

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO VEGETATIVO Y RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) BAJO ACOLCHADO CON
PELICULAS FOTODEGRADABLES**

Por:

JOSÉ ALBERTO BECERRA RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO VEGETATIVO Y RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) BAJO ACOLCHADO CON
PELICULAS FOTODEGRADABLES

Por:

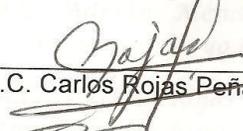
JOSÉ ALBERTO BECERRA RODRÍGUEZ

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

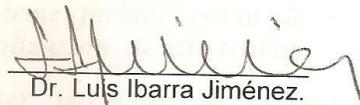
Aprobada

Presidente del jurado

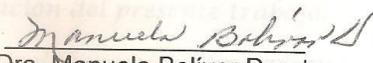

M.C. Carlos Rojas Peña
Asesor


M.C. Adrián Méndez Prieto

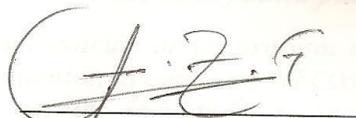
Asesor


Dr. Luis Ibarra Jiménez.

Asesor


Dra. Manuela Bolívar Duarte

Coordinador de la división de ingeniería


M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez



Coordinación de
Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2014

Agradecimientos

A Dios por darme la vida, salud y fe para poder lograr esta meta en mi vida, te agradezco de todo corazón señor.

A mi familia que a pesar de los obstáculos que se han presentado siempre permanecieron unidos y me brindaron su apoyo incondicional, a todos mis hermanos, hermanas y más aun a mis padres gracias por todo.

A la UAAAN mi “Alma Terra Mater” por darme la oportunidad de formar de ella un hogar, donde aprendí de maestros, compañeros y amigos, gracias Narro por permitir que culminara mi carrera, siempre estaré orgulloso de ser butre.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) especialmente al área de Agropásticos y todo el personal que en el labora.

Al Dr. Luis Ibarra Jiménez por la confianza brindada y permitir formar parte de su grupo de investigación. Gracias por sus consejos, asesoría, apoyo y paciencia durante la realización del presente trabajo.

Al M.C. Adrián Méndez Prieto por permitirme formar parte de su proyecto y por el apoyo brindado durante la realización de este trabajo.

Al M.C. Carlos Rojas Peña por aceptar ser parte de la presente investigación brindando su tiempo y asesorías.

A la Dra. Manuela Bolívar Duarte por los consejos y asesorías dadas a lo largo de la carrera y por su apoyo en la culminación del presente trabajo.

Al Ing. Gorgonio López Tolentino por su colaboración durante la realización del experimento de investigación.

Al Ing. Rodrigo Cedillo García, por su colaboración en la elaboración de las películas plásticas fotodegradables, en la planta piloto 1 del CIQA.

Al Proyecto: Mejora e innovación de los procesos de material reciclado en FLEXTRONICS Aguascalientes, apoyado por el CONACYT en la modalidad INNOVATEC. Gracias por las facilidades y apoyo económico asignado para la realización del presente trabajo de investigación.

Dedicatoria

A mis padres que siempre me han brindado amor, cariño, comprensión y apoyo incondicional, creyendo en mí y permitiéndome culminar este proyecto que realmente es más suyo que mío.

A mi hermana Paty por sus regaños, gritos y consejos, enseñándome ese espíritu de lucha para no dejarnos caer por los tropiezos y seguir siempre adelante.

A Gaby por ser ese chiquillo travieso y latoso que alegra cada momento que pasamos juntos, a tí porque desde tu llegada me alentaste a no darme por vendido nunca a pesar de los obstáculos de la vida.

A mi novia Lili Cristina Aguilar, a ti chaparra por estar siempre apoyándome, por siempre motivarme cuando algo anda mal, por tu cariño y amor brindados asía mí, y más aún por dejarme ser parte de tu vida y permitir que a tu lado sea feliz.

A mis compañeros y amigos, Mosqueda, Bodoque, Inés, Nacho, Arias, Humberto, Yaxmín, Chava (la polla), Lucio, Oscar, Checo, Miguel, Chencho, Ponk, Chato, Gato, Chivo, Pájaro, Lobo, y a todos aquellos que me brindaron su amistad gracias por compartir tantos momentos de alegrías, rizas, tristezas y enojos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| Agradecimientos | i |
| Dedicatoria..... | ii |
| Indice de contenido | iii |
| Indice de cuadros..... | v |
| RESUMEN | VI |
| I.- INTRODUCCIÓN | 1 |
| Objetivo..... | 2 |
| Hipótesis..... | 2 |
| II.- REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| Generalidades del acolchado plástico | 3 |
| Acolchado | 3 |
| Ventajas del acolchado | 3 |
| Efectos del acolchado plástico sobre la humedad del suelo | 3 |
| Efectos del acolchado plástico en la temperatura del suelo..... | 3 |
| Efecto sobre la estructura del suelo | 4 |
| Efecto sobre el crecimiento de malas hierbas | 4 |
| Acción del acolchado sobre la fertilización | 5 |
| Efecto sobre la calidad de los frutos..... | 5 |
| Degradación de plásticos | 5 |
| Clasificación de los plásticos degradables | 7 |
| Formas de Degradación del Plástico..... | 9 |
| Fotodegradación | 10 |
| Generalidades del cultivo de pepino..... | 12 |
| Origen e historia..... | 12 |
| Clasificación taxonómica del pepino según Engler | 12 |
| Descripción botánica | 12 |
| Raíz | 12 |
| Tallo..... | 13 |
| Hoja | 13 |
| Flor | 13 |
| Fruto | 14 |
| Semilla..... | 14 |
| Clima | 14 |
| Suelo | 15 |
| Fertilización | 16 |
| Agua | 16 |
| Densidad de siembra | 17 |
| Plagas y Enfermedades | 17 |
| Fotosíntesis..... | 18 |
| CO ₂ | 19 |
| Transpiración | 20 |
| Conductancia Estomática..... | 20 |

| | |
|--|-----------|
| Clorofila..... | 21 |
| III.- MATERIALES Y MÉTODOS | 22 |
| Ubicación del área experimental | 22 |
| Clima..... | 22 |
| Suelo..... | 22 |
| Características del experimento | 23 |
| Establecimiento en campo | 24 |
| Preparación de terreno..... | 25 |
| Instalación del sistema de riego | 25 |
| Colocación de los acolchados plásticos | 25 |
| Siembra..... | 25 |
| Material genético..... | 26 |
| Fertilización | 26 |
| Aclareo..... | 26 |
| Deshierbe..... | 26 |
| Control fitosanitario | 26 |
| Cosecha..... | 26 |
| Variables evaluadas | 27 |
| Área foliar..... | 27 |
| Peso seco de hojas y tallo..... | 27 |
| Peso seco de la planta..... | 27 |
| Longitud de planta..... | 27 |
| Medición de clorofila..... | 27 |
| Fotosíntesis, Conductancia Estomática y Transpiración..... | 28 |
| Degradación de la película..... | 28 |
| Evaluación de rendimiento | 28 |
| Temperatura de suelo | 28 |
| Diseño Experimental | 29 |
| IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN. | 30 |
| Peso seco de planta..... | 30 |
| Longitud de tallo..... | 31 |
| Área foliar..... | 33 |
| Clorofila..... | 34 |
| Fotosíntesis, Conductancia Estomática y Transpiración..... | 35 |
| Degradación de las películas plásticas..... | 37 |
| Temperatura de suelo | 38 |
| Rendimiento..... | 39 |
| V.- CONCLUSIONES. | 42 |
| VI.- BIBLIOGRAFÍA CITADA. | 43 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Diferentes formas de degradación, el agente causante, el efecto y los productos de la degradación..... | 10 |
| Cuadro 2. Las necesidades climáticas del cultivo de pepino. | 15 |
| Cuadro 3. Principales plagas y enfermedades del pepino. | 18 |
| Cuadro 4. Descripción de los tratamientos con acolchados de diferentes colores y dos concentraciones de pigmento para cada color en el cultivo de pepino. | 24 |
| Cuadro 5. Distribución de los tratamientos en el campo. | 24 |
| Cuadro 6. Comparación de las medias para peso seco de planta (g) en el cultivo de pepino, a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra (dds), ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila..... | 31 |
| Cuadro 7. Comparación de las medias para longitud de tallo (cm) en el cultivo de pepino, a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra (dds), ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila..... | 32 |
| Cuadro 8. Comparación de las medias para área foliar (cm ²) en el cultivo de pepino, a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra (dds), ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila..... | 34 |
| Cuadro 9. Comparación de las medias para clorofila en unidades SPAD, en el cultivo de pepino, a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra (dds), ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila. | 35 |
| Cuadro 10. Fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración a los 30 dds en el cultivo de pepino, ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila..... | 36 |
| Cuadro 11. Fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración a los 55 dds en el cultivo de pepino, ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila..... | 37 |
| Cuadro 12. Comparación de las medias para la degradación de las películas (%) en el cultivo de pepino, a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra (dds), ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila. | 38 |
| Cuadro 13. Comparación de las medias para la temperatura mínima, máxima y media (°C) en el cultivo de pepino, durante 70 días después de la siembra (dds), ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila. | 39 |
| Cuadro 14. Comparación de los rendimientos promedio en el cultivo de pepino, en el ciclo primavera -verano 2013, Saltillo, Coahuila..... | 41 |

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), en el ciclo primavera verano del 2013, en Saltillo Coahuila, con el objetivo de evaluar el efecto de seis películas plásticas de acolchado fotodegradable sobre el crecimiento vegetativo, fotosíntesis y rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). Los tratamientos evaluados fueron; 1) suelo sin acolchar, testigo (T), 2) acolchado negro de polietileno convencional de baja densidad (AN), 3) acolchado rojo con una formulación de 69%PE+23%TiO+8%pigmento (AR8), 4) acolchado rojo con una formulación de 66%PE+22%TiO+12%pigmento (AR12), 5) acolchado azul con una formulación de 69%PE+23%TiO+8%pigmento (AA8), 6) acolchado azul con una formulación de 66%PE+22%TiO+12%pigmento (AA12), 7) acolchado verde con una formulación de 69%PE+23%TiO+8%pigmento (AV8), 8) acolchado verde con una formulación de 66%PE+22%TiO+12%pigmento (AV12), el pigmento contiene 13 %FeO en su composición en la resina plástica base. Como material genético, se utilizó el híbrido Dasher II. En general los tratamientos acolchados mostraron un mayor crecimiento que las plantas en suelo desnudo. No hubo una clara diferencia de los tratamientos con acolchado en fotosíntesis unitaria y clorofila con respecto al testigo. La temperatura de suelo promedio más alta se obtuvo en los tratamientos con acolchado con un promedio de 28.9°C, el testigo mostró una temperatura máxima promedio de 26.7°C. Se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en rendimiento con un promedio de 66.3 ton/ha en los tratamientos acolchados con respecto al testigo que registró 40.2 ton/ha. Las películas plásticas fotodegradables mostraron un comportamiento en crecimiento y rendimiento del cultivo muy similar al del acolchado convencional, superando al Testigo.

I.- INTRODUCCIÓN

La utilización masiva en la agricultura de las películas plásticas ha planteado el problema medioambiental de su degradación. En efecto la mayor parte de los plásticos se degradan por oxidación natural pero de forma muy lenta por lo que en ocasiones, sobre todo cuando se utilizan como acolchados plásticos los restos de los mismos que quedan en el terreno, pueden causar problemas principalmente físicos de interferencia con las labores normales de cultivo.

