

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación en la Interacción entre Acolchado Plástico
y Concentración de Nitrato en Melón

Por:

CRISTIAN JASSO BECERRIL

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo, 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación en la Interacción entre Acolchado Plástico
y Concentración de Nitrato en Melón

Por:

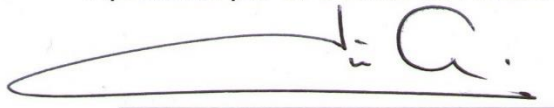
CRISTIAN JASSO BECERRIL

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

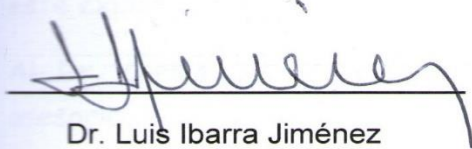
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar

Asesor Principal



Dr. Luis Ibarra Jiménez

Coasesor



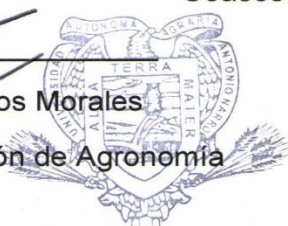
Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Coordinación
División de Agronomía

Mayo, 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen de Guadalupe por darme la oportunidad de vivir, tener salud y fortaleza para enfrentar los retos que hay en este andar y así poder lograr el objetivo y disfrutar esta etapa de mi vida.

A mis padres que todo el tiempo me han apoyado y aconsejado en todas las decisiones guiándome por el mejor camino y han sido el soporte económico para terminar mis estudios académicos. ¡Gracias por confiar en mí!

A mi ALMA TERRA MATER, la gloriosa Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que me dio la oportunidad de continuar con mis estudios, de cobijarme durante estos años y regalarme la mejor experiencia forjándome como profesionalista.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar por ser una persona con mucha naturaleza profesional siempre entregado a lo que ama hacer, por compartir parte de sus conocimientos en este trabajo de investigación, por el apoyo, atención, paciencia y el tiempo dedicado para culminar con un escalón más en mi vida.

Al Dr. Luis Ibarra Jiménez por formar parte de este valioso trabajo de tesis, además de la buena accesibilidad, observaciones y coordinación brindada que tuvo en la presente investigación.

Al Dr. Armando Hernández Pérez por el gran apoyo, su buena disposición, asesoría, revisión y corrección en el trabajo de campo e investigación de este experimento, pero sobre todo por su amistad y consejos recibidos.

Al Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos por formar parte del comité de asesoría.

A toda mi familia consanguínea que no enlisto para no cometer una omisión, mis agradecimientos por estar al pendiente de mí y apoyar en lo necesario.

Así mismo, agradezco a la Universidad de Almería que me permitió tener un panorama más amplio sobre mis estudios y de esta manera complementar mi formación, también a todas aquellas personas que conocí durante la estancia pues hicieron que esta fuera una experiencia muy agradable y llena de éxitos.

A mis entrenadores por el apoyo académico y social: coach Roberto Cepeda, Guillermo Galván, Juan Javier Gonzales y Sergio Rubén Reséndiz que me enseñaron a jugar dando el máximo esfuerzo, valorar el trabajo de mis compañeros, por enseñarme a defender los colores de mi ALMA MATER.

Al equipo de fut bol americano que día a día nos volvimos una familia con el mismo propósito de jugar dando lo mejor en el campo y defender a nuestra Narro.

A mis amigos y compañeros buitres, Sergio Chi Can, Ronay de Jesús, Alejandro Aguilar, Neftali Cruz, Francisco Iván, Antonio de Jesus, Benjamín López, Antonio Guzmán, Alejandro Guzmán, Elena Hernández, Mari Carmen, Lizbeth Cano a mi compañera en el trabajo de tesis Monica Alik, con quienes compartí una grandiosa amistad, alegrías y confianza durante este periodo, mis mejores deseos para ustedes ingenieros!

Como olvidar a los amigos de convivencia en el internado: Cesar Monroy, Hugo Sanchez, Angel Manzano, Julio Manzano, Heriberto Jimenez, Jesús Martínez, Salvador Cruz, Juve Rendon, Marce Rendon gracias por el apoyo y amistad incondicional.

