reservas existentes son aprovechables y consecuentemente los nutrientes en los cultivos son más regulares y constantes (Ibarra, 1997).

La cantidad de agua bajo el plástico es generalmente superior a la del suelo, salvo en el momento inmediatamente posterior a la lluvia. Al emplear acolchado plástico existe una pérdida de agua solo que esta es por percolación, ya que con el acolchado reduce la evaporación casi totalmente. El movimiento de agua en el suelo presenta una considerable diferencia, en la asociación con los gradientes de temperatura que se presentan bajo los diferentes tipos de películas plásticas. Ibarra y Rodríguez 1991, mencionan que el acolchado retiene gran parte de la humedad del suelo, la cual es indispensable para el desarrollo del cultivo y dadas las características de impermeabilidad, reducen considerablemente la evaporación del agua que hay en el suelo.

La aplicación de acolchado ayuda a conservar un 27 – 31 % de la humedad y aumenta también la producción. En condiciones climáticas semiáridas la aplicación de acolchados de plástico puede ahorrar hasta

un 50% del agua de riego para obtener una producción equivalente a otra a un suelo sin acolchado (Pawar, 1990).

2.6 Influencia del acolchado sobre la fertilización y actividad microbiana del suelo

La pérdida de nutrientes en el acolchado es casi nula, porque no hay lixiviación ni percolación por lluvia. La actividad microbiana del terreno esta influenciada por el estado físico del suelo, la humedad y la temperatura del suelo. La actividad microbiana, durante la descomposición de la sustancia orgánica, favorece la producción del anhídrido carbónico, que es mucho mayor bajo el acolchado. La temperatura y la humedad del suelo, en asociación con la naturaleza físico - química de este ultimo, condicionan la actividad de la flora microbiana y la reacción bioquímica y química del terreno, influyendo decididamente en sentido positivo o negativo, sobre la nitrificación y el abono nítrico queda a disposición de la planta en gran parte y no hay lavados por percolación bajo un acolchado (Ibarra, 1997).

La temperatura y humedad del suelo también son incrementadas debido a la cobertura de polietileno que favorece una mayor asimilación y absorción nitrógeno y fósforo de la materia orgánica del suelo. Además también mencionan que la temperatura creada por el plástico es adecuada y más uniforme, con lo cual se tiene una descomposición más rápida de la materia orgánica y liberación de los nutrientes para el desarrollo del cultivo. Adicionalmente, al estar protegido el terreno, factores como el viento y las lluvias no erosionan el suelo y los fertilizantes disponibles no son arrastrados a profundidades donde no puedan llegar las raíces. Se elimina casi por completo las pérdidas de nitrógeno por lavado de suelo.

Así mismo con la temperatura y la humedad óptima que se consigue bajo el acolchado, se incrementa el desarrollo de los microorganismos que trabajan en beneficio de la fertilidad del suelo por lo

que existe mayor cantidad de fósforo asimilable en las capas superiores del suelo. (Hanada, 1991)

La actividad microbiana, sobre todo en el proceso de transformación, favorece la producción de anhídrido carbónico bajo el polietileno, se ha observado que su efecto es cuatro veces mayor que en un terreno descubierto, esto es ocasionado por el estado físico, la humedad y temperatura del suelo, factores que son altamente influenciados por el acolchado (Ibarra, 1997).

El intercambio gaseoso entre el aire y el suelo también es modificado por las películas plásticas ya que el CO_2 liberado por las raíces se acumula debajo del plástico y se difunde hacia la parte aérea de la planta a través de las perforaciones del plástico. La cantidad de CO_2 disponible para las hojas varía de acuerdo a los factores climáticos, condiciones de humedad, así como la estructura del suelo (Serrano, 1990).

2.7 Influencia del Acolchado Sobre la Temperatura Superficial del Suelo

El plástico transmite al suelo la energía calorífica recibida del sol durante el día, produciendo el efecto térmico. Durante la noche el polietileno limita la fuga de las radiaciones IR (energía calorífica creada por el plástico y las plantas) y mantiene la temperatura durante la noche, es un aislamiento entre el suelo y la atmósfera que está en función del color y grosor del material lo cual es aprovechado por las raíces de la planta. El uso de acolchado plástico en el suelo influye notablemente en el incremento de la temperatura, siendo menor la fluctuación en suelos arcillosos y húmedos que en suelos arenosos y secos (Hanada, 1991; Lamont, 1993).

También la temperatura del suelo es importante, ya que controla los procesos implicados desde la producción de la plántula donde afecta la germinación de la semilla, el crecimiento y desarrollo de la planta. La temperatura bajo un acolchado con PE negro promedió 5.7 y 3.4°C más que aquellas bajo acolchado orgánico con Arveja (*Vicia villosa*) a 5 y 15 cm de profundidad respectivamente, en el cultivo de tomate (Vuelvas y Díaz, 1995).

Así mismo el efecto que el acolchado ejerce sobre la temperatura del suelo depende de la coloración y de la composición química del plástico. Para que el incremento de la temperatura sea relevante es necesario que la superficie acolchada sea lo suficientemente amplia, debiendo medir como mínimo un metro de ancho. La temperatura creciente de la zona de la raíz (TZR) es una de las ventajas principales asociadas al uso de acolchados plásticos de colores (Wien, 1997).

La temperatura del suelo bajo un acolchado plástico depende de las propiedades ópticas (reflectancia, absorbancia o transmitancia) de un material particular en relación con la radiación solar (Lamont, 1999).

La temperatura de la superficie del suelo sigue estrechamente las variaciones de la temperatura del aire, pero se ha determinado, que a través de las coberturas con películas plásticas se atenúan las variaciones diarias y estacionales de las temperaturas (Wien, 1997).

El control microambiental se obtiene al seleccionar las características de la película con mayor impacto sobre el factor ambiental específico, como es con la variación y magnitud de la temperatura del suelo cuando se cubre con la película de acolchado de diferentes colores, ocurre porque el color modifica la cantidad de radiación reflejada (reflectancia), transmitida (transmitancia) y absorbida (absorbancia), por el material (Benavides, 2002).

La modificación de la temperatura del suelo, está en función del tipo de acolchado que se utilice. Durante el día, el plástico transmite al suelo las calorías recibidas del sol, mientras que por la noche detiene en cierto grado, el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia la atmósfera, para que el efecto del acolchado sobre la temperatura del suelo sea relevante se necesitan superficies acolchadas suficientemente amplias, por lo que la anchura mínima del acolchado no debe ser menos de un metro (Robledo y Martín, 1988).