El problema de la generación de residuos es uno de los mayores inconvenientes del uso de cubiertas plásticas no degradables. Si bien, el polietileno de baja densidad utilizado en la agricultura como cubierta de suelo sufre diferentes formas de degradación por oxidación (oxodegradación), por acción solar (fotodegradación), por efecto térmico (termodegradación) o por la acción de microorganismos (biodegradación) (Koutny *et al.*, 2006), este proceso, además de ser altamente variable y dependiente de las condiciones climáticas y de suelo, es muy lento y de acuerdo a Feuilloley *et al.* (2003) se puede tardar hasta 300 años para la descomposición total del polietileno de 60 micras de espesor sin aditivos. En muchos casos el proceso de degradación es incompleto, por lo que la permanencia de estos residuos de plástico en los campos puede alargarse en el tiempo y debido a la alta fragmentación se hace inviable la recolección; esta situación se agrava cuando la tasa de introducción es mayor que la tasa de degradación. Debido a esto ha surgido el interés por desarrollar películas fotodegradables con materiales reciclados.

Los materiales fotodegradables consisten por lo general de polietileno con aditivos que aceleran su degradación en presencia de radiación solar. Sin embargo, este proceso es inhibido por los cultivos que cubren la cubierta a medida que crecen, ya que disminuye su exposición a la luz ultravioleta. La degradación es también más lenta en las zonas que reciben menos radiación solar (Greer y Dole, 2003).

En el presente estudio, se evaluaron 6 películas de acolchado fotodegradables comparadas con una película de polietileno de baja densidad color negro como referencia, teniendo como testigo un suelo sin acolchar. En este experimento se evaluó el crecimiento y fisiología del cultivo, y rendimientos de fruto, así mismo, se evaluarán los porcentajes de degradación de las películas plásticas a través del tiempo. En este estudio se espera que las películas fotodegradables presenten los mismos índices de crecimiento y rendimiento del cultivo que el acolchado convencional, así como las mismas propiedades físico-mecánicas por un determinado tiempo y que posteriormente se degraden en un periodo de tiempo no conocido.

Objetivo.

- Determinar el efecto de las diferentes películas plásticas de acolchado fotodegradable sobre el crecimiento vegetativo, fotosíntesis y rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), así como el grado de degradación a través del tiempo de cada película plástica.

Hipótesis.

- Los plásticos fotodegradables presentarán un crecimiento y rendimiento similar al obtenido con el acolchado de polietileno de baja densidad convencional.
- La temperatura del perfil superior del suelo se verá aumentada por las diferentes películas plásticas.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del acolchado plástico

Acolchado

El acolchado de suelos es una técnica muy antigua que consiste en colocar en el suelo materiales como paja, aserrín, cáscara de arroz, papel o plástico, con la finalidad de mejorar el crecimiento de los cultivos, obtener cosechas precoces, mejorar rendimientos y calidad de los productos (Ramírez, 2011). Dentro de las películas plásticas, las de polietileno, fundamentalmente por su bajo costo relativo y su fácil mecanización de su instalación, son las más utilizadas en el acolchado de suelos a nivel mundial.

Ventajas del acolchado

- Ayuda a conservar la humedad del suelo.
- Aumenta la temperatura del suelo, permitiendo una germinación más rápida y uniforme, por lo que se pueden lograr cosechas más tempranas.
- Permite tener frutos más limpios, ya que la planta no está en contacto directo con el polvo o suelo.
- Optimiza el agua y los fertilizantes (Cortés, 2002).

Efectos del acolchado plástico sobre la humedad del suelo

Los plásticos son materiales impermeables al vapor de agua. Este hecho impide la evaporación del agua del suelo, beneficiándose las plantas de una mejor nutrición. Gracias a esta técnica se aprovecha de manera eficiente el agua de riego y la utilización de fertilizantes, así mismo si se utiliza una lámina de plástico negro u opaco a la radiación se evita el desarrollo de malas hierbas. (Díaz *et al.*, 2001).

Efectos del acolchado plástico en la temperatura del suelo

Desde el punto de vista térmico, el acolchado plástico se comporta como un filtro que acumula calor en el suelo durante el día y deja salir parte de este durante la noche, el plástico detiene en cierto grado el paso de la radiación de onda larga del suelo a la atmósfera (Ramírez, 2011).

El calentamiento del suelo se explica por el efecto invernadero ejercido por el polietileno. La magnitud de dicho efecto varía según la transmisibilidad del polietileno a la radiación solar, que generalmente es alta y su impermeabilidad a la radiación térmica emitida desde el suelo, que normalmente es baja, pero que puede ser modificada de acuerdo al espesor del polietileno. Con el aumento de la temperatura del suelo hasta un cierto umbral se obtiene un mayor desarrollo radical, que a su vez se expresa en mayor rendimiento y una producción más precoz y de mejor calidad, pero si la temperatura excede dicho umbral los efectos térmicos del acolchado pueden ser perjudiciales. La temperatura óptima de suelo para la mayoría de la especies es de 20 a 25 °C (Alvarado y Castillo, 1999).

Efecto sobre la estructura del suelo

El suelo acolchado facilita que las raíces de las plantas encuentren humedad suficiente a poca profundidad en un suelo bien mullido. De esta forma el sistema radicular se desarrolla más lateralmente que si tuviera que buscar a mayores profundidades. Con el aumento de raíces se asegura una mayor succión de agua y nutrientes por la planta, que a su vez, ayudará a obtener mayores rendimientos (Díaz *et al.*, 2001).

Efecto sobre el crecimiento de malas hierbas

EL acolchado de suelos con polietileno negro ayuda a eliminar casi la totalidad de malezas, excepto algunas como el “coquillo” (*Cyperus rotundus* L.). Este efecto herbicida del plástico negro se debe a su impermeabilidad a la luz, que impide la actividad fisiológica de las malezas.

El uso de plástico transparente permite que las malezas se desarrollen según la especie, con más o menos exuberancia si no se toman las precauciones adecuadas. Esto sucede si se permite la entrada de aire a través de los agujeros de siembra o por los bordes del plástico (aunado a la alta temperatura que se forma bajo éste), cuando el mismo no está bien enterrado (Ibarra y Rodríguez, 1991)

El crecimiento y desarrollo de la vegetación espontánea que se origina debajo de los acolchados, dependerá del color de las mismas, es decir de su permeabilidad a la luz solar. Se puede evitar totalmente el crecimiento de malezas utilizando una película plástica de color negro, o película multicapa coextruida bicolor en que una de sus caras sea de color negro. Aquellos acolchados plásticos de colores permitirán el desarrollo proporcional de malezas bajo la película; a mayor paso de luz mayor cantidad de malezas (Berardocco, 2011).

Acción del acolchado sobre la fertilización

La temperatura y la humedad del suelo, en asociación con la naturaleza físico-química de este último, 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.

Por lo que respecta a la temperatura, su valor límite para retener la nitrificación se encuentra entre 45 y 52 °C, con una situación óptima que varía, según el terreno (de muy suelto a muy compacto), alrededor de 25°C. Además, el terreno desnudo necesita una situación hídrica elevada, que varía entre 60 y 80% para que exista una buena nitrificación. Estos límites son fácilmente obtenibles por medio del acolchado; el abono nítrico queda a disposición de la planta en gran parte bajo el acolchado y con un suministro de agua de irrigación, la percolación que es causa de fuentes pérdidas de abonos nítricos por lavado, es reducida al mínimo (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Efecto sobre la calidad de los frutos

El plástico en el acolchado actúa como barrera entre el fruto y el suelo obteniendo así los frutos con un mejor aspecto comercial. Es especialmente recomendable la técnica del acolchado para aquellas plantas de frutos de guía como pueden ser el melón, el pepino y la sandía (Díaz *et al.*, 2001).

Degradación de plásticos

Los plásticos convencionales se producen a partir de reservas fósiles de energía como el petróleo. Estos polímeros perduran en la naturaleza por largos

períodos de tiempo y por tanto se acumulan, generando así grandes cantidades de residuos sólidos (Bello, 2009). López y Lira (2013) mencionan que aunque no se degradan debido a que sus moléculas son muy grandes y son hidrofóbicas, sus productos de oxidación hidrofílicos mucho más pequeños si lo hacen y se degradan lentamente por un proceso llamado degradación oxidativa que es una reacción de los radicales libres, mediante la cual el oxígeno atmosférico se combina con el carbono y el hidrógeno en él las moléculas de plástico, provocando una serie de consecuencias inevitables como:

- Reducción del tamaño de las moléculas del polímero y el oxígeno se une a fragmentos moleculares
- Pérdida de propiedades mecánicas como resistencia, elasticidad y flexibilidad.
- Cambios de plástico: de repelente al agua (hidrofóbico) para humectar (hidrofílico)
- El plástico se desintegra, se hace quebradizo.

Mientras que la oxidación lenta/biodegradación de las poliolefinas es útil a largo plazo, es necesario acelerar este proceso drásticamente en dos etapas con el fin de hacerlo práctico en la gestión de la acumulación de productos de plástico desechados (Gho *et al.*, 2008). La degradación del plástico es un proceso dirigido a modificar la estructura del polímero para hacerlo vulnerable y que desaparezca como residuo. En el proceso se observan variaciones tanto físicas como químicas en el mismo. Las modificaciones más palpables se encuentran en la pérdida de brillo, color, formación de grietas, aparición de zonas pegajosas, y endurecimientos, provocando pérdidas de las propiedades (López y Lira, 2013).

La medición y control de la degradación de los plásticos está dado por los siguientes tres factores:

1. Mecanismos físico-químicos: en este se realizan cambios químicos produciendo reacciones en el plástico con agroquímicos o cualquier otras sustancias químicas provocando fragmentaciones en las cadenas poliméricas y la

erosión superficial es el resultado de la hidrólisis de estas cadenas (Wackett y Hershberger, 2001).

2. Condiciones ambientales: son condiciones del ambiente (radiación, humedad, oxígeno) a la que se exponen durante su uso, también si se encuentra en contacto con aguas residuales o aguas dulces (Billingham *et al.*, 2004). De acuerdo a la naturaleza del medio ambiente puede haber algún mecanismo más o menos eficiente para producir la degradación con un entorno de más o menos concentración de productos químicos que reaccionan con el plástico durante el proceso de degradación. Los factores que terminan de afectar la degradación son los microorganismos por la cual se le denomina biodegradación en los que influyen la temperatura, nivel de humedad, presencia de oxígeno, concentración de enzimas y ácidos de metal (Liu y Horrocks, 2002).

3. Composición del polímero: independientemente del medio ambiente, la degradación depende también de la composición química del polímero debido a que es un sustrato para las enzimas. El factor que determina la degradabilidad o biodegradabilidad es la naturaleza de los enlaces químicos y estructura química de la cadena (López y Lira, 2013).

Varias alternativas para reducir el costo de eliminación de los plásticos han sido evaluadas por los equipos de investigación de todo el mundo. Las estrategias han variado desde el desarrollo de plásticos biodegradables o degradables, hasta las tecnologías que permiten un reciclaje más eficiente o la eliminación de la cobertura plástica utilizada (Feuilloley *et al.*, 2005).

Clasificación de los plásticos degradables

Los plásticos también se clasifican de acuerdo a la facilidad de su degradación durante su exposición con su entorno Griffin, (1994) los ordena de la siguiente manera:

1. Plásticos difícilmente degradables: son plásticos estables por un determinado tiempo de vida útil dependiendo de su aplicación y del medio ambiente a que se expongan, a partir de este momento, comienza la degradación hasta un cierto grado, en algunos casos permanecen intactos por muchos años (Ohtake *et al.*, 1998). La persistencia de estos plásticos se deben a sus propiedades como son: resistencia mecánica, son impermeables a la humedad y no son fácilmente atacados por microorganismos.

2. Plásticos fácilmente degradables: son los que se degradan después de un determinado tiempo autodestruyéndose sin poderse evitar. Esta degradación puede ser predeterminada de acuerdo a la cantidad de aditivos estabilizadores que contenga el polímero, durante el tiempo de vida útil, el plástico conserva sus propiedades y al termino de ese tiempo se vuelve frágil y sus fragmentos se incorporan al ecosistema de manera inocua (Stevens, 2002).