DEDICATORIAS

Principalmente a mis Papás: Cirilo Jasso Cruz y Ma. Cristina Becerril Monroy por darme la vida y el inmenso apoyo incondicional, porque en todo momento muestran su gran interés, tiempo, esfuerzo y dedicación para ser de mí una persona de bien, por enseñarme a valorar y luchar por mis sueños y metas. Este logro es por ustedes y para ustedes, porque son mí mayor bendición, mí motivación y más grande aliento día a día para seguir adelante. ¡Gracias por el cariño y todos esos momentos que hemos vivido como familia!

A mi hermano: Felipe Alejandro Jasso Becerril por todos los momentos que hemos compartido juntos, los consejos y el apoyo que me has brindado.

A mi abuelo: (†) José Felipe Becerril Enríquez Un gran ejemplo a seguir, una persona trabajadora con bastante carácter humano que admiro y respeto mucho y aun que no estás presente físicamente, sabes que te agradezco infinitamente el apoyo moral, las enseñanzas y experiencias compartidas!

Dedico este trabajo a todas las personas que me apoyaron durante mi formación académica, que estuvieron conmigo en las buenas y en las malas y que confiaron en mí.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	3
III. OBJETIVOS	4
Objetivo general.....	4
Objetivo específico.....	4
IV. HIPÓTESIS	5
V. REVISIÓN DE LITERATURA	6
Importancia del cultivo de melón en México.....	6
Áreas de producción en México.....	6
Rendimiento de melón en México.....	6
Importancia económica.....	8
Acolchado del suelo.....	9
Ventajas y desventajas del uso de acolchados platicos.....	11
Películas fotoselectivas.....	15
Efecto de la temperatura en el suelo.....	19
Efecto del crecimiento de las plantas.....	20
Acolchados en melón.....	22
Nutrición y fertirriego.....	23
Nutrición.....	23
Efecto de la nutrición sobre las plantas.....	24
	iv

Fertirriego.....	28
Fórmulas que se aplican para el cultivo de melón.....	30
Curvas de extracción.....	32
Determinación de los niveles de fertilidad en base a la extracción de la solución del suelo con chupatubos.....	34
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
Localización del experimento.....	38
Material vegetal.....	38
Tratamientos.....	38
Establecimiento del experimento.....	39
Labores culturales.....	39
VARIABLES EVALUADAS.....	41
Diseño experimental.....	42
VII. RESULTADOS.....	43
Longitud de guía.....	43
Número de hojas.....	43
Diámetro de tallo.....	43
Número de guías.....	43
Diámetro polar.....	44
Diámetro ecuatorial.....	44
Peso de fruto.....	44
Contenido y concentración nutrimental.....	46
VIII. DISCUSIÓN.....	50
IX. CONCLUSIONES.....	55
X. LITERATURA CITADA.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Municipios productores de melón por estado (SIAP, 2010).....	7
Cuadro 2. Aportación de nutrientes en la fertirrigación de melón (CIDA Murcia, 2002).....	30
Cuadro 3. Fertilizantes utilizados en la fertilización del cultivo de melón cv. F1 Cruiser.....	40
Cuadro 4. Respuesta del melón a la concentración de nitrato (alta = 1250 ppm de NO_3^- , baja = 800 ppm de NO_3^-) y acolchado plástico en plantas de melón cv. F1 Cruiser.....	44
Cuadro 5. Respuestas del melón a la concentración de nitrato (alta = 1250 ppm de NO_3^- , baja = 800 ppm de NO_3^-) y acolchado plástico en plantas de melón cv. F1 Cruiser.....	45
Cuadro 6. Efecto de los acolchados plásticos y la fertilización nitrogenada sobre el contenido y la concentración de algunos macro-nutrientes en plantas de melón cv. F1 Cruiser.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de crecimiento de melón.....	39
Figura 2. Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO_3^- sobre número de hojas en plantas de melón cv. F1 Cruiser.....	45
Figura 3. Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO_3^- sobre diámetro de tallo (mm) en plantas de melón cv. F1 Cruiser.....	46
Figura 4. Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO_3^- sobre la concentración de nitrógeno N (%) en plantas de melón cv. F1 Cruiser.....	47
Figura 5. Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO_3^- sobre la concentración de Calcio Ca (ppm) en plantas de melón cv. F1 Cruiser.....	48
Figura 6. Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO_3^- sobre la concentración de Magnesio Mg (ppm) en plantas de melón cv. F1 Cruiser.....	49