2.8 Propiedades Espectrales de los acolchados plásticos

Las propiedades fotométricas y temperaturas superficiales de los acolchados plásticos, afectan el ambiente superficial de las plantas. En un primer experimento de laboratorio realizado por Ham *et al.* (1991), para medir los valores medios de las propiedades ópticas como transmitancia, reflectancia y absorbancia de onda corta de los diferentes materiales de acolchado plástico en donde se midió la emisividad térmica en cada plástico. La reflectancia de onda corta de los diferentes materiales alcanzaron de 40 a 48 por ciento, y emisividad entre 32 y 92. Las temperaturas superficiales de algunos acolchados alcanzaron los 64.3 °C bajo un cielo claro y excedieron la temperatura del aire por 25 °C aproximadamente en períodos críticos. La temperatura superficial de los acolchados frecuentemente difirieron por 20 °C cerca del medio día. Un modelo de balance de energía en una hoja fue desarrollado para simular el efecto de las características espectrales y térmicas del acolchado sobre el ambiente de las hojas. Los datos fotométricos y temperaturas superficiales de los diferentes acolchados fueron utilizados como entrada al modelo. Los resultados simulados indicaron que las diferencias en las propiedades del acolchado pueden causar temperaturas diferentes en la hoja por 2 °C y variar el uso del agua diario por 10 por ciento. Los resultados preliminares sugieren que los acolchados con alta reflectancia de onda corta y emisividades térmicas mayores, pueden incrementar el estrés hídrico. Por lo tanto, la influencia de las propiedades ópticas de los

acolchados sobre el medio ambiente superficial de las plantas, deben ser considerados cuando se utilicen y desarrollen plásticos para la agricultura (Ham *et al*, 1991).

La exportadora de Plásticos Agrícolas, S.A. de C.V. muestra en la Cuadro 2.1 el color de acolchados plásticos y las propiedades espectrales correspondientes de los mismos.

Color	Reflexión (%)	Transmisión (%)	Absorción(%)
Transparente	10.6	84.5	4.9
Blanco	31.3	38.1	30.6
Café rojizo	12.7	33.5	53.8
Aluminio	39.1	4.4	56.5
Negro	3.5	0.7	95.8

Cuadro 2.1. Propiedades espectrales de los acolchados plásticos al espectro visible.

2.9 Relaciones entre el clima y la asimilación de CO₂ por las plantas

Iglesias y Carlos, (1994) mencionan que los factores que influyen en la asimilación de dióxido de carbono por las plantas son:

a) La Intensidad y longitud de onda de la luz. Ya sabemos que los carotenos y las clorofilas de los fotosistemas absorben fotones de una determinada longitud de onda. Por lo tanto, si se ilumina una planta con luz

de longitud de onda inadecuada o con una intensidad insuficiente, la fotosíntesis no podrá realizarse y la planta no se desarrollará.

b) Temperatura. La fotosíntesis, como todo proceso químico, está influenciada por la temperatura, ya que por cada 10° C de aumento de temperatura, la velocidad se duplica. Ahora bien, un aumento excesivo de la temperatura desnaturalizará las enzimas que catalizan el proceso y se producirá un descenso del rendimiento fotosintético.

c) Concentración de CO_2 . Si el resto de los factores se mantiene constante, un aumento en la cantidad de CO_2 existente aumentará el rendimiento de la fotosíntesis hasta llegar a un valor máximo por encima del cual se estabilizará.

El CO_2 se encuentra en el aire en una concentración del 0.03% al 0.04% (300 /400 ppm) aproximadamente, y las plantas lo usan junto con el agua (H_2O) y la luz del sol o la artificial para que, a través de la fotosíntesis, fabrique glucosa y oxígeno (éste último como subproducto), que es la fuente de energía de las plantas.

d) Concentración de O_2 . Un aumento en la concentración de O_2 inhibe la fotosíntesis.

La temperatura afecta la actividad metabólica celular, la absorción de agua y nutrientes, el intercambio gaseoso, la producción y consumo de carbohidratos y reguladores del crecimiento, entre otros (Yamamoto, 2005)

El CO_2 puede aumentar el tamaño de las plantas al doble en una atmósfera normal; con un exceso moderado de CO_2 , soportarán temperaturas más altas de las normales, a la vez que aumentará su capacidad metabólica y el rendimiento en general. El CO_2 aumenta considerablemente la eficiencia fotosintética de las plantas, con una mayor producción de carbohidratos (Bhatt 1997).

Tarara, (2000) indica que con las plantaciones menos densas, crean cosechas escasas. Por lo tanto, las interacciones ambientales en la mayoría de las cosechas hortícolas influyen entre la planta y el suelo expuesto así como entre la planta y la atmósfera.

2.10 Efecto del acolchado plástico en la tasa de asimilación de bióxido de carbono por los cultivos.

Beerling (1996), menciona que la tasa de fotosíntesis depende de los siguientes factores:

1. Concentración de dióxido de Carbono
2. Intensidad de luz
3. Abundancia de clorofila
4. Temperatura del ambiente

La respiración y la fotosíntesis son dos procesos biológicos completamente independientes; sin embargo, desde el punto de vista del intercambio de gases y de la energía son inversos y complementarios (Beukema, 1990).

Snyder (2004), estudió los componentes de energía y los flujos de CO₂ sobre la vegetación y encontró que los valores de flujo de bióxido de carbono durante el día se mantuvieron en un promedio de entre 8 y 15 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Paúl (1985), menciona, que durante el día la fotosíntesis es más intensa que la respiración; Por lo tanto, las plantas producen más oxígeno que el que consumen y toman del aire más dióxido de carbono que el que producen.

Li *et al.* (1999). Reportaron que el acolchado plástico incrementa la tasa de fotosíntesis en la etapa vegetativa del trigo de ciclo de primavera, con respecto a las plantas sin acolchado plástico.

William y Lamont (1991) reportaron que el acolchado plástico puede tener un efecto de chimenea, ya que las películas de polietileno son impermeables al bióxido de carbono y la única salida del bióxido de carbono que se genera en el suelo es a través de las perforaciones para siembra. El bióxido de carbono que fluye por las perforaciones del plástico, puede ser aprovechado por las plantas.

Ibarra-Jiménez *et al.* (2004). Las plantas de sandía (*Citrullus vulgaris*) fueron cultivadas con acolchado plástico y sin acolchado para estudiar su efecto sobre fotosíntesis y el rendimiento. Y encontraron que, el número de hojas por la planta explica los cambios en la producción y la tasa neta de la fotosíntesis. El aumento en la conductancia estomatal explica el aumento en la tasa fotosintética.

Ibarra-Jiménez *et al.* (2004), encontraron que la fotosíntesis esta correlacionada positivamente con la producción total, sugiriendo que los cambios en la producción del pepino sembrado bajo 8 colores de acolchado plástico, se deben en parte al aumento en la fotosíntesis y la temperatura del suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y Características del Sitio Experimental

El trabajo experimental se realizó en el rancho Santa Rita, municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, ubicado a 40 km al norte de Coahuila. Las coordenadas geográficas del sitio son: 25° 40' 50" de latitud N, 101° 07'25" de longitud O y una elevación de 1140 m.