3. Plásticos de degradación controlada: es cuando el polímero se degrada en un tiempo determinado de acuerdo con las necesidades de sus aplicaciones, se tiene un grado de control especificado. El objetivo de crear este tipo de plásticos es eliminar los problemas de los residuos en el medio ambiente basado en la exposición del material a la radiación promoviendo así la foto degradación (Agamuthu y Faizura, 2005). Esta técnica consiste en introducir a las cadenas del polímero aditivos foto sensibilizadores mediante procesos químicos, lo cual ocasiona que al ser expuesta a la luz solar, absorbe la radiación provocando la ruptura de las cadenas formando fragmentos más pequeños y el plástico se desestabiliza debido a su fragilidad, intemperización por el viento, la lluvia, etc., para complementar así la degradación total (Posprsil *et al.*, 2006).

4. Plásticos degradables por el medio ambiente: esta fase se compone de dos procesos: desintegración y mineralización. En el primer método se asocia con el deterioro de las propiedades físicas (decoloración, fragilidad, fragmentación) y la segunda fase corresponde a la transformación final de los fragmentos en CO₂ y H₂O en forma de vapor (Agamuthu y Faizura, 2005).

De acuerdo con Escudero (2011) la degradación del plástico requiere de tres componentes esenciales, si existe la ausencia de alguno de ellos, la degradación no se produce. Dichos componentes son los siguientes:

- Tiene que haber un sustrato (sustancia química o materia orgánica).
- Debe existir un agente que efectuó la degradación.
- Tienen que concurrir características específicas como: humedad, oxígeno en estado molecular si se considera aportado por el aire, o dentro de los procesos anaerobios el aportado por las sales (sulfatos), con su correspondiente generación de gas metano, agua, temperatura adecuada, pH y cantidad básica de nutrientes limitantes.

Formas de Degradación del Plástico

De acuerdo a Brydson (2000) las formas de degradación de plásticos que existen actualmente son las siguientes: fotodegradación, oxodegradación, degradación hidrolítica, biodegradación y degradación química. Entre los más utilizados hoy en día se encuentran la fotodegradación y la biodegradación.

Escudero (2011) reporta las diferentes formas de degradación, agente causal, efecto, restos en el medio y el alcance que tienen para cada tipo de plástico, tal y como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Diferentes formas de degradación, el agente causante, el efecto y los productos de la degradación.

| Tipo de degradación | Agente | Efecto | Restos en el entorno | Alcance |
|---------------------|---------------------------|--|--|--|
| Termodegradación | Temperatura. | Pérdida de calor y propiedades físicas | Compuestos fenólicos tras la degradación | Todos los plásticos |
| Fotodegradación | Luz UV. | Cambio en las propiedades físicas. | Óxidos de Zn, Fe, Mg, Ti, de los aditivos. | PVC,PS, esteres de celulosa, poliolefinas. |
| Degradación Química | Todos | Toxicidad en el medio no controlable. | Compuestos químicos de toxicidad variable. | Polímeros oxo-degradables. |
| Biodegradación | Hongos, algas, bacterias. | CO ₂ +H ₂ O+humus. | Residuo asimilable por las plantas. | Biopolímeros. |

Escudero (2011).

Fotodegradación

Los plásticos fotodegradables son los conformados para degradarse por reacciones químicas. El problema con estos plásticos es el uso continuo de recursos no renovables a base de petróleo y su capacidad cuestionable a descomponerse en dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O) de forma incompleta en el suelo sin emisión de luz (Halley *et al.*, 2001). Existen muchos informes sobre la preparación, propiedades y aplicaciones de los materiales poliméricos degradables, pero pocos informes se refieren a la aplicación agrícola de éstas películas (Fernando *et al.*, 2002).

Los plásticos llamados fotodegradables reciben este nombre porque estos enlaces se catalizan por la luz visible, los factores que controlan la tasa de fotodegradación es importante para las aplicaciones tecnológicas de estos materiales (López y Lira, 2013).

Una de las grandes familias de plásticos degradables, son los plásticos de polietileno con aditivos termo y/o fotodegradantes y son uno de los más utilizados por los agricultores. Estos plásticos reaccionan en presencia de radiación solar. Actualmente, los nuevos aditivos permiten que la degradación no sólo se produzca bajo los efectos de la luz, sino también de la temperatura (Gallego, 2004).

El mecanismo de fotodegradación va aunado a la degradación térmica, ya que los plásticos al exponerse a la radiación también se genera calentamiento o aumento de temperatura. Esta degradación térmica se realiza de dos formas, en primer lugar se da la escisión en los enlaces causando una reducción del peso molecular del polímero y en segundo lugar la incisión de la cadena generando productos volátiles (Murata *et al.*, 2002).

Martin *et al.* (2003) mencionan que la longitud de onda más perjudicial de la radiación solar es la ultravioleta UV, el espectro de la radiación solar se da a diferentes rangos y tiene una diversidad de efectos para los diferentes tipos de plástico; por ejemplo, para el polietileno la degradación del mismo se da en una longitud de onda de alrededor de 300 nm, mientras que para el polipropileno está en los 370 nm. López y Lira (2013) indican que aunque gran parte de la radiación solar es absorbida por la atmósfera, la UV comprendida entre los 280 y 400 nm llega a la superficie terrestre. La energía que genera esta radiación va de 72 a 100 Kcal, lo cual es suficiente para producir la ruptura de los enlaces covalentes y ocasionar el amarillamiento y fragilidad de los polímeros orgánicos.

López y Lira (2013) mencionan que existen dos maneras de obtener polímeros fotodegradables: (1) introduciendo en el polímero grupos funcionales sensibles a la radiación ultravioleta como los grupos carbonilo, mediante la modificación del polímero o la polimerización con monómeros portadores del grupo carbonilo (como cetonas vinílicas) y (2) introduciendo aditivos fotosensibles, catalizadores y peroxidantes que aceleren el proceso de degradación. Así mismo establecen que, el factor condicionante para la fotodegradación es la presencia de luz para activar el proceso. La fotodegradación de los plásticos es útil para productos agrícolas, aunque hay preocupación con respecto a las aplicaciones en

agricultura, por los efectos de los productos formados por la foto degradación del material que queda en el suelo.

Generalidades del cultivo de pepino

Origen e historia

El pepino es nativo de Asia y África, siendo utilizado para la alimentación humana desde hace 3000 años por lo menos. Fue introducido a China en el año 100 a. de C., y posteriormente a Francia en el siglo IX. En Inglaterra era común en 1327, siendo llevado después a Estados Unidos (Whitaker y Davis, 1962)

Clasificación taxonómica del pepino según Engler

Reino: Vegetal

División: Embryophita Siphonogama (fanerógamas)

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotiledoneae

Orden Cucurbitaceae

Género: Cucumis

Especie: sativus

Descripción botánica

Raíz

Su sistema radicular es abundante, ya que su raíz principal puede llegar hasta 1.10 m de profundidad, sin embargo, las raíces secundarias y los pelos absorbentes son bastante superficiales, que pueden medir hasta 65 cm laterales, la mayor concentración de raíces se encuentran entre 25 y 30 cm. De acuerdo a lo anterior esta hortaliza tiene un sistema de raíces muy compacto lo cual tiende a aumentar sus requerimientos de humedad en comparación a las demás hortalizas (García, 2004).

Tallo

Sus tallos son rastreros, postrados y con zarcillos, con un eje principal que da origen a varias ramas laterales principalmente en la base, entre los 20 y 30 primeros centímetros. Son trepadores, llegando a alcanzar de longitud hasta 3.5 metros en condiciones normales.

Hoja

Las hojas son simples, acorazonadas, alternas, pero opuestas a los zarcillos, son ásperos y poseen de 3 a 5 lóbulos angulado y triangulares, epidermis con cutícula delgada que minimiza la transpiración excesiva (López, 2003).

Flor

Contiene flores de ambos sexos en la misma planta, por lo que se le considera monoica, de polinización cruzada; algunas variedades presentan flores hermafroditas. Al inicio se presentan solo flores masculinas en la parte baja de la planta, al centro, en igual proporción, las flores masculinas y femeninas y en la parte superior predominan las femeninas. Las flores masculinas como las femeninas se sitúan en las axilas de las guías secundarias.

Las masculinas tienen el cáliz acorazado con 5 dientes acuminados en forma de lesna, corola adherida al cáliz, en forma de campana, venosa, arrugada y con 5 divisiones; el disco central es trígono, truncado, cubierto por los estambres, que son en número de 3.

Las femeninas tienen la corola y el cáliz igual que las masculinas, 3 filamentos estériles, un estilo y 3 estigmas bífidos. Generalmente días cortos, temperaturas bajas y suficiente agua, inducen a la formación de mayor número de flores femeninas; pero si los días son largos, temperaturas altas y sequía, estas condiciones favorecen la formación de flores masculinas.

La polinización se efectúa en el ámbito de campo, principalmente a través de las abejas. La productividad del cultivo dependerá en gran medida de la

cantidad de flores femeninas que tenga, pues estas mismas se convertirán en frutos (López, 2003).

Fruto

Se considera como una baya falsa (pepónide), alargado cilíndrico, mide entre 15 y 35 cm de longitud, según el cultivar. Es un fruto carnoso color blanco en su interior y el exterior de color verde oscuro o claro, ásperos y verrugosos; en su estadio joven los frutos presentan en la superficie espinas falsas de color blanco o negro, cerosas; en su estadio juvenil que con el tiempo se caen, es el punto óptimo de cosecha y en su estadio de madurez presentan un color amarillo (López, 2003).

Semilla

Es ovalada de color blanca amarillenta, está protegida por una cubierta dura, su tamaño es de 8 a 10 mm de longitud con grosor de 3 a 5 mm (López, 2003).

Requerimientos climáticos

Clima

Es una planta de clima cálido, adaptada a temperaturas altas. Es un cultivo de fotoperiodo corto y buena luminosidad (Castaños, 1993).

Se ha observado que con temperaturas altas la germinación es más rápida, la temperatura para el desarrollo oscila entre 18- 30 °C, siendo la óptima de 25°C. Si hubiera temperatura fresca hasta la floración, las flores femeninas pueden abortar, las necesidades climáticas del cultivo se resumen en el (Cuadro 2).

Cuadro 2. Las necesidades climáticas del cultivo de pepino.

| | | |
|----------------------------|--------|-----------|
| Temperaturas de helada | | -1°C |
| Detención de la vegetación | | 10 - 12°C |
| Germinación | | |
| | Minima | 12°C |
| | Óptima | 30°C |
| | Maxima | 35°C |
| Desarrollo Óptimo | | |
| | Día | 20 - 25°C |
| | Noche | 18 - 20°C |
| Suelo | | |
| | Minima | 12°C |
| | Óptima | 18 - 20°C |
| Humedad Relativa | | |
| | Óptima | 25°C |
| | | 50 - 80% |

Fuente: (Escobar, 1993)

Whutaker y Davis, citados por Yamaguchi (1983) reportan que el fotoperiodo largo (mayor de 12 horas luz) y altas temperaturas producen más flores masculinas. También se reporta que con el biorregulador Etephon aumenta el porcentaje de flores femeninas.

Castaños (1993) menciona que el pepino es cultivo de fotoperiodo corto y de buena luminosidad.

Suelo

El pepino se adapta a cualquier tipo de suelo, prefiriendo los francos arenosos, con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje. En cuanto a pH, está clasificado como una hortaliza moderadamente tolerante a la acidez, manifestando un rango de pH de 6.8 a 5.5 en cuanto a la salinidad, está considerada como medianamente tolerante, con valores de 3840 a 2540 ppm (6-4 mmhos) Maas (1984).

Cataños (1993) menciona que los mejores rendimientos de pepino se obtienen en las texturas de suelo franco arenoso, orgánicos y con buen drenaje.

Fertilización

La fertilización debe hacerse en relación con las necesidades nutricionales del cultivo y de los resultados del análisis de suelo. Como recomendación general las aplicaciones deben fraccionarse durante todo el ciclo del cultivo. La eficiencia de aplicación depende de factores como; dosis correcta, tipos de fertilizantes a utilizar, pH del suelo, aplicación oportuna y forma de aplicación (López, 2003).