RESUMEN

La utilización de sistemas de producción con acolchados plásticos y un manejo nutricional adecuado han generado grandes ventajas y buenos resultados estimulando el rápido desarrollo en las plantas, frutos de calidad y aumentando los rendimientos en el cultivo de melón. El objetivo de este trabajo ha sido determinar el efecto de los colores de acolchado plástico y de distintas concentraciones de nitrato (NO_3^-) sobre el crecimiento de plantas de melón. Se evaluó acolchado color negro, uno más de color azul y un testigo (suelo sin acolchar), así como dos concentraciones de nitrato (NO_3^-) en la solución del suelo: 1250 ppm y 800 ppm. Al final del ciclo de cultivo se evaluaron las siguientes variables: longitud de guía, número de hojas, diámetro de tallo, número de guías, diámetro polar, diámetro ecuatorial y peso de fruto. Por otra parte se evaluó también la concentración de nutrimentos como Nitrógeno (N), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) del tejido vegetal aéreo. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con un arreglo factorial 3 x 2 con tres repeticiones. Los resultados muestran significancia en el efecto de acolchado (negro y azul) sobre las variables longitud de guía, diámetro de tallo, número de guías, diámetro polar y peso de fruto. En cuanto a las dosis de NO_3^- las variables: número hojas, diámetro polar y peso de fruto son influenciadas por este factor. Sin embargo, solo las variables: número de hojas y diámetro de tallo son afectadas por la interacción de los acolchados y la dosis de fertilización. Los resultados indican que las plantas desarrolladas en el acolchado negro con dosis de fertilización alta de NO_3^- fueron las que mejor se comportaron, pues se incrementó el rendimiento. La concentración de N, Ca y Mg en los tejidos de las plantas de melón no fueron afectados significativamente por los acolchados ni por la dosis de NO_3^- , mientras la interacción entre estos factores mostró significancia en la concentración de estos elementos en plantas de melón cv. F1 Cruiser.

Palabras clave: melón, acolchados, nutrición mineral, fertilización, sistemas de producción, concentración de nutrimentos.

I. INTRODUCCIÓN

El melón (*Cucumis melo* L.) es uno de los principales cultivos que se explotan en México y el mundo, puesto que, además de la alta rentabilidad que se obtiene cuando los diferentes factores agronómicos se manejan adecuadamente, genera gran cantidad de empleos, por lo que también cumple objetivos sociales (Trentini y Piazza, 1998).

La producción de melón a nivel mundial es de aproximadamente 26 millones de toneladas anuales teniendo a China como el principal país productor al participar con el 51% de la producción total. México se ubica en el octavo lugar mundial con una participación del 2.2% (FAO, 2012). A nivel nacional, la superficie cosechada es de 21,500 hectáreas y se producen más de 543 mil toneladas. (FAO, 2012). En México el melón se cultiva en 25 entidades, entre las que destacan como las principales: Coahuila, Guerrero, Michoacán, Durango, Oaxaca, Nayarit, Colima y Jalisco (SIAP, 2014).

No obstante, la creciente participación de los países centroamericanos ha empezado a ganar espacios en el mercado estadounidense, importador del 99% de las exportaciones mexicanas, complicando la mayor comercialización de melón y evitando la participación de más productores mexicanos (Sistema Producto Laguna, 2005).

La utilización de acolchados plásticos ha dado buenos resultados para favorecer un rápido crecimiento e incrementar los rendimientos de melón (Lamont et al., 1993; Taber, 1993; Gabriel et al., 1994; Estévez, 1996). La finalidad de éstas alternativas es dar protección contra eventos adversos, ambientales o biológicos, como temperaturas extremas, pérdida de agua por evaporación del suelo, presencia de maleza, incidencia de plagas y enfermedades (Orozco-Santos et al., 1995; Chellemi et al., 1997).

En comparación con cultivos de melón en suelo desnudo, el uso del acolchado de suelos produce beneficios sobre los cultivos, ya que por ser una barrera impermeable, impide la evaporación del agua de riego, conserva el suelo más poroso, propiciando más aireación en la zona radical, además de conservar el calor en el suelo (Ibarra y Rodríguez, 1991). Así mismo, el acolchado favorece un uso más eficiente de los fertilizantes aplicados, con estos beneficios se logran incrementos en producción de hasta un 40 % (Ibarra y Rodríguez, 1991). Además, esta tecnología estimula un adelanto en el inicio de la cosecha (de 10 a 15 días) e incrementos en el tamaño y la calidad del fruto. Los beneficios anteriores son en relación al cultivo en suelo desnudo (Ibarra, 1991).