El clima de la región es semiseco templado, la temporada de lluvias se presenta en primavera y verano, con un rango de 300 a 400 mm anuales. La temperatura media anual oscila entre 14 y 18 °C y los vientos predominantes son de dirección norte y velocidad promedio de 22.5 kmh⁻¹

3.2 Establecimiento del Experimento

El sitio de estudio corresponde a una superficie de aproximadamente 10 has recién desmontada e incorporada a la agricultura. En esta superficie se delimitaron 3 has; 100 m en la dirección este-oeste y 300 m en la dirección norte-sur, donde se establecieron camas de un ancho promedio de 0.67 m (dirección norte-sur), que se acolcharon con una película de polietileno negro, el ancho promedio de los pasillos fue de 1.10 m. Las plántulas se transplantaron el 8 de Marzo, 2006 a doble hilera en arreglo triangular a una distancia de 0.30m.

La irrigación del cultivo se realizó con un sistema de riego por goteo con cintilla de riego por goteo, colocado por debajo del acolchado plástico. Los riegos se aplicaron a una frecuencia promedio de 3 días. El gasto de aplicación fue de 325 L h⁻¹ /100 m, el tiempo promedio de riego fue de 6 h, de tal forma que para el ancho de camas considerado, se aplicó una lamina promedio de 10mm por riego. El control de plagas y enfermedades se realizó siguiendo las normas establecidas para la región y no se tuvieron problemas que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas.

3.3 Consideraciones Teóricas

La ecuación 1 describe la radiación neta (Rn) sobre una superficie vegetal.

$$R_n = (1 - \alpha) R_{sw} + R_{lw} - \epsilon \sigma T_s^4 \quad (1)$$

Donde:

α = Índice de reflectividad de la superficie a la radiación solar total (albedo).

R_{sw} = Radiación solar total incidente (wm^{-2})

R_{lw} = Radiación atmosférica. (wm^{-2})

ε = Emisividad de la superficie, (wm^{-2})

σ = Constante de Stefan Boltzman ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$) y (wm^{-2})

T_s = Temperatura absoluta de la superficie en °K.

Cada color y formulación físico-química de los acolchados plásticos tendrá un efecto diferente en el valor de α y T_s, lo que modificara la radiación neta sobre la superficie vegetal. Posteriormente, R_n se convierte en otras formas de energía, de acuerdo con la Ecuación 2.

$$R_n = H + LE + G + S + PH \quad (2)$$

Donde:

H = Flujo de calor sensible, (wm^{-2})

LE = Flujo de calor latente, (wm^{-2})

G = Flujo de calor en la superficie del suelo, (wm^{-2})

S = Energía almacenada o liberada por cambios de temperatura en la capa (aire y vegetación) en wm^{-2}

PH = Energía utilizada en el proceso de fotosíntesis. (wm^{-2})

Nuevamente, las diferencias en las propiedades espectrales de los acolchados plásticos afectaran la radiación reflejada y la temperatura de la superficie. Esto tendrá efecto en todos los componentes del balance de energía, incluyendo la asimilación de bióxido de carbono (PH). Dicho efecto cambiara a medida que el cultivo se desarrolla, ya que el crecimiento de la planta tendrá un efecto de sombreo parcial de la cama.

3.4 Instrumentación y Mediciones

Los flujos de calor sensible, latente y bióxido de carbono se midieron con un sistema Eddy, colocado en el extremo sur del lote experimental (Figura 3.1) a una altura de un metro sobre el dosel de las plantas. Para el análisis, únicamente se consideraron vientos con una velocidad de fricción mayor de 0.20 m/s y una dirección del viento mayor

de 300° y menor de 70°. Para medir la velocidad del viento se utilizó un anemómetro de copa y para medir la dirección una veleta. Con el propósito de contar con un fetch de por lo menos 90 m (Figura 3.1). Las mediciones se realizaron durante las diferentes etapas de desarrollo del cultivo.

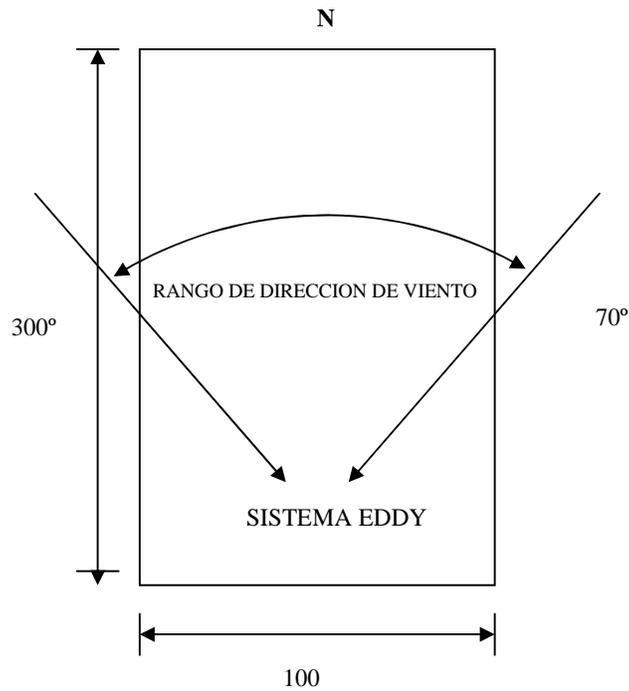


Figura 3.1. Dimensiones del lote de estudio y ubicación del sistema Eddy.

Las ecuaciones que describen los flujos de acuerdo con el enfoque de la covarianza Eddy son:

$$H = \rho_a C_p \overline{w' T_a'} \quad (3)$$

$$LE = \overline{w' w_v'} \quad (4)$$

$$F_{CO_2} = \overline{w' CO_2'} \quad (5)$$

Donde:

ρ_a , = Densidad

C_p = Capacidad calorífica

T_a = Temperatura del aire

ρ_{wv} = Densidad del vapor de agua en el aire,

W = Velocidad vertical del viento,

λ = es el calor de vaporización del agua,

ρ_{CO_2} = es la densidad del bióxido de carbono .

Las variables con símbolo de prima significan desviaciones respecto a la media y la barra horizontal sobre dos variables denota la covarianza entre las variables para un determinado segmento de tiempo (20 min). La velocidad vertical del viento se obtuvo con un 3-D sonic anemometer, la temperatura del aire con un termopar (chromel-constantan) de 12.7 μm de diámetro y la densidad de vapor de agua y CO_2 con un open path $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ analyzer (Figura 3.2). Estas mediciones se realizaron a una frecuencia de 10 Hz y las covarianzas se calcularon en segmentos de 20 min.



Figura 3.2. Sensores principales de un sistema eddy. 3-D sonic anemometer y CS7500 open path $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ gas analyzer.

La radiación neta se midió colocando un net radiometer (Q7.1 REBS net radiometer) sobre la parte media de una cama y otro sobre la parte media de un pasillo. El flujo de calor en la superficie del suelo se determinó midiendo el flujo de calor a 0.08 m de profundidad con un HFT3 soil heat flux plate, estos valores son corregidos por cambios de temperatura del estrato de suelo sobre el sensor, medidos con un termopar para suelo de 4 puntas (Kanemasu *et al.*, 1992) Para realizar estas correcciones, fue necesario determinar la densidad aparente del suelo utilizando la barrena de núcleos, y la humedad del estrato superior del suelo (10 cm) con un TDR, que se calibró con muestreos directos de la humedad del suelo (método gravimétrico)

La energía almacenada o liberada por el follaje por cambios de temperatura no se evaluó por ser muy pequeña comparada con el resto de los componentes del balance de energía (Verma, 1990).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Flujo de bióxido de carbono entre la superficie vegetal y la atmósfera.