La demanda nutricional del pepino según las recomendaciones del Laboratorio de Suelos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal es:

-130 kg de Nitrógeno/ha

-120 kg de Fosforo/ha

-130 kg de Potasio/ha

Castaños (1993) menciona que en el manejo de fertilizante, para el nitrógeno existen resultados experimentales que indican que durante la plantación es conveniente utilizar 12 kg/ha en bandas de ambos lados de la siembra. Para el fósforo menciona que el cultivo responde muy bien a las aplicaciones de este elemento, cuando los resultados de los análisis indican concentraciones inferiores a las 8 ppm. En tales condiciones se recomienda el empleo de 170 a 225 kg de P_2O_5 . Para el potasio menciona que en los suelos deficientes de este nutrimento, se recomienda emplear de 110 a 220 kg de K_2O por hectárea.

Agua

Person (1983) indica que el pepino, durante su ciclo de vida, necesita de agua en cantidades aproximadas de 500 a 600 mm. A pesar de su consumo relativamente alto, prefiere un clima con humedad relativamente baja, se cultiva en zonas áridas y semiáridas, por eso el suministro de agua es importante en todo el ciclo del cultivo.

Narro (1989) menciona que el pepino es muy exigente en cuanto a la humedad de suelo y aire, debido a que su sistema de raíces y estructura foliar es de un desarrollo débil. Para un desarrollo y fructificación normal, la planta requiere

de una humedad de suelo de 70 a 80% de capacidad de campo y una humedad de aire de 80 a 90%.

El pepino es una planta que necesita buena disponibilidad de agua en el ámbito radicular para obtener altas producciones; el contenido de humedad en el suelo debe, mantenerse a niveles cercanos a capacidad de campo; la cantidad de agua debe proporcionarse de acuerdo: a la edad del cultivo y la evapotranspiración potencial del lugar donde esté el cultivo. Debe evitarse el encharcado o inundado del suelo, el control del agua en el suelo es vital para un buen desarrollo del cultivo y para el manejo óptimo de los fertilizantes. Los periodos críticos de riego en el cultivo de pepino son: durante la germinación de la semilla, la floración y en la formación de frutos. Se recomienda aplicar el agua en estos periodos en forma oportuna y controlada (López, 2003).

Densidad de siembra

En el cultivo de pepino los distanciamientos varían de acuerdo al sistema de siembra utilizado (manual o mecanizado); al cultivar, textura de suelo, sistema de riego, ambiente, prácticas culturales y época. Sin embargo, los distanciamientos entre hileras pueden variar entre 0.80 m y 1.50 m; entre postura y/o plantas 0.15 y 0.50 m. La densidad de la población dependerá de los distanciamientos utilizados. Se colocan dos semillas por postura (López, 2003).

Plagas y Enfermedades

En cultivo de pepino, se sugiere utilizar un adecuado calendario de aplicación de insecticidas para todos los insectos plaga, y, sobre todo, para los chupadores, ya que son los causantes primarios de los virus (Valadez, 1998).

Cuadro 3. Principales plagas y enfermedades del pepino.

| Plaga | Nombre científico | Control (Nombre Comercial) | Dosis (l/ha) |
|----------------------------------|---|-------------------------------|-----------------|
| Diabrotica | Diabrotica spp. | Folidol M-50 | 1.0 |
| Pulga saltona | Epitrix cucumeris Harris | Paratión etílico | 1.0 |
| Mosquita blanca | Bemisia tabaci Gennadius | Trigard 75 | 0.5 |
| Chicharrita | Empoasca spp. | Folimat 1000 | 0.5 |
| Pulgón | Aphis gosypii Glover | Phosdrím | 0.3 |
| | Myzuz persicae Sulzer | Metasytox R-50 | 0.5 |
| Gusanos: | | | |
| Barrenador del fruto | Diaphania nitidalis Stoll | Tamarón 600 | 0.3kg |
| Falso medidor | Trichoplusia ni Hubner | Lannate 90% | 1.0 |
| Minador de la hoja | Liriomyza sativae Blanchard | Belmark 100 | 0.3kg |
| Enfermedad | Nombre científico | Control (Nombre Comercial) | Dosis (l/ha) |
| Cenicilla polvorienta | Erysiphe cichoracearum DC | Manzate-200 | 1.5 |
| Cenicilla vellosa | Pseudoperonospora cubensis Berk. Y Curt. | Maneb | 1.5 |
| Antracnosis | Colletotrichum lagenarium (Pass.) Ell. Y Halst. | Zineb | 1.5 |
| | | Dyrene 50 | 2-3 |
| | | Cvs. | |
| | | Resistentes | |
| Virus | | | |
| Mosaico del pepino (VMP) | | Cvs. | |
| Mosaico de la sandía (VMS) | | Resistentes | |
| Mancha angular del tabaco (VMAT) | | | |

(Valadez, 1998, pág. 267).

Fotosíntesis

La fotosíntesis (del griego antiguo “fos-fotós”, ‘luz’, y “sýnthesis”, ‘composición’, ‘síntesis’) es la conversión de materia inorgánica en materia orgánica gracias a la energía que aporta la luz. En este proceso la energía

luminosa se transforma en energía química estable, siendo el adenosín trifosfato (ATP) la primera molécula en la que queda almacenada esa energía química. Con posterioridad, el ATP se usa para sintetizar moléculas orgánicas de mayor estabilidad (Canul, 2013).

El proceso mediante el cual se realiza la conversión de la energía lumínica en los alimentos, se conoce como fotosíntesis. 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 (Castaños, 1993).

CO₂

Es un gas que se encuentra en la atmósfera en concentraciones de 380 ppm, y es asimilado por las plantas como fuente de carbono para la fabricación de biomasa a través del proceso de fotosíntesis. El incremento de la concentración de CO₂ a determinados niveles, puede propiciar un mejor desarrollo de la planta, dado que la presencia en la planta de soluciones que contengan CO₂/H₂CO₃ y sus elementos de disociación, incrementan la asimilación de CO₂, induciendo a un mejor desarrollo del cultivo y mejor producción de biomasa (Vilarnau, 1997).

Bajo condiciones ambientales favorables, generalmente el crecimiento de las plantas es estimulado por elevadas concentraciones de CO₂ atmosférico. Las elevadas concentraciones de CO₂ atmosféricos generalmente tienen dos efectos fisiológicos directos y momentáneos en las plantas. En primer lugar, aumenta la tasa de fotosíntesis en las hojas, debido a la mayor cantidad de CO₂ en los sitios donde las enzimas fijan CO₂. En segundo lugar hace que los estomas cierren en parte, reduciendo de este modo la pérdida de agua debida a la transpiración de la planta (Poorter y Pérez-Soba, 2001).

Transpiración

Es el proceso mediante el cual la planta emite vapor de agua hacia la atmósfera y este evento es afectado por factores como el contenido de humedad en el suelo, la presión atmosférica, la humedad relativa y el viento principalmente. Los estomas se abren y se cierran como respuesta a la luz. El aumento que se produce a primeras horas de la mañana se debe principalmente a la luz (Düring y Loveys, 1996). A medida que avanza el día, la planta transpira y cuando es incapaz de traslocar el agua suficiente desde las raíces para satisfacer las tasas de transpiración, cerrará parcial o totalmente los estomas. Avanzada la tarde, si las condiciones ambientales vuelven a ser propicias, la planta los abrirá de nuevo. Pero en cualquier caso, al atardecer como consecuencia de la disminución de la luz, cerrarán y permanecerán así durante toda la noche.

La temperatura afecta la fotosíntesis a nivel estomático y cloroplástico, el aumento de la temperatura afecta la velocidad de las reacciones metabólicas, si la temperatura del aire es elevada se puede producir un desequilibrio entre el estado hídrico de la hoja y el flujo de transpiración, de manera que si la demanda evapotranspirativa supera a la absorción por las raíces, los estomas se cierran y se frena el intercambio gaseoso (Carbonneau *et al.*, 2000).

Conductancia Estomática

La diferencia de presión de vapor (DPV) entre la hoja y la atmósfera juega un papel fundamental en la apertura estomática. Si los estomas estuvieran todo el día abiertos la evapotranspiración aumentaría linealmente al tiempo que la demanda evaporativa. Cualquier incremento de DPV incrementa la transpiración, y cuando aumenta por encima de un determinado umbral produce una disminución de la conductancia estomática (Zufferey, 2000).

Otros de los factores que afectan la conductancia estomática son: la temperatura foliar, el potasio y el estado hídrico de la planta. En ausencia de limitaciones hídricas, la conductancia estomática está fuertemente correlacionada con el microclima luminoso y térmico de las hojas. La temperatura óptima para la conductancia estomática se suele situar entre 30-32°C. Por otro lado, las altas

temperaturas al inducir estrés hídrico, reducen la conductancia estomática. El cierre estomático es una herramienta de defensa frente a la limitación hídrica, la capacidad fotosintética se mantiene cerca del máximo, en tanto el potencial hídrico foliar no caiga mucho, ya que por debajo un potencial hídrico de $< - 1.0$ MPa la fotosíntesis cae bruscamente (Kriedemann y Smart, 1971).

Clorofila

La clorofila en la hoja está estrechamente relacionada con la concentración de N y por lo tanto, refleja el estado nutricional con respecto a este importante nutriente. El N es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de esta molécula, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis (Salisbury y Ross, 1992; Potash and Phosphate Institute, 1997). Cantidades adecuadas de N en la planta, producen hojas de color verde oscuro debido a que estas tienen alta concentración de clorofila. El pigmento verde de la clorofila absorbe la energía de la luz necesaria para iniciar la fotosíntesis (Rincón y Ligarreto, 2010).

Una forma para determinar el nitrógeno foliar en forma rápida, es mediante el medidor de clorofila Minolta SPAD 502 (Soil Plant Analysis Development) que mide el índice de verdor, el cual está directamente relacionado con el contenido de clorofila en las hojas de la planta. Este equipo portátil permite evaluar indirectamente y en forma no destructiva el contenido de clorofila en la hoja por medio de la luz transmitida a través de la hoja en 650 nm y 940 nm. Su utilización ha dado resultados satisfactorios en cuanto a la evaluación del estado nutricional de N en varios cultivos (Sainz y Echeverría, 1998; Caires *et al.*, 2005).

Novoa y Villagrán (2002) al evaluar el uso de un medidor portátil de clorofila SPAD 502, en el cultivo de maíz, observaron que, los valores del medidor de clorofila están altamente correlacionados con el contenido de N. Indicando que el medidor de clorofila puede ser una herramienta fácil de usar para detectar en el campo niveles críticos de N en hojas de maíz.

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área experimental

El experimento se estableció en el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) en Saltillo, Coahuila. Cuyas coordenadas son: 25°27'37.64" N y 100°58'08.80" O y una altura de 1503 msnm (Google earth) (Consultado el 27 de Octubre del 2013).

Clima

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, indica:

Bso = es el clima más 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 más lluviosos los comprendidos entre julio y septiembre, acentuándose el mes de julio.

e = La evaporación promedio mensual es de 178 mm, siendo la más intensa en los meses de mayo a junio con 236 y 234 mm, respectivamente.

Suelo

El tipo de suelo que presenta el campo experimental es de textura limo-arcillosa, ligeramente salino, con una conductividad eléctrica de 9.7 mmhos/cm y medianamente alcalino, presentando un pH de 8.1. Se le considera medianamente rico en materia orgánica, con contenidos pobres de nitrógeno total y potasio intercambiable, contenidos medianos de fósforo aprovechable y altos contenidos en carbonos totales. La capacidad de campo es de 28.0% y el punto de marchitez permanente de 15.2%, con una densidad aparente de 1.25 g/cm³. El agua de

riego es de clase C3 S1, de calidad media, apta para suelos bien drenados (Munguía, 1983).