La fertilización es un aspecto de suma relevancia para el cultivo del melón; el profundizar en el conocimiento de los requerimientos de la planta permite incrementar el rendimiento y la calidad del producto (Molina, 2006). El melón es un cultivo que está sujeto a estrés nutrimental, dado su rápido crecimiento, alto

requerimiento nutricional y la intensidad de producción (Molina, 2006). Además, una satisfactoria estructura del suelo que proporcione una adecuada cantidad de oxígeno en la zona radical, es extremadamente esencial para una absorción satisfactoria de nutrimento (Molina, 2006).

Las prácticas modernas de producción involucran optimizar el nitrógeno y el agua aplicados, para evitar el exceso, maximizar la producción y la utilidad del cultivo y se minimice el riesgo de lixiviación de nitrógeno a los acuíferos subterráneos y con ello su contaminación (Molina, 2006).

Generalmente, la fertilización se aplica con la misma dosis en suelos sin acolchado y en suelos con acolchado plástico, sin embargo ya que la producción es mayor en condiciones de acolchado se debe suministrar más dosis y aplicar con mayor frecuencia los fertilizantes, especialmente de Nitrógeno (N) ya que es esencial para las plantas de melón que tienen un desarrollo muy rápido. Al respecto no se han realizado muchos estudios enfocados a estas situaciones. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo ha sido evaluar el efecto de diferentes colores de acolchados plásticos y distintas dosis de fertilización nitrogenada en forma de nitrato (NO_3^-) en el cultivo de melón.

II. JUSTIFICACIÓN

La nutrición y el uso acolchados plásticos en los cultivos se fija bajo un esquema rutinario con dosis iguales a las aplicadas en suelos sin acolchado. Sin embargo, puesto que se estima que la producción aumente en condiciones de acolchado plástico es posible que deba incrementarse la dosis y la constancia en aplicación de fertilizantes, para alcanzar los más altos rendimientos con una nutrición eficaz.

En vista de lo anterior, es indispensable crear información que nos permita saber cómo suministrar la nutrición de cultivos bajo estas condiciones, teniendo en cuenta que las plantas se están desarrollando muy rápidamente y es esencial que la nutrición de estas sea útil y se obtengan los resultados que se pretenden alcanzar.

III. OBJETIVOS

Objetivo general

El objetivo del presente estudio fue evaluar la interacción de dos colores de acolchado y dos concentraciones de NO_3^- sobre algunos aspectos fisiológicos, rendimiento y la materia seca, así como la concentración de nutrimentos en el cultivo de melón.

Objetivos específicos

Determinar el efecto del color de plástico para acolchado en el crecimiento, rendimiento e influencia en las variables; longitud de guía, número de hojas, diámetro de tallo, número de guías, diámetro polar, diámetro ecuatorial y peso de fruto.

Determinar el efecto de la concentración de NO_3^- en la solución, en las respuestas del melón al acolchado plástico.

Definir la interacción entre acolchado plástico con la dosis de NO_3^- en el cultivo de melón.

IV. HIPÓTESIS

Los diferentes colores de acolchado plástico y el uso de concentraciones de NO_3^- modificaran el crecimiento de las plantas de melón cv. F1 Cruiser y al emplear técnicas de fertilización más detalladas, se obtendrá mayor eficiencia en el uso de fertilizantes que se aplican que al complementarlo con una película de plástico adecuado, se obtendrá mejor desarrollo y producción en el cultivo.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del cultivo de melón en México

Áreas de producción en México

El melón, cuya parte comestible es un fruto maduro, tiene mucha demanda en todo el mundo, fundamentalmente en la época calurosa, debido a sus cualidades refrescantes. Dentro de la familia de las cucurbitáceas, ocupa el tercer lugar en importancia por la superficie sembrada que ocupa. Debido a la amplia gama de altitudes en que (*C. melo*) se cultiva tanto en continente americano como en el viejo mundo, da como resultado una gran diversidad morfológica de sus semillas y frutos (colores, formas, grosores y durabilidad de la cáscara del fruto) (Krístková et al. 2003; Lemus y Hernández, 2003; Tahir y Taha, 2004).