En la Figura 4.1 se muestra que el día 132 del año (66 días después de transplante), la superficie estuvo asimilando bióxido de carbono (CO_2) de las 10:40 a las 19:40 hrs, con una tasa promedio de aproximadamente $-1.0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, y un flujo total integrado de $-32.28 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$. También se observa que la máxima tasa de asimilación ocurre aproximadamente a las 11 de la mañana. A partir de las 20 hrs, la superficie libera bióxido de carbono a la atmósfera, esto significa que la tasa de respiración de la superficie es mayor que la de fotosíntesis. Similarmente, el día 135 del año (69 días después de transplante) la superficie estuvo asimilando CO_2 de las 8:20 a las 17:40 hrs, también con un valor promedio de aproximadamente $-1.0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y un flujo total integrado de $-35.56 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$. A partir de las 18:00 hrs, la superficie empieza a liberar CO_2 (Figura 4.2)

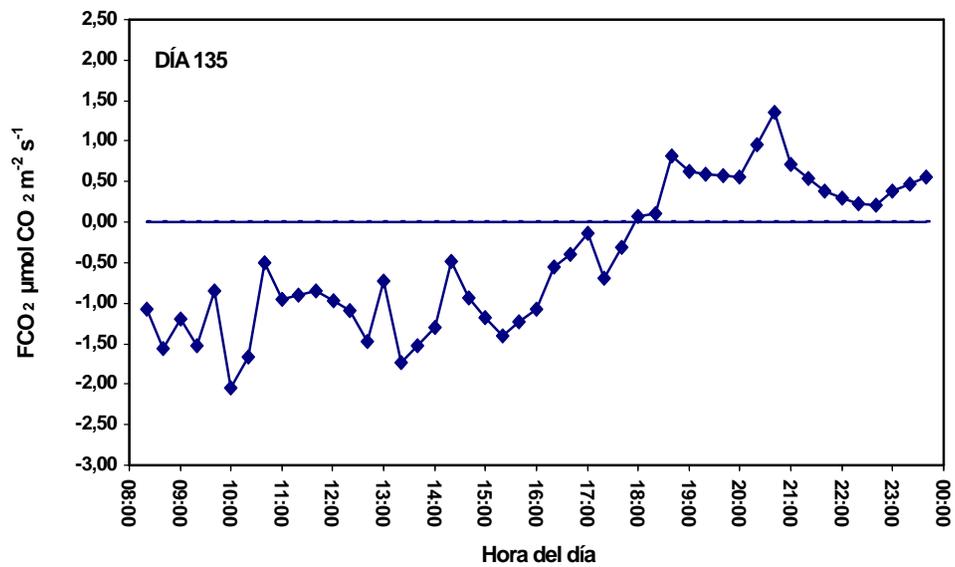
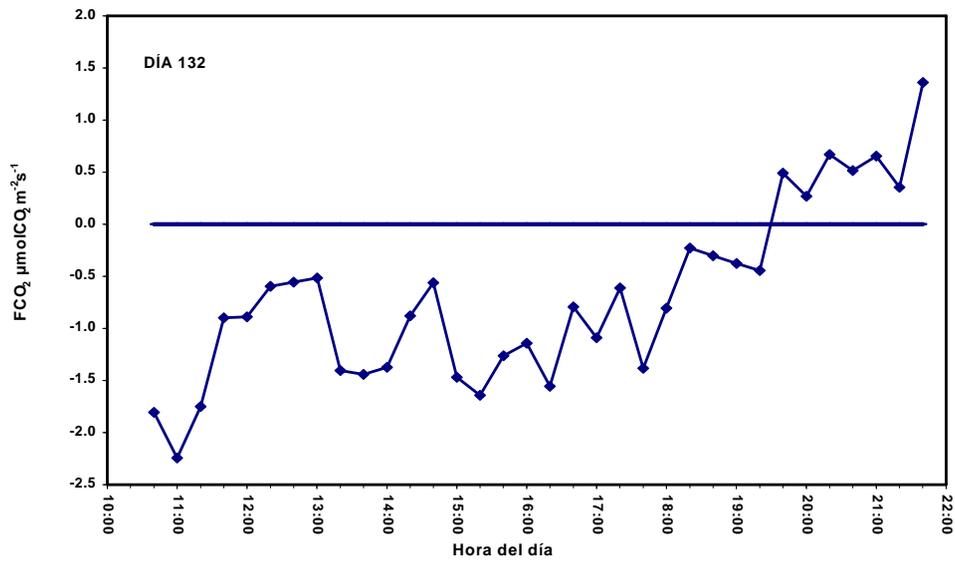


Figura 4.1 y 4.2. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) sobre una superficie de chile Morrón con acolchado plástico negro a diferentes horas del día, observado a los 66 y 69 días después del transplante, en Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México

Para el día 143 del año (77 días después de transplante), el cultivo ya había desarrollado mas área foliar y la tasa de asimilación de CO_2 se incremento (Figura 4.3), en este día, la superficie estuvo asimilando bióxido de carbono de las 8:40 a las 20:00 hrs, con un valor promedio de aproximadamente $-2.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y valores máximos de hasta $-4.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. El flujo de CO_2 total integrado para este segmento de tiempo fue de $-105.56 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$. Después de las 20 hr, la superficie empezó a liberar bióxido de carbono a la atmósfera. Una tendencia similar se observó el día 145 del año a los 80 días después del transplante (Figura 4.4), donde la superficie estuvo asimilando CO_2 de las 8:20 a las 20:00 hrs, con un valor promedio de aproximadamente $-2.2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, y un flujo total integrado de $-98.11 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$. La máxima tasa de asimilación de bióxido de carbono se presentó de las 8:20 a las 13:00 hrs con un valor promedio de $-3.7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