Características del Experimento

Las películas fueron pigmentadas con un colorante con tres tonalidades diferentes rojo, azul y verde y con un contenido de 13 % de fierro en su composición en la resina plástica base. En las formulaciones estudiadas se plantea dos concentraciones diferentes del pigmento:

Formulación 1 -- 8% de pigmento

Formulación 2 – 12 % de pigmento

Con estas dos formulaciones se procedió a la obtención de la película extruida para acolchado considerándose los siguientes tratamientos:

- 1) Suelo sin acolchar, testigo (T).
- 2) Acolchado negro de polietileno convencional de baja densidad (AN).
- 3) Acolchado rojo con una formulación de 69%PE+23%TiO+8%pigmento con 1.04%FeO (AR8).
- 4) Acolchado rojo con una formulación de 66%PE+22%TiO+12%pigmento con 1.56% FeO (AR12).
- 5) Acolchado azul con una formulación de 69 %PE+23%TiO+8%pigmento con 1.04% FeO (AA8).
- 6) Acolchado azul con una formulación de 66%PE+22%TiO+12%pigmento con FeO (AA12).
- 7) colchado verde con una formulación de 69%PE+23%TiO+8%pigmento con FeO (AV8).
- 8) Acolchado verde con una formulación de 66%PE+22%TiO+12% pigmento conFeO (AV12).

Las películas fueron de una ancho de 1.20 m y espesor de 35 micras, la superficie de contacto directo a la radiación fue de 0.60 m, las películas fueron elaboradas en la planta piloto #1 del Centro de Investigación en Química Aplicada por método de Extrusión de película por soplado, para este caso el ancho de las películas fueron de 64 cm, y para obtener el ancho de 120 cm, se procedió a sellar dos bandas de película para formar un ancho de 120 cm.

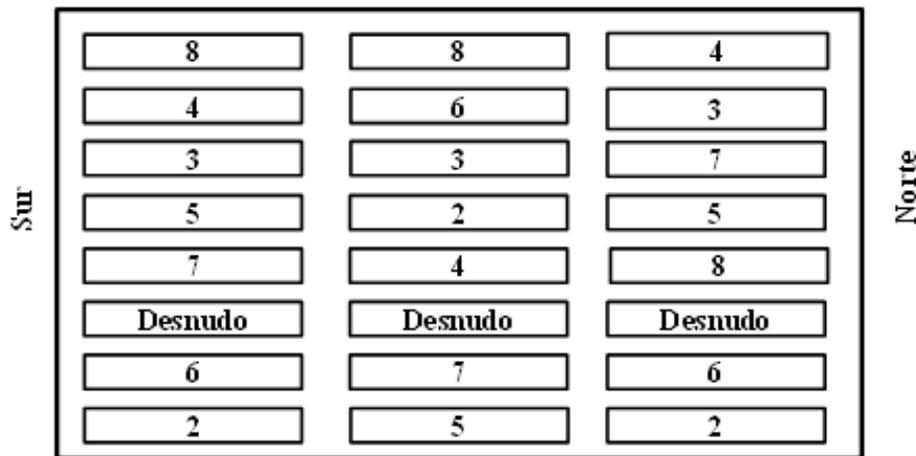
Cuadro 4. Descripción de los tratamientos con acolchados de diferentes colores y dos concentraciones de pigmento para cada color en el cultivo de pepino.

| Tratamientos | Descripción |
|---------------|---|
| Tratamiento 1 | Testigo 1 (Surco sin acolchado) |
| Tratamiento 2 | Acolchado negro de polietileno convencional de baja densidad) |
| Tratamiento 3 | Acolchado rojo (69% PE+23% TiO+8% pigmento) |
| Tratamiento 4 | Acolchado rojo (66% PE+22% TiO+12% pigmento) |
| Tratamiento 5 | Acolchado azul (69% PE+23% TiO+8% pigmento) |
| Tratamiento 6 | Acolchado azul (66% PE+22% TiO+12% pigmento) |
| Tratamiento 7 | Acolchado verde (69% PE+23% TiO+8% pigmento) |
| Tratamiento 8 | Acolchado verde (66% PE+22% TiO+12% pigmento) |

Establecimiento en Campo

Cada tratamiento constó de tres repeticiones con surcos de 6 m de largo y un pasillo de 1 m entre cada repetición.

Cuadro 5. Distribución de los tratamientos en el campo.



Preparación de terreno

Se utilizó un arado de discos para mullir los terrones, y posteriormente se trazaron las camas con una encamadora, las medidas fueron de 1.80 m entre centro y centro de cada cama y una longitud de surcos de 20 m, de donde se obtuvieron las 3 repeticiones.

Instalación del sistema de riego

El sistema de riego fue por goteo, para su instalación se utilizó tubo de polietileno de 1 y 3/4" y cintilla de polietileno de 5/8" para la distribución del agua. La toma de agua fue de manera directa, colocando una llave de paso para su control. Se utilizó también un manómetro para medir la presión y un filtro, al inicio de cada cintilla se colocó una llave de paso para controlar la humedad según los requerimientos de cada tratamiento. La distancia entre goteros fue de 0.3048 m, dando un total de 65 goteros por surco y un total de 656 goteros en toda el área experimental. Con estos datos se calcula que se aplica 656 litros/hora, esto de acuerdo a que cada gotero tiene un gasto de 1 litro/hora.

Colocación de los acolchados plásticos

Los tratamientos se sortearon al azar en cada una de las repeticiones, esto para permitir la aleatorización de los acolchados plásticos, el tratamiento en suelo desnudo se dejó en un solo surco abarcando las tres repeticiones ya que en este sistema será más frecuente el requerimiento de humedad, también se dejaron dos surcos, uno en cada extremo de los tratamientos los cuales se acolcharon con polietileno convencional color negro, esto con la finalidad de evitar el efecto orilla en los tratamientos. Las películas se instalaron de forma manual.

Siembra

Una vez establecido el acolchado en todo el experimento, se procedió a trazar las distancias de las horadaciones en donde fueron colocadas las semillas. Las horadaciones se realizaron con un tubo caliente, posteriormente se realizó la siembra y tapado de semilla a una profundidad de 2 cm colocando dos semillas por orificio para asegurar la emergencia. La siembra se realizó el día 17 de mayo del 2013, por la mañana e inmediatamente se dio un riego pesado de 6 horas.

Material genético

Se utilizó un híbrido Dasher II, que origina una planta vigorosa, su tipo de floración es ginoica y su precocidad es temprana (58 días). Fruto de forma erecta y ligeramente aplanada 20 x 6 cm, uniforme, corteza verde oscuro. Es resistente al virus del pepino (MVC), Cladosporium, Oidio, Mildiu, Antracnosis, Pseudomonas, también es resistente a las altas temperatura.

Fertilización

La fertilización se realizó con la fórmula 240-200-200, la cual fue repartida en 18 aplicaciones durante el desarrollo del cultivo, la primera aplicación fue a la aparición de la segunda hoja verdadera y a partir de ahí se realizaron 2 aplicaciones por semana.

Aclareo

Se realizó un aclareo de planta cuando se observaron 3 hojas verdaderas en plantas del más de 50% del experimento, con la finalidad de solo dejar una planta por orificio, para evitar competencia entre ellas.

Deshierbe

El deshierbe del cultivo se realizó de manera manual entre los pares de camas, se llevó acabo conforme aparecían las malezas.

Control fitosanitario

Se realizaron aplicaciones de manera preventiva para plagas y enfermedades y al momento de observar daños en las plantas, aplicando generalmente dos veces por semana, para esto se utilizó un aspersor manual de 20 litros de capacidad.

Cosecha

Se realizó de manera manual, tomando como índices la aparición de los primeros frutos y conociendo el ciclo del cultivo. Para cuantificar el rendimiento se pesaron en una báscula de reloj de 20 kg de capacidad.

Variables evaluadas

Área foliar

Se realizó a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra, se tomó una planta por repetición seleccionada al azar, se deshojaron las plantas y se midió cada una de las hojas, para sacar el total de área foliar de toda la planta, esta actividad se desarrolló con la ayuda del equipo (LI-3100, LI-COR, Inc Lincoln, Nebraska E.U).

Peso seco de hojas y tallo

Este dato se tomó a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra, tomando una planta por tratamiento y repetición, se pusieron las muestras a secar en una estufa de secado durante 48 horas a una temperatura de 75°C. El peso seco se obtuvo con la ayuda de una báscula electrónica, utilizando los g como unidad de medida.

Peso seco de la planta

Se realizó a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra, tomando al azar una planta para cada tratamiento y repetición, este dato fue estimado para cada tratamiento. Con los datos de los pesos secos de hojas y tallos se hizo una suma, obteniendo así el peso seco de la planta.

Longitud de planta

Se realizó a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra seleccionando una planta al azar en cada tratamiento y repetición, posteriormente fue medida desde la base del tallo hasta la inserción de la última hoja, con la ayuda de una cinta métrica.

Medición de clorofila

Se realizó a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra, seleccionando diez plantas al azar por cada tratamiento y repetición, se tomó el contenido de clorofila por planta y se sacó la media de dichas mediciones, obteniendo así el dato de clorofila para cada repetición. Esta medición se realizó usando un equipo SPAD 502 de Minolta.

Fotosíntesis, Conductancia Estomática y Transpiración

La medición del intercambio de gases fotosintéticos a nivel de hoja se realizó con un IRGA (analizador infrarrojo de gases). En general estos sistemas evalúan el cambio en la densidad de vapor y concentración de CO₂ dentro de una cámara producto del intercambio de gases realizado por una hoja (Squea y Leon, 2007). Se utilizó un sistema para la medición del intercambio de gases fotosintéticos. Modelo LI-6400, tomando la lectura en la tercer hoja en dirección basipetal de las plantas.

Degradación de la película

Este dato se tomó a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra. Se midió con una escala de 0-100%, el cero indica una degradación nula y el 100% una degradación total de las cubiertas. Dicha evaluación fue hecha de forma visual.

Evaluación de rendimiento

Se obtuvo tomando como base los datos de rendimiento obtenidos en cada una de las cosechas, se sumaron dichos rendimientos para cada tratamiento y repetición, obteniendo un rendimiento total; posteriormente se calculó la media de rendimiento para cada tratamiento, también se contaron el número de plantas por tratamiento y repetición y se calculó la media; con estos datos se obtuvo el rendimiento por planta y al final se transformó a rendimiento por hectárea, tomando en cuenta el número de plantas y la distancia entre ellas. Se obtuvieron valores de rendimiento para producto comercial, rezaga y total.

Temperatura de suelo

Este dato se determinó entre la segunda y tercera planta de cada repetición (para este caso solo se tomaron dos repeticiones) tomando la temperatura registrada en las camas a una profundidad de 10 cm. Se determinó durante la estación de crecimiento del cultivo mediante termopares de cobre constantán (0.6 mm de diámetro) conectados a un datalogger (CR850; Campbell Scientific, Logan, Utah, USA) conectado a un multiplexor (AM25T; Campbell, Scientific). El data

logger fue programado para registrar temperaturas cada 10 segundos y almacenarlas en promedio por día y se toma en cuenta la media diaria.

Todas las variables se sometieron a análisis de varianza y se utilizó la prueba de separación de medias de Duncan Todos los análisis estadísticos fueron realizados usando el procedimiento PROC GLM (General Lineal Models) procedimiento de SAS versión 9.2 (SAS Institute, NC).

Diseño Experimental

El diseño experimental bloques al azar con 8 tratamientos y 3 repeticiones, el modelo estadístico es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable aleatoria observable.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j = Efecto del j-ésimo bloque.

E_{ij} = error experimental para cada observación (ij).