La producción de melón a nivel mundial es de aproximadamente 26 millones de toneladas anuales teniendo a China como el principal país productor al participar con el 51% de la producción total. México se ubica en el octavo lugar mundial con una participación del 2.2% (FAO, 2012). A nivel nacional, la superficie cosechada es de 21,500 hectáreas y se producen más de 543 mil toneladas; la Región Lagunera destaca como la zona melonera más importante del país con una superficie anual promedio de más de 5,300 hectáreas y una producción de 115,000 toneladas. Mapimí es el municipio con mayor superficie y producción en la región con una superficie cosechada, en el año 2007, de 1,817 hectáreas y una producción de 42,183 toneladas (SAGARPA-Laguna, 2008).

El cultivo de melón se considera como una hortaliza de fruto que ha tenido un gran desarrollo a nivel nacional en los últimos veinte años, pasando de ser un producto de consumo ocasional a un producto de gran actividad comercial, ya que los productores de este cultivo basa su mercado en la exportación, generalmente hacia E.U.A. y ocasionalmente a Oriente (Dirección General de Educación Agropecuaria e Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, citados por Valadez, 1994).

En México, un total de 27 entidades presentan superficie sembrada de melón sin embargo, ocho estados de la República Mexicana son los más importantes en cuanto a la producción de melón, los cuales son: Coahuila, Guerrero, Sonora, Michoacán, Durango, Oaxaca, Nayarit y Colima. En el Cuadro 1, se presentan los principales municipios productores de cada uno de estos ocho estados (SIAP, 2010).

Cuadro 1. Municipios productores de melón por estado.

ESTADO	MUNICIPIOS
Coahuila	Cuatro Ciénegas, Frontera, General Cepeda, Hidalgo, Juárez, Lamadrid, Parras De La Fuente, San Buenaventura
Guerrero	Ajuchitlán del progreso, Arcelia, Atoyac de Álvarez, Benito Juárez, Coahuayutla de José María Izazaga, Copala, Coyuca de Benítez, Coyuca de Catalán, Cuajinicuilapa, Florencio Villareal, Iguala.
Sonora	Altar, Caborca, Cajeme, Carbo, Empalme, general Plutarco Elías Calles, Guaymas, Hermosillo, Huatabampo, San Ignacio Río Muerto, San Luis Río Colorado, San Miguel de Horcasitas.
Michoacán	Aguililla, Álvaro Obregón, Apatzingán, Buenavista, Churumuco, Coahuayana, Huacana La, Huetamo, Múgica, Pajacuarán, Paracuari, San Lucas, Tepalcatepec, Tiquicheo de Nicolás Romero, Tumbiscatio, Tuzantla, Venustiano Carranza.
Durango	Lerdo, Gómez Palacio, Mapimí, Nazas, Rodeo, Tlahaulilo, Simón Bolívar, San Juan de Guadalupe, San Luis del Cordero, San Pedro del Gallo.
Oaxaca	Chahuites, Heroica Ciudad de Ejutla de Crespo, Magdalena Tequisistlán, Mariscala de Juárez, Nejapa de Madero, Ocotlán de Morelos, Reforma de Pineda, Colotepec, Santa María Huazolotlán, Santa María Mixtequilla.
Nayarit	Acaponeta, Amatlán de Cañas, Bahía de Banderas, Compostela Rosamorada, San Blas, Santiago Ixcuintla, Tecuala, Tuxpan
Colima	Armería, Colima, Coquimatlán, Ixtlahuacan, Villa de Álvarez.

Fuente: (SIAP, 2010)

En México se cultivan una gran cantidad de variedades, principalmente las de tipo cantaloupe, conocido como chino, rugoso o reticulado y en menor proporción las de tipo liso, donde destacan la variedad Honey Dew, conocida como melón amarillo o gota de miel (Infoaserca, 2000).

De la superficie total en México el 51.87% se cosecha en el ciclo Otoño-Invierno (O-I) y el 48.13% en el ciclo Primavera-Verano (P-V). (Infoaserca, 2000). La cosecha del ciclo O-I se obtiene de Diciembre a principios de Mayo en los estados de la Costa del Pacífico (principalmente Colima, Nayarit y Jalisco) y Sur del País (principalmente Michoacán y Guerrero) (Infoaserca, 2000). La de P-V de mediados de Mayo hasta principios de Noviembre en la Región Norte-Centro de México, principalmente Coahuila, Durango y Chihuahua. Por otro lado, el 85% de la producción se obtiene bajo condiciones de riego y el 15% bajo temporal (Infoaserca, 2000).