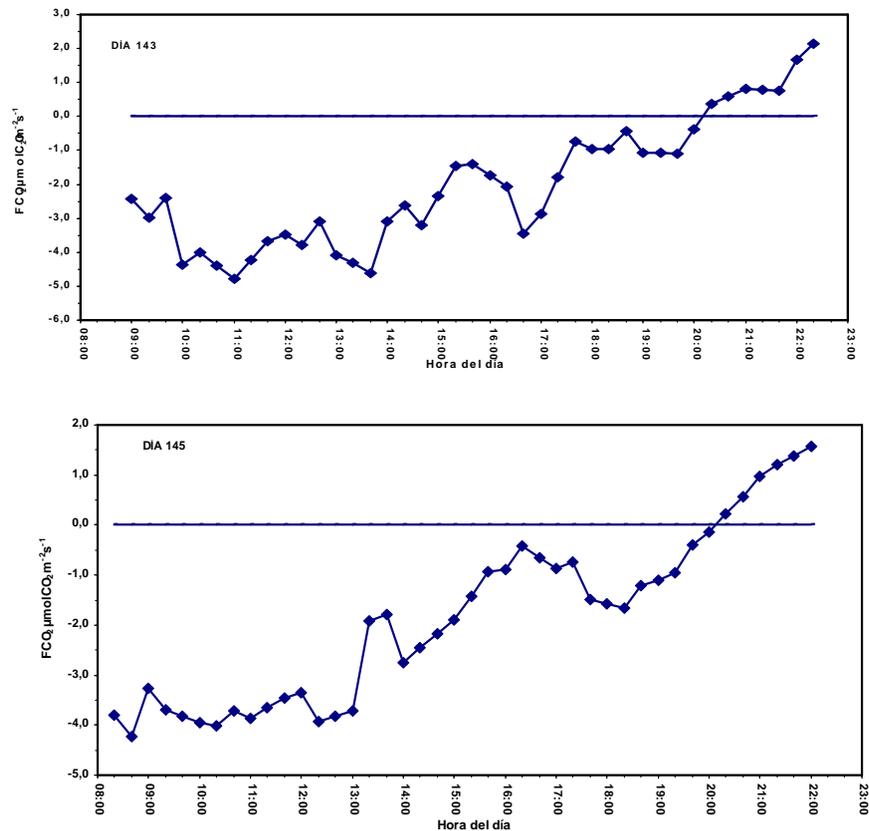


Figura 4.3 y 4.4. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) sobre una superficie de chile Morrón con acolchado plástico negro a diferentes horas del día, observado a los 77 y 88 días después del transplante, en Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.

El día 177 del año (111 días después de transplant e), se tuvieron buenas condiciones de dirección de viento de la 1:20 a las 23:00 hrs, de tal forma que se pudo evaluar la dinámica del flujo de CO₂ entre la superficie y la atmósfera durante el día y la noche (Figura 4.5) De la 1:20 a las 8:20 hrs, la superficie estuvo liberando bióxido de carbono con un valor promedio de aproximadamente 1.0 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹. De las 8:40 a las 19:40 hrs la superficie asimiló bióxido de carbono. La asimilación integrada para este segmento de tiempo fue de -81.67 mmol CO₂ m⁻². La máxima tasa de asimilación ocurrió de las 10:00 a las 14:00 hrs con un valor promedio de alrededor de -3.0 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹. A partir de las 20:00 hrs, la superficie empieza nuevamente a liberar CO₂.

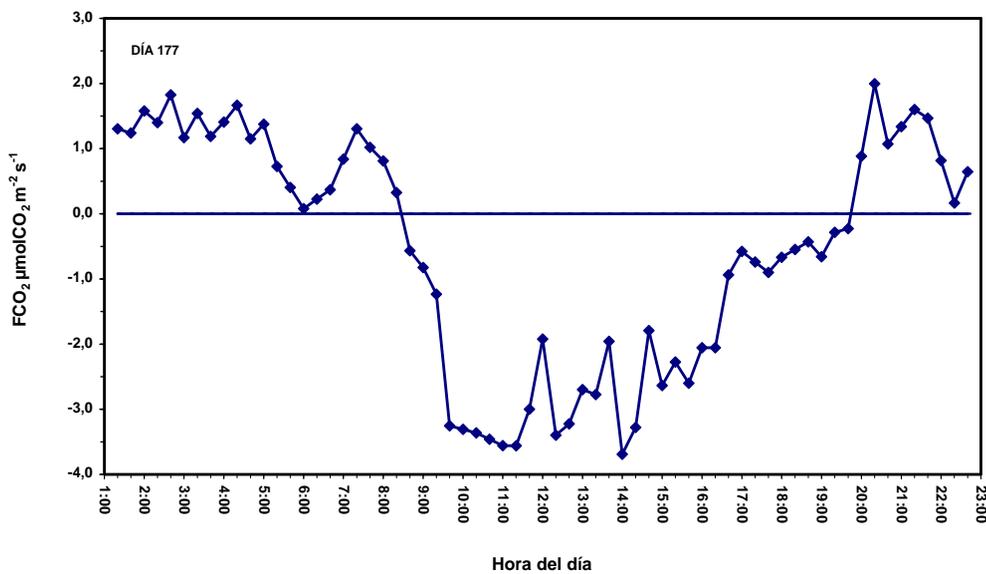


Figura 4.5. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) sobre una superficie de chile Morrón con acolchado plástico negro a diferentes horas del día, observado a los 111 días después del transplante, en Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.

Para el día 187 del año, el cultivo ya tenía 121 días después de transplante, empezaba la senescencia y la tasa de asimilación de CO_2 disminuía (Figura 4.6). En esta etapa, la máxima asimilación de CO_2 ocurre de las 8:40 a las 13:20 hrs, con una tasa promedio de $-3.0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Esto probablemente se debe a que en este periodo de tiempo, la superficie aun no se sobrecalienta por efecto de la radiación solar y las plantas pueden mantener los estomas abiertos. De las 13:40 a las 16:20 hrs, la temperatura de la superficie aumenta, el cierre de los estomas se incrementa y la tasa de asimilación de CO_2 decrece (Figura 4.6). La tasa de asimilación promedio para este periodo de tiempo es menor de $-0.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A partir de las 16:40 hrs la superficie empieza a liberar bióxido de carbono a la atmósfera.

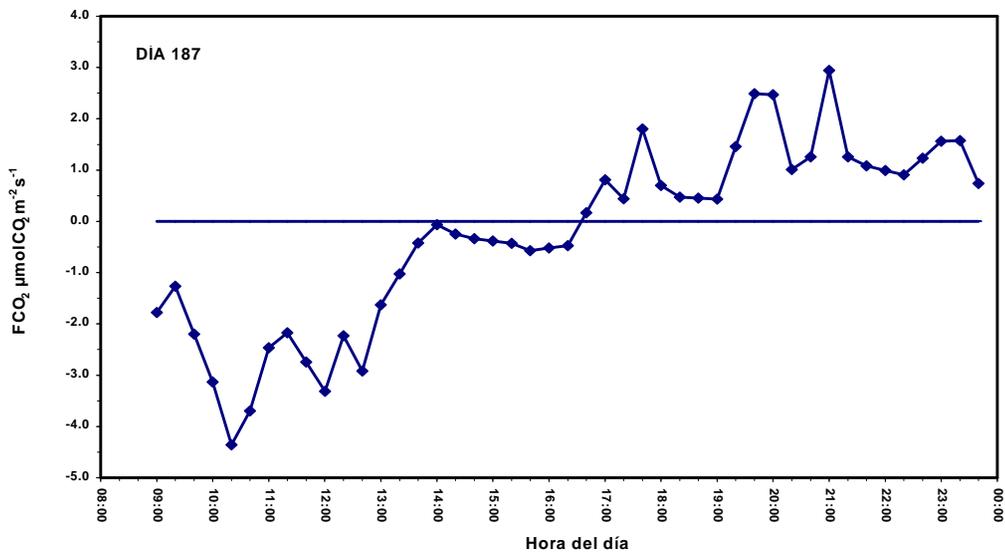


Figura 4.6. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) sobre una superficie de chile Morrón con acolchado plástico negro a diferentes horas del día, observado a los 121 días después del transplante, en Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.