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Peso seco de planta

En el cuadro 6 se muestra el peso seco de planta durante las cuatro fechas de muestreo de este estudio. En el primer muestreo realizado a los 25 dds se observa una diferencia estadística clara en los AR8, AR12, AA8 y AV12 con respecto al Testigo, quien presentó el valor medio de peso seco de planta más bajo que todos los tratamientos. A los 35 dds se observa diferencia significativa en los tratamientos AN y AA8 con respecto al Testigo, que presentó el valor más bajo obtenido en dicho muestreo, siendo estadísticamente similar al resto de los tratamientos. En el tercer muestreo realizado a los 45 dds los tratamientos AN y AA12 presentan un comportamiento superior a los tratamientos AR12 y AV8 los cuales a su vez fueron similares al resto de los tratamientos acolchados, el Testigo fue superado por todos los tratamientos acolchados. A los 55 dds el tratamiento que presentó superioridad estadística fue el tratamiento AR8 mostrando una clara diferencia significativa respecto al resto de los tratamientos, los tratamientos AR12 y AA8 obtuvieron el valor más bajo del muestreo aunque presenta un comportamiento estadísticamente similar al Testigo. La acumulación de masa seca en los tratamientos con acolchado mostró en general una diferencia con respecto al Testigo. Se puede atribuir dicha diferencia a las ventajas del acolchado plástico tales como el aumento de la temperatura del suelo, la retención de humedad y el aprovechamiento óptimo del agua y los fertilizantes. Nuestros resultados son semejantes a los obtenidos por Ojeda (2003) quien trabajando con acolchados plásticos de distintos colores en el crecimiento vegetativo y rendimiento en el cultivo de pepino encontró que en los tratamientos con acolchado plástico se obtuvo una superioridad en magnitud de peso seco de planta con respecto al testigo. A si mismo los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los obtenidos por Ramírez (2011) quien trabajando con acolchados fotoselectivos en el cultivo de sandía reportó mayores crecimientos en los tratamientos con acolchado con respecto al testigo. García (2004) reporta que en el cultivo de pepino sobre acolchados de colores, se obtuvo una mayor producción de biomasa de planta en comparación con el suelo desnudo.

Cuadro 6. Comparación de las medias para peso seco de planta (g) en el cultivo de pepino, a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra (dds), ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila.

| Tratamiento | 25 dds | 35 dds | 45 dds | 55 dds |
|-------------|--------|----------|---------|----------|
| 2 AN | 2.0 ab | 16.9 a | 27.6 a | 31.0 cde |
| 3 AR8 | 2.2 a | 11.0 bc | 25.3 ab | 56.0 a |
| 4 AR12 | 2.3 a | 12.7 bc | 20.8 b | 29.6 e |
| 5 AA8 | 2.2 a | 14.6 ab | 24.3 ab | 27.3 e |
| 6 AA12 | 2.0 ab | 13.6 abc | 26.6 a | 41.6 b |
| 7 AV8 | 1.9 b | 12.3 bc | 20.2 b | 33.0 cd |
| 8 AV12 | 2.2 a | 12.5 bc | 23.3 ab | 35.8 c |
| 1 Testigo | 1.4 c | 10.8 c | 15.1 c | 27.6 e |
| <i>P</i> | 0.0003 | 0.0378 | 0.0033 | 0.0001 |
| C.V. (%) | 8.0 | 14.5 | 12.0 | 7.5 |

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$).

Longitud de tallo

En el cuadro 7 se presenta la longitud del tallo de la planta durante las cuatro fechas de muestreo. En el primer muestreo realizado a los 25 dds se observan diferencias estadísticas entre los tratamientos mostrándose como superior el tratamiento AV12 con 16.4 cm de longitud de tallo, seguido por el AA8 y AN con 16.0 y 13.8 cm, respectivamente, el Testigo fue quien presentó el valor más bajo con 7.5 cm sin embargo mostró un comportamiento muy similar a los tratamientos AV8 y AR8. A los 35 dds se presenta una diferencia significativa en los tratamientos AR8 y AA12 con respecto a los tratamientos restantes, los tratamientos AR12 y Testigo presentaron un crecimiento de tallo más bajo en el muestreo, su comportamiento estadístico es similar. En el tercer muestro realizado a los 45 dds el tratamiento AR8 muestra un crecimiento superior a los demás tratamientos, marcando diferencia significativa, en el resto de los acolchados plásticos el comportamiento de longitud de tallo es muy similar, nuevamente el suelo desnudo fue superado por los todos los tratamientos acolchados. En el último muestreo realizado a los 55 dds se presentó un comportamiento similar entre los tratamientos AA12, AV8 y AV12 marcando una clara diferencia significativa con respecto a los tratamientos restantes, el Testigo siguió la misma

tendencia que en los muestreos anteriores mostrando un crecimiento bajo, siendo superado por todos los tratamientos acolchados. En el cuadro 7 observamos que en los acolchados fotodegradables en general se dio un crecimiento del tallo mayor respecto al Testigo y muy similar y en ocasiones mayor que el obtenido en el tratamiento AN. A los 55 dds se observa un comportamiento con ciertas diferencias que en los muestreos anteriores, esto se puede atribuir a el grado de degradación que presento cada película plástica. Los resultados del presente estudio concuerdan con los obtenidos por Ramírez (2011) quien trabajando en cultivos de melón y sandía, utilizando acolchados fotoselectivos encontró un mayor crecimiento de guía primaria en los tratamientos con acolchado. Resultados similares a los obtenidos en el presente estudio, son reportados por Farias y Orozco (1997) en sandia, y Rubeiz y Freiwat (1995) en tomate, quienes encontraron que el uso de acolchado plástico resulta en un mayor crecimiento de las plantas.

Cuadro 7. Comparación de las medias para longitud de tallo (cm) en el cultivo de pepino, a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra (dds), ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila.

| Tratamiento | 25 dds | 35 dds | 45 dds | 55 dds |
|-------------|---------|---------|---------|---------|
| 2 AN | 13.8 bc | 50.3 c | 88.6 b | 139.6 b |
| 3 AR8 | 9.0 d | 62.0 a | 113.3 a | 131.3 c |
| 4 AR12 | 12.8 c | 33.0 d | 86.6 b | 125.0 d |
| 5 AA8 | 16.0 ab | 51.0 c | 96.6 b | 132.3 c |
| 6 AA12 | 13.3 c | 60.0 a | 83.0 b | 151.3 a |
| 7 AV8 | 9.8 d | 57.0 ab | 94.0 b | 152.0 a |
| 8 AV12 | 16.4 a | 52.3 bc | 83.0 b | 154.0 a |
| 1 Testigo | 7.5 d | 31.3 d | 52.3 c | 92.0 e |
| <i>P</i> | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0001 |
| C.V. (%) | 11.2 | 6.3 | 10.3 | 2.6 |

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$)

Área foliar

En el cuadro 8 se muestra el área foliar por planta durante las cuatro fechas de muestreo. A los 25 dds se muestra una clara diferencia en el tratamiento AA8 con respecto a los tratamientos AR8, AA12, AV8 y Testigo siendo este último quien presentó el área foliar más baja del muestreo. En el segundo muestreo realizado a los 35 dds se observa una diferencia claramente superior en el tratamiento AR8 con respecto al resto de los tratamientos, el Testigo presentó la menor área foliar, mientras el resto de los tratamientos acolchados mostraron en general un comportamiento estadísticamente similar entre sí. A los 45 dds el AN presenta diferencia estadística respecto a los tratamientos AR12, AV8, AV12 y Testigo quienes mostraron un comportamiento estadísticamente similar, los tratamientos AR8, AA8 y AA12 presentaron similitud con el tratamiento AN. En el último muestreo efectuado a los 55 dds se presentan como mejores tratamientos en lo que respecta a área foliar al tratamiento AR8 y al AV12 que presentaron un comportamiento similar, mostrando una clara diferencia significativa con respecto al resto de los tratamientos, el Testigo fue el tratamiento con menor área foliar del muestreo, siendo superado por los tratamientos acolchados. En los resultados mostrados se observa que en los tratamientos con acolchado se obtuvo en general la mayor área foliar, así mismo se observa que el AN fue superado cuantitativamente en todos los muestreos por varios de los tratamientos con películas fotodegradables. Nuestros resultados concuerdan con los mostrados por Ojeda (2003) en un estudio realizado en el cultivo de pepino, donde encontró que las plantas desarrolladas con acolchado tuvieron mayor superficie foliar que las del testigo, indicando así que las plantas de pepino cultivadas con acolchado fueron favorecida en promedio en su producción de área foliar y por consiguiente se presentó un incremento en rendimiento temprano y total. Análoga semejanza es reportada por García (2004) quien observó en el cultivo de pepino un mayor índice de área foliar en las plantas desarrolladas en los tratamientos con acolchado plástico.

Cuadro 8. Comparación de las medias para área foliar (cm²) en el cultivo de pepino, a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra (dds), ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila.

| Tratamiento | 25 dds | 35 dds | 45 dds | 55 dds |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2 AN | 312.0 abc | 1589.6 c | 5255.5 a | 5173.3 d |
| 3 AR8 | 218.0 d | 2712.9 a | 4820.8 ab | 10517.7 a |
| 4 AR12 | 355.3 ab | 1793.8 cb | 3012.5 c | 4097.3 f |
| 5 AA8 | 366.0 a | 1773.4 bc | 4955.6 ab | 5010.0 de |
| 6 AA12 | 296.3 c | 2099.7 b | 5053.4 ab | 5682.0 c |
| 7 AV8 | 269.3 cd | 1784.9 bc | 2078.4 d | 5314.3 cd |
| 8 AV12 | 326.0 abc | 1784.9 bc | 4195.7 b | 7991.0 ab |
| 1 Testigo | 131.3 e | 779.8 d | 2354.0 cd | 4613.0 e |
| <i>P</i> | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| C.V. (%) | 11.2 | 14.0 | 11.6 | 4.7 |

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$).

Clorofila

En el cuadro 9 se muestra el contenido de clorofila por planta durante las cuatro fechas de muestreo de este estudio. En la evaluación de la clorofila en unidades SPAD, se obtuvo que a los 25 y 45 dds, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. A los 35 dds se observó una diferencia significativa en los tratamientos Testigo y AR12 en comparación con el AN, el cual a su vez mostro un comportamiento similar al resto de los tratamientos, sin embargo, en esta fecha se muestra un aumento importante en clorofila en comparación con el resto de los muestreos realizados. A los 55 dds se obtuvo una superioridad en contenido de clorofila en el tratamiento AR12 con respecto al AV8, aunque este a su vez mostró un comportamiento con gran similitud al obtenido en el resto de los tratamientos. Los resultados obtenidos en este estudio no muestran una buena relación entre el contenido de clorofila y el rendimiento de biomasa y rendimiento total de frutos (datos no mostrados). Estos resultados concuerdan en parte con los obtenidos por Ramírez (2011) en cultivo de melón con el uso de acolchados fotoselectivos, donde indica que se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) a los 40 y 55 dds, siendo el testigo sin acolchar el que registró el mayor contenido de unidades SPAD en comparación con las plantas

crecidas en los tratamientos acolchados. Reportes similares a los obtenidos en nuestro estudio fueron reportados por Rodríguez *et al.* (1998) quienes encontraron que en el cultivo de tomate, no se dio una correlación directa en unidades SPAD y el rendimiento de fruto por planta, sin embargo encontraron una alta correlación entre unidades SPAD y concentración de clorofila extractable en la hoja y porcentaje de nitrógeno en la misma, por lo cual recomiendan ampliamente el uso de los medidores SPAD 502. Los resultados del presente estudio no se soportan suficientemente para indicar el porqué de las diferencias de tratamientos en contenido de unidades SPAD.

Cuadro 9. Comparación de las medias para clorofila en unidades SPAD, en el cultivo de pepino, a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra (dds), ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila.

| Tratamiento | 25 dds | 35 dds | 45 dds | 55 dds |
|-------------|--------|---------|--------|---------|
| 2 AN | 48.2 | 79.5 b | 50.4 | 49.3 ab |
| 3 AR8 | 49.9 | 80.1 ab | 53.0 | 50.2 ab |
| 4 AR12 | 48.9 | 83.2 a | 52.1 | 52.1 a |
| 5 AA8 | 50.2 | 81.4 ab | 52.7 | 50.9 ab |
| 6 AA12 | 49.7 | 80.5 ba | 50.5 | 48.4 ab |
| 7 AV8 | 50.1 | 81.1 ab | 51.3 | 48.3 b |
| 8 AV12 | 50.2 | 82.4 ab | 52.5 | 51.0 ab |
| 1 Testigo | 51.5 | 83.2 a | 52.1 | 49.0 ab |
| <i>P</i> | NS | 0.0173 | NS | 0.0392 |
| C.V. (%) | 3.1 | 1.4 | 2.7 | 2.6 |

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$).

Fotosíntesis, Conductancia Estomática y Transpiración.