Rendimiento de melón en México

Algunas de las regiones productoras han logrado tal nivel de especialización, que obtienen rendimientos más altos que los que logran países que tradicionalmente producen y exportan mayores volúmenes. De hecho, los cinco principales estados productores de México tienen rendimientos superiores a ese promedio (35 t ha⁻¹) (Sistema Nacional Producto Melón, 2012).

En cuanto a la participación estatal en la superficie nacional, destacan en importancia Coahuila, Guerrero, Sonora, Durango y Michoacán con participaciones de 18.50%, 14.19%, 12.21%, 11.95% y 10.61% respectivamente. El rendimiento nacional promedia 28.79 toneladas por hectárea, por lo que la producción en México en el año 2014 fue de aproximadamente de 526,990.47 mil toneladas (SIAP, 2014).

Importancia económica

Es una de las hortalizas de mayor importancia, ocupa el octavo lugar en importancia entre las hortalizas que se cultivan en México y el tercer lugar entre la familia de las cucurbitáceas en cuanto a la superficie cosechada (después de calabaza y sandía) (Acosta et al., 2010).

El melón, desde los años veinte, ha sido un producto generador de divisa para el país, fuentes de empleo e ingreso de utilidades para los productores mexicanos. Sin embargo, es a partir de los años sesenta cuando su presencia toma importancia entre los productores, derivado de una mayor demanda tanto del mercado nacional como del internacional (Sistema Producto Laguna, 2005).

El melón es uno de los cultivos de mayor importancia económica y social para nuestro país. Dependiendo del precio, el valor de la producción varía desde \$25,000 hasta \$120,000 pesos por hectárea y genera alrededor de 120 jornales por hectárea (ASERCA, 2000). El comportamiento de la superficie nacional cosechada de melón durante el período 1980-2007 muestra tres períodos diferentes. El primero corresponde a la década de los ochenta cuando la superficie cosechada con melón a nivel nacional registró un constante crecimiento pasando de 27,050 hectáreas en 1980 a 51,506 hectáreas en 1991 (ASERCA, 2000).

El motor principal de este crecimiento estuvo representado por el mercado externo a donde se dirigía entre el 30 y 40% de la producción nacional (Espinoza, 1998). Del total de las exportaciones el 99% se enviaba a los Estados Unidos (USDA-AMS, 2002). El segundo período corresponde a los años 1992-2000 en el cual la superficie de melón registró una reducción significativa estabilizándose en un rango de entre 26 mil y 30 mil hectáreas. (USDA-AMS, 2002). Esta reducción tuvo que ver con la eliminación de la atribución concedida a la Confederación Nacional de Productores de Hortalizas

(CNPH) de emitir permisos de siembra con fines de exportación y permisos de exportación de melón los cuales permitían a esa organización regular la oferta de exportación (USDA-AMS, 2002). El tercer período inicia a partir del año 2001 cuando la superficie con melón vuelve a reducirse registrando desde entonces valores de alrededor de 22 mil hectáreas anuales (SIAP, 2008). Esta última reducción tuvo que ver con los problemas sanitarios que presentó el melón exportado a los Estados Unidos (SIAP, 2008).

Nuestro país, ofrece una de las ventajas competitivas ya que la cosecha se lleva a cabo en la época en la que otros países competidores están fuera del mercado por su ubicación geográfica (Sistema Producto Nacional Melón, 2012).

Acolchado del suelo

El término acolchado del suelo (“mulching”) hace referencia a cualquier cubierta protectora que se extiende sobre el suelo y que constituye una barrera más o menos efectiva a la transferencia de calor y de vapor de agua. El acolchado puede consistir en un manto de restos vegetales formados natural o artificialmente (Turney y Menge, 1994), o en un material sintético (Robinson, 1988).

La aparición de los plásticos procedentes del ingenio de la industria Química ha tenido múltiples aplicaciones en la vida moderna; una de ellas es la agricultura, llamada “Plasticultura” (MEMORIAS, CENAMAR 1983).