El día 190 del año, el cultivo tenía 124 días después de transplante y ya había alcanzado completa senescencia (Figura 4.7). En esta etapa, la superficie se comporta como fuente liberadora de bióxido de carbono durante el día y la noche, ya que la tasa de respiración es mayor que la de fotosíntesis (Figura 4.7). La tasa máxima de liberación de bióxido de carbono se observó de las 12:00 a las 16:00 hrs con una tasa promedio de aproximadamente $4.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ya que la superficie esta más caliente y la tasa de respiración de la superficie es mayor. De las 18:00 a las 22:40 hrs, la temperatura de la superficie disminuye, la tasa de respiración decrece y la liberación de CO_2 es menor. La tasa de liberación de bióxido de carbono promedio en este periodo de tiempo fue de $1.0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. El flujo total integrado de CO_2 desde la superficie a la atmósfera de este día (9:40 a 22:40 hrs) fue de $127.56 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$.

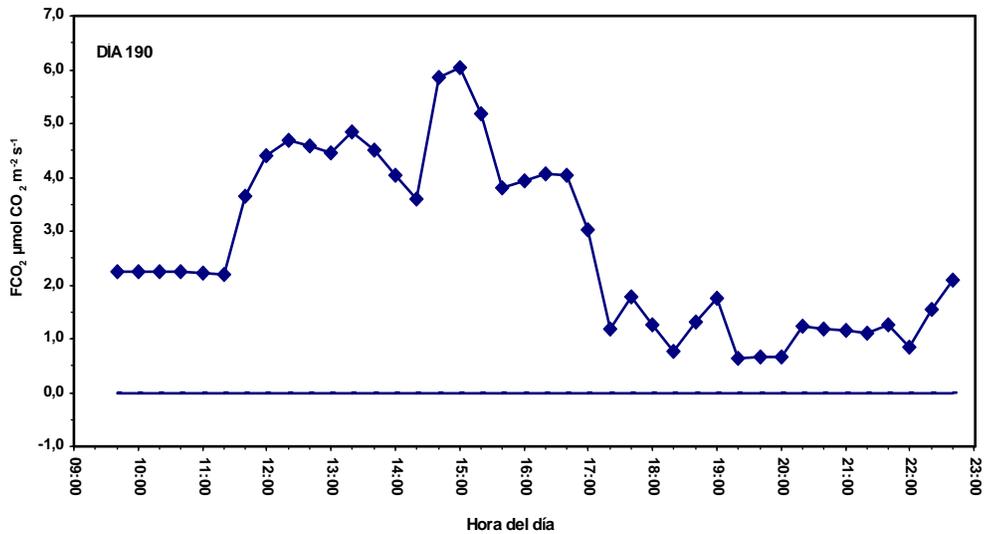


Figura 4.7. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) sobre una superficie de chile Morrón con acolchado plástico negro a diferentes horas del día, observado a los 124 días después del transplante, en Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.

4.2 Radiación neta y flujo de bióxido de carbono entre la superficie y la atmósfera.

Para evaluar la relación entre el flujo de radiación neta (R_n) en la superficie y el flujo de bióxido de carbono (FCO_2) entre la superficie y la atmósfera, se integraron las tasas instantáneas de flujo (promedio de 20 min) de R_n y FCO_2 de las 11 a las 16 hrs, para diferentes días después de transplante a través del ciclo de desarrollo del cultivo (Figura 4.8). Parece ser que no existe una relación directa entre el flujo integrado de radiación neta ($MJ\ m^{-2}$) y el flujo integrado de bióxido de carbono ($mmol\ CO_2\ m^{-2}$), ya que los valores integrados de R_n muestran poca variación, en cambio, los valores integrados de FCO_2 muestran un patrón de cambio bien definido (Figura 4.8).

Debido a problemas en las fuentes de abastecimiento de agua, el cultivo estuvo bajo condiciones de déficit hídrico durante todo el ciclo de crecimiento y el desarrollo de las plantas fue lento y con poca área foliar. Debido a esto, la tasa de asimilación de CO_2 fue pequeña (Figuras 4.1 a 4.7). En la Figura 4.8 se muestra que del día 61 al día 74 después de transplante la asimilación integradas de CO_2 por la superficie es pequeña, esto se debe a que las plantas todavía no alcanzaban su desarrollo foliar máximo. Los valores mas altos de asimilación integrada se observaron del día 105 al 109 después de transplante, que corresponde al máximo desarrollo foliar. Del día 113 al 121 la asimilación integrada de CO_2 disminuye debido a que el cultivo ya había alcanzado la madurez fisiológica. El día 123 y 124 después de transplante, el cultivo ya se encontraba en senescencia y se comportó como fuente de liberación de bióxido de carbono. Este resultado podría sugerir que para evitar que los cultivos en senescencia actúen como fuente de liberación de bióxido de carbono, el manejo agronómico del cultivo debería establecer que las plantas se retiraran del campo después del último corte y evitar que las plantas en pie lleguen a senescencia completa en el campo.