En el cuadro 10 se muestra la fotosíntesis, conductancia estomática y la transpiración de las plantas a los 30 dds. El cuadro 11 a su vez muestra estas mismas variables en el muestreo realizado a los 55 dds. Se observa que no existe diferencia estadísticamente significativa en todas las variables en ambos muestreos. Estos resultados muestran que las variables fisiológicas no son afectadas por el uso de acolchados plásticos fotodegradables ni convencionales tomando como referencia al suelo desnudo. Nuestros resultados son similares a

los reportados por Canul (2013) quien estudiando el cultivo de pimiento cultivado sobre películas de acolchado plástico de colores, observó que el factor acolchado plástico no mostró significancia estadística en las variables de fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración en los muestreos realizados a los 40, 55 y 70 ddt. Análoga semejanza es reportada por Díaz (2010) quien encontró que las variables fisiológicas no fueron afectadas de manera significativa por el uso de acolchado plástico en plantas de pimiento morrón. Sin embargo, nuestros resultados, difieren de los obtenidos por Liang *et al* (2011) quienes encontraron que con el uso de acolchado plástico en plantas de pimiento morrón se incrementa la tasa de fotosíntesis neta, conductancia estomática, concentración de CO₂ intracelular y la tasa de transpiración.

Cuadro 10. Fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración a los 30 dds en el cultivo de pepino, ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila.

| Tratamiento | Fotosíntesis (mmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹) | Conductancia (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) | Transpiración (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) |
|-------------|---|---|---|
| 2 AN | 16.5 | 0.55 | 13.8 |
| 3 AR8 | 15.4 | 0.50 | 13.3 |
| 4 AR12 | 15.1 | 0.48 | 12.5 |
| 5 AA8 | 16.0 | 0.47 | 13.4 |
| 6 AA12 | 15.4 | 0.45 | 12.8 |
| 7 AV8 | 16.6 | 0.59 | 14.0 |
| 8 AV12 | 16.2 | 0.47 | 12.3 |
| 1 Testigo | 17.5 | 0.55 | 14.4 |
| <i>P</i> | NS | NS | NS |
| C.V. (%) | 14.1 | 32.8 | 14.8 |

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$).

Cuadro 11. Fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración a los 55 dds en el cultivo de pepino, ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila.

| Tratamiento | Fotosíntesis (mmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹) | Conductancia (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) | Transpiración (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) |
|-------------|---|---|---|
| 2 AN | 21.8 | 0.60 | 17.0 |
| 3 AR8 | 22.2 | 0.81 | 19.0 |
| 4 AR12 | 21.3 | 0.54 | 17.0 |
| 5 AA8 | 20.0 | 0.69 | 17.9 |
| 6 AA12 | 20.5 | 0.66 | 18.8 |
| 7 AV8 | 21.8 | 0.70 | 18.6 |
| 8 AV12 | 18.7 | 0.76 | 18.8 |
| 1 Testigo | 19.53 | 0.73 | 18.4 |
| <i>P</i> | NS | NS | NS |
| C.V. (%) | 11.3 | 29.4 | 11.9 |

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$).

Degradación de las películas plásticas.

En el cuadro 12 se muestra el porcentaje de degradación de las películas plásticas durante las cuatro fechas de muestreo del cultivo y al final del ciclo del cultivo de este estudio. En el primer muestreo realizado a los 25 dds se observa una diferencia significativa en los tratamientos AR8 y AA12 con respecto a los demás tratamientos con películas fotodegradables, mostrando estos los mayores valores de degradación, el AN no mostró degradación alguna. A los 35 dds todos los tratamientos de acolchado fotodegradable mostraron un comportamiento estadísticamente superior ($p \leq 0.05$) al acolchado plástico negro convencional en degradación. En el tercer muestreo efectuado a los 45 dds se observa una superioridad en magnitud de la degradación del AV12 con respecto a los tratamientos AA8 y AV8, y estos a su vez se comportaron de manera similar al resto de los tratamientos con películas fotodegradables. A los 55 dds no se mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con películas fotodegradables, pero sí de estos con respecto al tratamiento AN que mostró una degradación nula. Al final del ciclo de cultivo a los 75 dds nuevamente se encontró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos

fotodegradables, sin embargo el tratamiento con mayor grado de degradación cuantitativamente fue el AV12. El AN no mostró degradación alguna.

Cuadro 12. Comparación de las medias para la degradación de las películas (%) en el cultivo de pepino, a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra (dds), ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila.

| Tratamiento | 25 dds | 35 dds | 45 dds | 55 dds | 75 dds |
|-------------|---------|----------|---------|--------|--------|
| 2 AN | 0.0 c | 0.0 d | 0.0 c | 0.0 b | 0.0 b |
| 3 AR8 | 38.3 a | 55.0 ab | 63.3 ab | 75.0 a | 86.6 a |
| 4 AR12 | 20.6 b | 45.0 abc | 60.0 ab | 70.0 a | 91.6 a |
| 5 AA8 | 30.0 ab | 43.3 bc | 50.0 b | 68.3 a | 87.6 a |
| 6 AA12 | 38.3 a | 58.3 ab | 63.3 ab | 73.3 a | 89.3 a |
| 7 AV8 | 21.6 b | 38.3 c | 46.6 b | 71.6 a | 88.3 a |
| 8 AV12 | 33.3 ab | 60.0 a | 73.3 a | 78.3 a | 95.6 a |
| <i>P</i> | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| C.V. (%) | 24.7 | 14.1 | 18.0 | 11.6 | 5.9 |

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$).

Temperatura de suelo

En el cuadro 13 se muestra la comparación de medias para la temperatura mínima, máxima y media del suelo en el cultivo de pepino durante un periodo de 70 dds. Se presentaron diferencias estadísticas en la temperatura mínima, máxima y media de suelo. La temperatura mínima de suelo fue cuantitativamente superior en los tratamientos con acolchado, respecto al testigo donde se obtuvo el valor más bajo correspondiente con 20.7°C; mientras que el AN, registró una temperatura mínima superior promedio de 23.5°C respecto a la de los demás tratamientos, aunque dichos valores fueron estadísticamente similares a los obtenidos en los tratamientos AR8, AA8, y AV8. En temperatura máxima el tratamiento AN tuvo un comportamiento superior a la mayoría de los tratamientos con películas degradables y el Testigo, excepto que los tratamientos AR8 y AA8. No hubo una clara diferencia estadística en superioridad del resto de los tratamientos acolchados con respecto al Testigo. Los valores más altos registrados en el periodo fueron; 31.6, 29.8 y 29.0°C, correspondientes a los tratamientos AN, AR8 Y AA8, nuevamente el testigo fue quien registro el valor más

bajo generando un promedio de 26.7°C. En la temperatura media del suelo, el AN fue estadísticamente superior ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás tratamientos, mostrando un valor igual a 27.4°C, el testigo obtuvo un promedio de 23.5°C siendo el menor valor de todos los tratamientos. Los resultados de este estudio concuerdan con los de Castillo (1998) quien observó que las temperaturas mínimas y máximas del suelo bajo diferentes acolchados de polietileno de baja y alta densidad, transparente y de colores (blanco, gris humo, negro, aluminizado, verde, azul, coextruido blanco-negro y café-negro) se mostraron superiores al testigo sin acolchar en el cultivo de brócoli.

Cuadro 13. Comparación de las medias para la temperatura mínima, máxima y media (°C) en el cultivo de pepino, durante 70 días después de la siembra (dds), ciclo primavera-verano 2013, Saltillo, Coahuila.

| Tratamiento | T min | T max | T med |
|-------------|---------|---------|---------|
| 2 AN | 23.5 a | 31.6 a | 27.4 a |
| 3 AR8 | 22.4 ab | 29.8 ab | 25.0 bc |
| 4 AR12 | 21.9 bc | 27.9 b | 24.7 c |
| 5 AA8 | 22.5 ab | 29.0 ab | 25.6 b |
| 6 AA12 | 21.5 bc | 28.4 b | 24.4 cd |
| 7 AV8 | 22.3 ab | 28.1 b | 25.1 bc |
| 8 AV12 | 21.5 bc | 27.7 b | 24.3 cd |
| 1 Testigo | 20.7 c | 26.7 b | 23.5 d |
| <i>P</i> | 0.0017 | 0.0099 | 0.0001 |
| C.V. (%) | 1.4 | 2.6 | 0.8 |

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$).

Rendimiento

En el cuadro 14 se muestra el rendimiento precoz, rezaga, comercial y total del cultivo de pepino. En los resultados obtenidos correspondientes a rendimiento precoz reportado durante los primeros 10 días de cosecha no hubo una diferencia estadística entre tratamientos, aunque se observa una superioridad de rendimiento en los tratamientos con acolchado en comparación con el Testigo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ramírez (2011) quien indica que en rendimiento en el cultivo de melón, las plantas desarrolladas en los tratamientos

con acolchado no presentaron diferencias estadísticas entre sí, pero si con el testigo que registró un rendimiento menor. De igual manera Buclon, citado por Rodríguez (1997) trabajando en melón con acolchados de polietileno de distinto color (transparente, gris humo y negro) obtuvo mayor adelanto de cosecha. Los resultados de mayor precocidad conseguidos por los acolchados plásticos son principalmente debidos a la influencia sobre la temperatura de suelo lograda por los acolchados. En los datos obtenidos de rendimiento rezaga, no se muestran diferencias significativas entre los tratamientos, aunque se muestra el mayor rendimiento en el tratamiento AA12 con 15.8 ton/ha, mientras que el tratamiento que produjo menos rezaga fue el Testigo con 6.4 ton/ha. Generalmente un mayor rendimiento total es indicador de mayor rendimiento rezaga, lo que sucedió en nuestro estudio. En el rendimiento comercial, se mostraron los valores más altos de rendimiento en los tratamientos; AV8, AR8 Y AR12 con valores de 61.4, 60.2 y 58.0 ton/ha, mostrando una diferencia estadísticamente significativa con respecto al testigo que presentó el valor más bajo con un rendimiento de 33.8 ton/ha. En rendimiento total todos los tratamientos acolchados tuvieron un comportamiento estadísticamente similar, sin embargo, los tratamientos AR8, AR12 y AV8 mostraron un rendimiento superior con valores de 72.5 ton/ha, 69.2 ton/ha y 71.1 ton/ha, respectivamente. Es de destacarse que la mayoría de los tratamientos fotodegradables superaron cuantitativamente en rendimiento al tratamiento AN que registró un rendimiento de 61.3 ton/ha. El Testigo fue superado por todos los tratamientos acolchados, registrando un valor de rendimiento total de 40.3 ton/ha. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por (García 2004) quien trabajando con acolchados de diferentes colores convencionales en el cultivo de pepino encontró que los rendimientos de los tratamientos acolchados superaron al testigo. García (1996) menciona que los aumentos en los rendimientos pueden deberse a que las plantas con acolchado proporcionan condiciones más favorables a los cultivos como son mayor retención de humedad por la baja evaporación, mayor temperatura de suelo y además un mejor aprovechamiento de los nutrimentos ya que su pérdida por lixiviación se minimiza.

Cuadro 14. Comparación de los rendimientos promedio en el cultivo de pepino, en el ciclo primavera -verano 2013, Saltillo, Coahuila.

| Tratamiento | Rendimiento Precoz ton/ha | Rendimiento Rezaga ton/ha | Rendimiento Comercia ton/ha | Rendimiento Total ton/ha |
|-------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 2 AN | 26.6 | 8.5 | 52.8 ab | 61.3 ab |
| 3 AR8 | 24.6 | 12.3 | 60.3 a | 72.5 a |
| 4 AR12 | 29.9 | 11.2 | 58.0 a | 69.2a |
| 5 AA8 | 27.5 | 10.2 | 52.4 ab | 62.6 ab |
| 6 AA12 | 27.2 | 15.9 | 51.1 ab | 66.9 ab |
| 7 AV8 | 19.5 | 9.7 | 61.4 a | 71.1 a |
| 8 AV12 | 19.9 | 12.1 | 48.6 ab | 60.7 ab |
| 1 Testigo | 19.3 | 6.4 | 33.9 b | 40.3 b |
| <i>P</i> | NS | NS | 0.0075 | 0.0299 |
| C.V. (%) | 32.5 | 42.0 | 12.8 | 15.0 |

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$).