Quero y Hernández (1984) señalan que es importante para el desarrollo económico el establecimiento de cultivos todo el año en regiones donde esto sea posible. Para esto constituyen una restricción las condiciones climatológicas desfavorables para el desarrollo de las plantas, sobre todo en invierno. Sin embargo una alternativa importante es el empleo de películas plásticas en la construcción de túneles y microtúneles, así como acolchados para proteger los cultivos de las bajas temperaturas, heladas y nevadas.

En cuanto al material, espesor y color, se utilizan diferentes tipos de láminas de plástico que varían dependiendo del objetivo de su uso, del cultivo y de la región. El polietileno es uno de los materiales plásticos más utilizados debido a que es fácil de procesar, tiene excelente resistencia física y química, alta durabilidad, flexibilidad y es inodoro en comparación con otros polímeros (Gutiérrez et al., 2003).

La anchura de la lámina de plástico utilizada en los acolchados varía generalmente de 0.9 m a 1.5 m. En cuanto al espesor, inicialmente se utilizaban láminas más gruesas (de entre 30 y 50 micras), pero en la actualidad es común el uso de láminas de unas 15 micras (Gutiérrez et al., 2003).

Con el acolchado plástico se forma una barrera impermeable al flujo de vapor de agua que cambia el modelo de flujo de calor y de evaporación de agua (Tripathi y Katiyar, 1984). Este sistema afecta directamente al microclima alrededor de la planta, así como a otros parámetros como la humedad, la temperatura, la rugosidad, la resistencia aerodinámica y el albedo de la superficie del suelo, como resultado hay mayor uniformidad de la humedad del suelo y en la reducción de las necesidades de agua de riego para los cultivos en zonas con alta demanda evaporativa (Tarara y Ham, 1999).

El acolchado plástico de color negro es el estándar de la industria (Tarara, 2000). También se fabrica en otros colores con diferentes propiedades ópticas (Ngouajio y Ernest, 2005). Estas diferencias en las características ópticas afectan al modo en el que el acolchado plástico modifica el microclima alrededor del cultivo (Tarara, 2000).

En Israel logró un 10 a 15% de aumento en rendimiento en frutilla plantada en invierno con el uso de polietileno transparente, en relación a los rendimientos logrados con polietileno negro (Converse, 1981).

Grassi y Videla, emplearon polietileno negro como cobertura de suelo en un cultivo de zapallitos (*Cucurbita maxima* var. *zapallito*), y constataron un aumento del 105% en la producción de frutos comparado con el testigo sin acolchado (Oriolani et al., 1979).

El acolchado de polietileno transparente es una de las técnicas más importantes para mejorar la producción invernal de frutillas en California. En diversos ensayos han demostrado que el plástico transparente es de mayor utilidad en inviernos más fríos por su significativo aumento de la temperatura del suelo, lo que se traduce en precocidad y en mayor rendimiento. Sin embargo, se requiere de un eficiente control de malezas (Bringhurst y Voth, 1990).

Los acolchados de polietileno negro, transparente, coextruido blanco/negro, verde de transmisión infrarroja y fotodegradable en un cultivo de melón, encontrando que con polietileno coextruido blanco/negro, con la superficie negra en contacto con el suelo, se obtuvo el mayor rendimiento total. La mayor precocidad se obtuvo también con coextruido blanco/negro y con polietileno verde de transmisión infrarroja, que superaron incluso al transparente (Schales, 1994).

El acolchamiento es una técnica que consiste en colocar sobre el suelo un material que forma una pantalla para limitar la evaporación del agua de los suelos, proteger las cosechas de la suciedad y en ciertos cultivos de las heladas (Martínez y Villa, 1982).

Los efectos benéficos del acolchamiento con plásticos para el suelo: ayuda a eliminar el daño causado por las condiciones ambientales desfavorables, lo que proporciona un cierto grado de seguridad en las cosechas; modifica las condiciones existentes del microclima local o, más precisamente hace posible la anticipación de una cosecha; mejora la productividad de los cultivos y la calidad de los productos, tan importantes en áreas pequeñas de cultivo; proporciona un plan de producción más preciso ya que limita la absorción de sales del cultivo y, finalmente mejora las condiciones de trabajo, por el control total o parcial de maleza (Ibarra y Rodríguez, 1984).