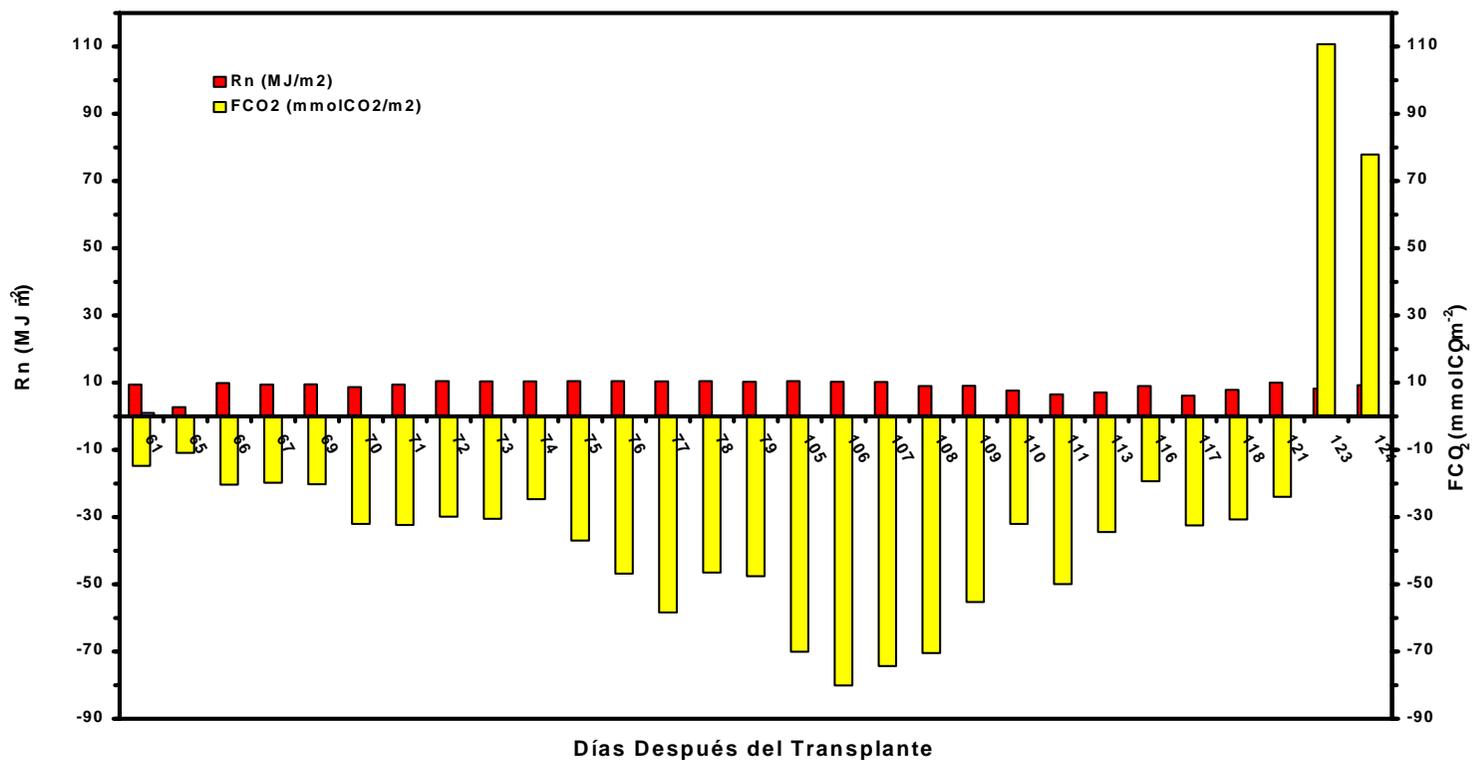


Figura 4.8. Valores integrados de radiación neta (Rn) y flujo de bióxido de carbono (FCO₂) de las 11:00 a las 16:00 hrs. para diferentes días después de siembra, durante el ciclo de crecimiento del cultivo de chile morrón con acolchado plástico negro, Santa Rita municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.

V. CONCLUSIONES

Debido a que el cultivo estuvo bajo un régimen de riego limitado, la tasa de asimilación de bióxido de carbono de la superficie fue pequeña. Antes de la madurez fisiológica, las máximas tasas de asimilación de CO₂ se observaron durante las primeras horas del día (10:00 a 13:00 hrs). Después de las 16:00 hrs la tasa de asimilación decrece apreciablemente y a partir de las 19:00 o 20:00 hrs, la superficie es fuente de liberación de bióxido de carbono a la atmósfera. Después de madurez fisiológica y una vez que el cultivo entra en senescencia, la superficie se comporta como fuente de liberación de bióxido de carbono durante el día y la noche.

Los flujos integrados de radiación neta y flujo de bióxido de carbono de las 11:00 a las 16:00 hrs a través del ciclo de desarrollo del cultivo no presentan ninguna relación. Los mayores flujos integrados de CO₂ de la superficie se observaron cuando el cultivo alcanzó su desarrollo foliar máximo. Dado que la superficie se comporta como fuente de liberación de bióxido de carbono después de madurez fisiológica, es recomendable evitar que las plantas permanezcan en pie en el campo después de madurez fisiológica.

VI. RESUMEN

La presente investigación se llevo a cabo acabo para evaluar el efecto del acolchado plástico color negro en la asimilación de bióxido de carbono (CO_2) de chile Morrón y su relación con la etapa de desarrollo y los flujos de energía.

Los flujos de calor sensible latente y bióxido de carbono se midieron con un sistema Eddy colocado en el extremo sur del lote experimental a una altura de un metro sobre el dosel de las plantas. Las mediciones se realizaron durante las diferentes etapas de desarrollo del cultivo.

Debido a que el cultivo estuvo bajo un régimen de riego limitado, la tasa de asimilación de bióxido de carbono de la superficie fue pequeña. Las máximas tasas de asimilación de CO_2 se observaron durante las primeras horas del día (10:00 a 13:00 hrs). Después de las 16 hrs la tasa de asimilación decrece apreciablemente y a partir de las 19:00 o 20:00 hrs, la superficie es fuente de liberación de bióxido de carbono a la atmósfera.

Después de la madurez fisiológica y una vez que el cultivo entra en senescencia, la superficie se comporta como fuente de liberación de bióxido de carbono durante el día y la noche.

Los flujos integrados de radiación neta y flujo de bióxido de carbono de las 11:00 a las 16:00 hrs a través del ciclo de desarrollo del cultivo no presentan ninguna relación. Los mayores flujos integrados de CO_2 de la superficie se observaron cuando el cultivo alcanzo su desarrollo foliar máximo.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Angulo, C. A. 1988. Calabacita (*Cucurbita pepo* L.) acolchado plástico negro y plateado en una siembra tardía en el valle de Culiacán. II Congreso de horticultura. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A. C. Irapuato Guanajuato. México.
- Bhatt, R. M., N. K. Srinivasa. 1997. Growth and photosynthesis in bell-pepper as affected by sink manipulation. Biol. Plant 439.
- Beerling, D. J. 1996. The vegetal Physiology. (16):385-396. Tree Physiology 16: 385-396.
- Benavides, M., A. 1999. Agrolásticos: Control microambiental, control metabólico y morfogénesis. Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, saltillo, Coahuila.
- Beukema, H.P. 1990. Introduction to potato production. Pudoc. Editorial Wageningen 208p.
- Burgueño, H., 1997. La fertilización en cultivos horticolas con acolchado plástico. Vol.3. Primera edición. Ed. Grupo formatos. México, D. F. 125-131.
- Cano, A. M. 1994. El cultivo del Chile. Monografías. Pimiento.Co m. html.. 15-20 p.
- De La Rosa, C. 1999. Acolchado plástico y fertirrigacion en 9 genotipos de Chile ancho para verdeo en Coahuila. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 76p.

Díaz - Pérez, J.C. 2002. Colored Plastic Film Mulches Affect Tomato Growth and Yield Via Changes in Root-zone Temperature. Department of Horticulture, University of Georgia, Tifton, Georgia 31794. Art. J.Amer.Soc. Hort. Sci.127(1):127 -136.

De Santiago, J. 1996. Programación de siembra de chiles verdes, Productores de Hortalizas. Publicaciones, octubre. Publicaciones Periódicas de Meister. México, D.F.(2)75 -78.

EXPORTADORA DE PLASTICOS AGRICOLAS, S.A. DE C.V.
(ZAPOPAN). Circuito Madrigal No. 1736 Zapopan, Jalisco, 45110
Phone: 3336428520 Fax: 3336427342 ...

García, A., J. 1996. Manual de Acolchados: Segunda parte. Revista Productores de Hortalizas. (1) 62 -69. Mayo/1996. México

Gardner, F. P., R.B. Pearce., R.L. Mitchell. 1985. Physiology of crop plants, Iowa . Estate University Press. Ames 327p.