V.- CONCLUSIONES.

- El uso de acolchados plásticos fotodegradables, favorece el crecimiento del cultivo de pepino de manera similar al obtenido con el acolchado plástico negro convencional.
- El uso de acolchados con películas plásticas fotodegradables y convencionales no afectan la fotosíntesis unitaria ni el contenido de clorofila.
- Con los acolchados plásticos se logran incrementos temperatura del suelo influyendo en un mayor crecimiento del cultivo y en el aumento de la producción con respecto al testigo.
- La generalidad de los tratamientos acolchados superó en magnitud en rendimiento total al acolchado convencional
- Se sugiere evaluar el uso de películas fotodegradables en futuros ensayos para obtener una mayor confiabilidad de los resultados obtenidos

VI.- BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Agamuthu and Faizura. 2005. Biodegradability of Degradable Plastic Waste. *Waste Management & Research*, 23: 1-6.
- Alvarado, P. y Castillo, H. 1999. Acolchado de suelo, mediante filmes de Polietileno. *Revista el Agroeconómico de la Fundación Chile*. 50: 47-52.
- Bello, D. 2009. Plásticos biodegradables, una alternativa verde. Instituto Cubano de Investigación de los Derivados de la Caña de Azúcar.
- Berardocco, H.G. 2011 Acolchado plástico, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.
- Billingham, N.C., Bonora, M., Corte, D. 2004. Environmentally degradable plastics base on oxodegradation of conditional polyolefins. *Plastics Solutions Canada Inc. Bioscience* 1999: 87:752-755.
- Brydson, J. 2000. *Materiales Plásticos*. Former Head of the Department of Physical Sciences and Technology, Polytechnic of North London (NowKnown as the Univesrsity of North London).
- Caires N.O, Guedes de Carvalo J, Dias MFA, Pereira Tr, Pinho PJ. 2005. Uso do SPAD 502 na avaliacao do teores foliares de clorofila, nitrógeno, enxofre, ferro e manganes do algodoneira herbáceo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40(5):71-87.
- Canul. T.C. 2013. Pimiento (*Capsicum annum L.*) Cultivado Sobre Películas de Acolchado Plástico de Colores en Condiciones de Casa Sombra: Efecto sobre el Crecimiento, Absorción de Nutrientes y Rendimiento de Frutos. Tesis de Maestria. CIQA. Saltillo, Coahuila, México.
- Carbonneau, A. 2000. Recent developments in grapevine canopy management. *Acta Horticulturae* 526: 109-113.
- Cárdenas, A.E. 2012. Efecto de películas para invernadero con propiedades ópticas especiales, sobre el crecimiento y rendimiento de un cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*). Tesis de licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Castaños, C.M. 1993. *Horticultura manejo simplificado*. Primera edición en español. Editado por la UACH. Chapingo, México.

- Castillo, M. 1998. Efecto de diversos tipos de acolchados plásticos sobre la temperatura del suelo y su influencia sobre el desarrollo de malezas, precocidad y rendimiento de un cultivo de brócoli. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Fac. Ciencias Agronómicas.
- Cortés, M.J.M. 2002. Efectos del acolchado plástico de diferentes colores en la fotosíntesis y rendimiento en el cultivo de papa. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Díaz-Pérez, J.C. y 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: 127-132.
- Díaz, S.T., Espinoza. G.E., Fontecha. R.J., Jiménez. G.J., Lopéz. G.J., Salmeron. C.A. 2001. Los filmes plásticos en la producción agrícola. Madrid: Editoriales Mundi-Prensa.
- Düring H., B. R. Loveys. 1996. Stomatal patchiness of field-grown Sultana leaves: Diurnal changes and light effects. *Vitis* 35, 7-10.
- Escobar, J. 1993. El pepino holandés. Información general del cultivo de pepino (Internet).
- Escudero, C. 2011. Determinación de la biodiversidad y toxicidad de materiales plásticos. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Fariás-Larios, J. and Orozco-Santos, M. 1997. Color polyethylene mulches increase fruit quality and yield in watermelon and reduce insect pest populations in dry tropics. *Gartenbauwissenschaften*. 62:255–260.
- Fernando, W.C., Suyama K, Itoh K, Tanaka H, Yamamoto H 2002 Degradation of an acylated starch-plastic mulch film in soil and impact on soil microflora. *Soil Sci Plant Nutrition* 48(5):701–709.
- Feuilloley, P., Cesar, L., Benguigui, Y., Grohens, I., Pillin, H., Bewa, S., Lefaux, M. 2005. Degradation of polyethylene for agricultural purposes. *J. Polymer Environ.* 13: 349-355.
- Gallego, E., Goodey, R.J., Ayuga, F. Brawn ,C.J. 2004. Some practical features in modelling silos with finite elements. ASAE paper N° 0444150. Joseph Mich: ASAE.
- García, A.N. 2004. Efecto del acolchado plástico de diferentes colores en el crecimiento vegetativo y rendimiento en el cultivo de pepino (Cucumis

- sativus L.) en tres ciclos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- García, C.A. 1996. Evaluación de película fotoselectivas para acolchado de suelos en el cultivo de pepino. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köepen. Primera Edición. México, D.F.
- Gho, J.G., Billingham, N., Chiellini, E., Swift, G., Wiles, D., Katsaros, N. 2008. Guide EPI Oxo-Biodegradable Plastics. Piso 8, 1788 West Broadway, Vancouver, BC, V6J 1Y1, Canadá. www.epi-global.com.
- Greer L, Dole JM (2003) Aluminum foil, aluminum-painted, plastic, and degradable mulches increase insect-vectored viral diseases of vegetables. HortTechnol 13:276–284.
- Griffin, G.J.L. 1994. Chemistry and Technology of biodegradable polymers. Blackie Academic Professional. Chapman and Hall Editors.
- Kriedemann, P. E., and Smart, R. E. 1971. Effects of irradiance, temperature and leaf water potential on photosynthesis of vine leaves. Photosynthetica 5: 6-15.
- Halley, P., Rutgers, R., Coombs, S., Kettels, J., Gralton, J., Christie, G., Jenkins, M., Beh, H., Griffin, K., Jayasekara, R., Lonergan, G. 2001. Developing biodegradable mulch films from starch based polymers. Starch/Starke 53: 362-367.
- Ibarra, J.L y A. Rodríguez 1991. Acolchados de suelo con películas plásticas. Editorial Limusa. 1a Ed. México D.F.
- Koutny, M., Sancelme, M., Dabin, C., Pichon, N., Delort, A., Lemaire, J. 2006. Acquired biodegradability of polyethylenes containing pro-oxidant additives. Polymer Degradation and Stability 91:1495-1503.
- Liu. M., Horrocks, A.R. 2002. Polymer degradation and stability, 75: 485-499.
- López, T.G., Lira. S.R.H. 2013. Agroplasticultura sustentable, Editorial Academica Española, 1º Ed.
- López, Z.C.2003. Guía técnica; cultivo del pepino. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal <http://www.centa.gob.sv/sidia/pdf/produccion/Acolchado%20Plastico.pdf>.

- Maroto, B. J. V. 2008. Elementos d horticultura general. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 3a ed..481.
- Martin, J.W., Chin, J.W., Nguyen, T. 2003. Reciprocity law experiments in polymeric photo degradation: a critical review. *Progress in Organic.*
- Martiez, C.J. Acolchado en hortalizas, Facultad de agronomía, UANL.
- Mass, C.V. 1984. Crop Tolerance. En *California Agriculture*. Vol. 38 (10): 20 – 21.
- Munguía, L.J. 1983. El acolchado del suelo y la práctica del riego en el cultivo de espinaca (*Spinacea oleraceas L. Var. Vitroflay*). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonia Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Murata, K., Hirano, Y., Sakata, Y., Uddin, MA. 2002. Basic study on a continuous flow reactor for thermal degradation of polymers. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 65: 71-90.
- Narro, C.A. 1989. Acolchado de suelo, Fertilización y programas de riego en el cultivo de pepino Pickles (*Cucumis sativus L.*). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonia Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Novoa R, Villagran A. 2002. Evaluación de un isntrumeneto medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agricultura Técnica* 62(1):165-171.
- Ohtake, Y., Kobayashi, T., Asabe, H., Murakami, N. 1998. Studies on biodegradation of LDPE — observation of LDPE films scattered in agricultural fields or in garden soil. *Polymer Degradation and Stability*, 60: 79–84
- Ojeda, B.S. 2003. Efecto del acolchado plástico de diferentes colores en el crecimiento vegetativo y rendimiento en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Person, L. 1983. Manual para la educaciones Agropecuaria. Mex. SEP. Dirección General de Educación Técnica Agrícola. Editorial Trillas, México.
- Poorter, H. and Pérez-Soba. M., 2001. The growth response of plants to elevated CO2 under nonóptimal environmental conditions. *Oecologia*. 129: 1–20.

- Posprsil, J., Pilar, J., Billingham, N.C., Marek, A. Nespurek, S. 2006. Factors affecting accelerated testing of polymer photostability. *Polymer Degradation and Stability*, 91: 417-422.
- Potash and Phosphate Institute. 1997. *Manual Internacional de fertilidad de suelos*. Norcross, USA. 146. p.
- Ramírez, R.J. 2011. *Acolchados Fotoselectivos en el Crecimiento y Rendimiento de Melón (Cucumis melo L.) y Sandía (Citrullus lanatus Thunb.)* Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonia Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Rincón, C.A, Ligarrete, G.A. 2012. Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. pp.122-128.
- Robledo, F. y L. Martin, 1988. *Aplicaciones de los plásticos en la agricultura*. Ediciones Mundi- prensa. Madrid, España. 150 pp.
- Rodríguez, K. 1997. *Respuesta del melón (Cucumis melo L. var. Inodorus) cv. Honey Dew Green Flesh, a diferentes tratamientos de acolchado con polietileno*. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 57 p.
- Rodríguez M.M, Alcántar G.G, Aguilar A. 1998. Estimación de la concentración de Nitrogeno y Clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Volumen 16 Número 2*.
- Rubeiz, I.G. and Freiwat, M.M. 1995. Rowcover and black plastic mulch effects on tomato production. *Biol. Agr. Hort.* 12:113–118.
- Sainz R.H., Echeverría H.E. 1998. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y rendimiento del grano. *Revista de la Facultad de Agronomía* 103(1):37-44.
- Salisbury F.B, Ross CW. 1992. *Fisiología vegetal*. Editorial Iberoamericana. México DF. pp.319-338.
- Serrano. 1979. *Cultivo de hortalizas en invernadero*. Ed. AEDOS. Barcelona, España.
- Squea F.A, Leon M.F., 2007. *Transpiración. Fisiología vegetal*. Ediciones Universidad de la Serena, La Serena, Chile. 3:67-84.

- Stevens, E.S. 2002. Green plastics. An introduction to the new science of biodegradable plastics. Princeton University Press.
- Valadez, L. A 1997 Producción d hotalizas. sexta reimpresion. Editorial Limusa, S. A de C.V Grupo Noriega editores, Mexico, D.f 245p.
- Vargas, G.O. 1999. El Acolchado y las Cubiertas flotantes en la Fisiología y Rendimiento del Pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Vilarnau A. 1997. El CO₂ en la horticultura. Horticultura global: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola, ISSN 1132-2950, N° 118, 1997, págs. 65-70.
- Wackett, L., Hershberger, D.C. 2001. Biocatalysis and biodegradation. Microbial transformation of organic compounds. ASM Press Washington, DC.
- Yamaguchi, M 1983. Wordl vegetables principles, production and nutritive values. AUL. Publisihng Company. Inc. West. Port, Connectium. USA
- Zufferey, V. 2000. Echanges gazeux des feuilles chez (*Vitis vinifera* L.) (cv. Chasselas) en fonction des parametres climatiques et physiologiques et des modes de conduite de la vigne. Zurich, Ecole Polytechnique Federale: 335p.