Guenko, G. 1983. Fundamentos de la Horticultura Cubana, Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. 128-132p.
Ham, J.M., J. Kluitenberg, and W.J. Lamont. 1991. Potential impact of plastic mulches on the aboveground plant environment. Proc. Nat. Agr. Plastic Cong. 21:63-69. Kansa State Univrersity, Manhattan.

Hanada, C. A. 1991. The effect of mulching and row cover on Vegetable Production. Exp. Stn. Uneno 200, Ayabe city, Kyoto, Japan. Infoagro, 2003. 230p.

Ibarra, J. L. y Rodríguez, A. 1991. Acolchado de Suelos con Películas Plásticas. Manuales Agropecuarias LIMUSA, Editores Noriega. México. 67-99 p.

- Ibarra, J. L. 1997. Acolchado de suelos. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura. UAAAN. (CIQA). Vol. (3-7)
- Ibarra-Jiménez , L., J. Munguia-López, A. J. Lozano-del Río, and A. *Zermeño-González* .2004. Effect of plastic mulch and row covers on photosynthesis and yield of watermelon. Buenavista, Saltillo 25315, Coahila, México. Corresponding author. Rev. Australian Journal of experimental Agriculture..
- Ibarra-Jimenez, L. Ma. R. Quezada-Martin, J Murguia –López. 2004. Photosynthesis, Soil Temperature and Yield of Cucumber on Plastic Mulch Colors. Congress Abstract. The American society for Plasticsulture. 526 Brittany Drive.
- Iglesias, A. y Carlos. S. 1994. Agua Carbono Luz y Vida. Departamento de Química Biológica, Revista Ciencia Hoy. 5) 41-45. Enero/Febrero 1994.
- Illic, P. 1992. Control efectivo de malezas en el Valle de San Joaquín. Revista Hortalizas, frutas y flores. No 2/Febrero 28/1992. Editorial Año Dos Mil, S.A. México. 60p.
- Janick, J. 1965. Horticultura científica e industrial. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 120-128 p.
- Kanemasu, E.T., M. L. Weslwy., B.B. Hicks, and J.L. Heilman. 1979. Techniques for calculating energy and mass fluxes. In : Modification of the Aerial Envirinment of crops. B.L Barfield and J.F Gerber, (eds) Amer. Soc. of Agric.Eng., St. Joseph. MI. 162.p.
- Keulen, M. T., R. S. Senock., P. J. Pinter. 1982. Efecto del CO₂ en las plantas,Blackwell scientific pubs. 112-150 p.

- Lamont, W. J. Jr. 1999. The use of different colored mulches for yield and earliness. Extension vegetables specialist. Department of horticulture , 206. Tyson Building, Pennsylvania State University, University Park, PA 16802 (6): 206-220.
- Levecchia, G. 1994. Producción de plántulas con alta tecnología en invernadero Rev. Productores de Hortalizas. Año 3 No. 9 Septiembre, Publicaciones periódicas. México, D. F. 230p.
- Lí, F. M., A.H. Gou, and H. Wei. 1999. Effect of clear plastic film mulch on yield of spring wheat. Field crop research 63 (1): 79 -86.
- Núñez F. R., Gill-Ortega., J. Costa. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajies. (1): 130-142. Ediciones Mundi-Prensa.
- Nederhoff, E.M., J.O. Vegter. 1994. Photosynthesis of stands of tomato, Cucumber and sweet pepper measured in greenhouses under various CO₂ concentrations. Ann. Bot 73: 351-353.
- Norma, S. C. 1980. Estudio fenológico y relación con el rendimiento y calidad del chile pasilla cv. Apaseo (*capsicum annum* L. Var. Longum) bajo diferentes laminas de riego y su frecuencia de aplicación en la región de Celaya Guanajuato, Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 64p.
- Nuez F., R. Gil y J. Costa, 1996. El cultivo del pimientos, Chiles y Ajies. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona; España. 230p.
- Orzolek, M. D, and L. Otjen. 1996. Is there a difference in red mulch Proc. 26 Natl. Agr. Plastic Congr. (26):164-171.

- Paúl, L. 1985. Physiology of plants. Center for Research in Security Prices, Graduate School of Business, University of Chicago. N° 10 586p.
- Pawar, H.K. 1990. Use of Plastic as a Mulch in Scheduling of Irrigation to Ginger in Semi-arid Climate. Proceedings of International Congress. The Use of Plastics in Agriculture. Feb. 26 – March 2. New Delhi. India. 220 p.
- Ritchie, M. 1995. Importancia de la fotosíntesis. Ecological Society of America. Country of Publication. (2):176-180p.
- Robledo, F, y L. Martín. 1971. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Instituto de plásticos y caucho. 1er. Ed. Mundi- Prensa. Madrid España. 153 p.
- Robledo, F, y L. Martín, 1988. Aplicaciones de los plásticos en la agricultura. 2da. Ed. Mundi- Prensa. Madrid España. 66-80p.
- Rodríguez, J. L. 2002. 150 mil hectáreas dedicadas a la producción de chiles picosos. Publicación Mensual. Productores de hortalizas. Julio. México. pp. 27-29
- Serrano, C. Z. 1990. Técnicas de invernadero. PAO, Suministro Gráficos, S. A Sevilla, España. 190Pp.
- Snyder, R. L. 2004. Estimate of mass and energy fluxes over grapevine using eddy covariance technique. Acta Horticulturae. No. 664, 631-638p.
- Tarara, J. M. 2000. Microclimate Modification With Plastic Mulch. Department of Agriculture-Agriculture Research Service, Horticultural Crops Research Unit, 24106 North Bunn road, Prosser, WA 99350, HORTSCIENCE, VOL, 35 (2), 320p.

- Teucher, H, y R. Adapler. 1979. El suelo y su fertilidad. Editorial Limusa, México, D. F. 120-135 p.
- Vuelvas, C. A, y L. T. Díaz. 1995. Perspectivas del riego presurizado en la agricultura de bajo. Memorias del Simposium Internacional. León, Gto, México. 220 p.
- Verma, S.B. 1990. Micrometeorological methods for measuring surface fluxes of mass and energy. Remote sensing reviews,5(1): 99 -115.
- Wien, W. S. 1997. Peppers. In: The Physiology of Vegetable Crops. Cap.7 Editor H. C. Wien. Editorial CAB International.259 – 293p.
- William, J., W.J. Lamont Jr. 1991. The Use of Plastic Mulches for Vegetable Production Department of Horticulture, Kansas State University. Manhattan, KS 66506, USA, -08-01. 132-150.p.
- Yamamoto, T. 2005. Effects of reflective sheet mulching of photosynthesis, leaf character and fruit quality of cherry and pear . Faculty of Agriculture, Yamagata University, Japan.(43): 71 -82
- Zabri, A. and S. Burrage 1997.The effect of vapor pressure deficit (DPV) and enrichment with CO₂ on water relations, photosynthesis stomatal conductance and plant growth of sweet pepper. (*Capsicum Annuum L.*) grown by NFT. Acta.Hort. 449: p. 561 -567.
- Zapata, M., P. Cabrera, S. Bañon, y P. Roth. 1988. El melón. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. P. 41 -45.