Ventajas y desventajas del uso de acolchados plásticos

Entre las principales ventajas están:

Humedad del suelo. Se han realizado numerosos estudios para determinar la influencia del acolchado en la evaporación de agua desde el suelo y en su contenido de humedad (Cook et al., 2006; Ramakrishna et al., 2006; Yang et al., 2006). El acolchado debilita la intensidad del intercambio turbulento entre la atmósfera y el agua del suelo, lo que reduce su evaporación (Dong y Qian, 2002). Turney y Menge (1994) concluyen que el acolchado favorece la conservación de la humedad del suelo, disminuye la escorrentía superficial y la erosión del suelo y aumenta la permeabilidad y la capacidad de retención de agua del suelo.

Tiwari et al. (1998) muestran la utilidad del acolchado en combinación con el riego por goteo en la conservación de la humedad del suelo. Estas técnicas de conservación de agua en el suelo reducen el estrés hídrico entre riegos y pueden permitir un aumento de los intervalos entre riegos sin afectar a la producción del cultivo (Baxter, 1970).

La aplicación de acolchados aumenta significativamente la humedad del suelo en la capa superficial (0-5 cm) en comparación con el suelo desnudo (Zhang et al. 2008). La tasa de infiltración de agua en el suelo cubierto con diferentes tipos de acolchados llega a aumentar en un 30% en comparación con el suelo desnudo (Chaudhry et al. 2004).

Temperatura del suelo. Un resultado positivo del acolchado es la disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo que se amortiguan en sus picos máximos y mínimos principalmente en los primeros 15 cm de profundidad (Leal, 2007). Esta amortiguación genera un mayor crecimiento radicular, especialmente en árboles jóvenes y en zonas con veranos muy cálidos (Turney y Menge, 1994).

Debido al calentamiento del suelo, el acolchado proporciona al productor una herramienta de gran interés para aumentar la precocidad de los cultivos,

especialmente en variedades tempranas hortícolas y frutícolas (Turney y Menge, 1994).

El efecto del acolchado en la temperatura del suelo depende de las características del material utilizado, siendo siempre la temperatura diurna más baja y la nocturna más alta que en el suelo desnudo (Robinson, 1988).

El acolchado plástico se comporta como un filtro de doble efecto, acumulando calor en el suelo durante el día por el efecto invernadero y perdiendo parte del mismo durante la noche, lo que evita o disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire. Durante la noche, el film plástico detiene, en cierto grado, el paso de la radiación de onda larga (calor) del suelo a la atmósfera (Valenzuela y Gutiérrez, 2003).

Estructura y fertilidad del suelo. La estructura del suelo acolchado se mantiene en un mejor estado que la del suelo desnudo gracias a su protección contra los agentes atmosféricos (Erenstein, 2002). El efecto beneficioso del acolchado en la estructura del suelo es consecuencia principalmente de una amortiguación de la energía cinética de las gotas de lluvia (y aspersion en su caso) que reduce la dispersión física del suelo y el sellado superficial, manteniendo la tasa de infiltración de agua en el suelo (Erenstein, 2002).

Además el aumento de la temperatura y de la humedad del suelo favorece la mineralización del suelo, lo que genera una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas (entre otros el nitrógeno) y un aumento de la materia orgánica del suelo (Erenstein, 2002). El acolchado protege el suelo de la erosión de la lluvia, de las tormentas de granizo y de la desecación del suelo por el viento (Smets y Poesen, 2009).

Control de malas hierbas. El método recomendado para la gestión de los suelos en los cultivos hortícolas al comienzo de los años 1950 fue el uso de herbicidas a lo largo de las líneas de cultivo y el mantenimiento de una cubierta en las calles entre líneas. Este método elimina la competencia de las malas hierbas con la planta pero requiere el uso de herbicidas para mantener limpias las líneas (Hogue y Neilsen, 1987).

El acolchado del suelo con materiales opacos evita la penetración de la luz y constituye una barrera física para la emergencia de la flora arvense (Teasdale, 2003). El acolchado controla la maleza favoreciendo su asfixia y evitando la germinación de las semillas de las malas hierbas (Walsh et al. 1996).

Salinidad del suelo. El control de la salinidad del suelo es fundamental para la producción óptima de los cultivos (Rahman et al., 2006). Las prácticas que reducen la evaporación del agua (efecto evapo-concentración) y/o favorecen el flujo descendente de agua en el suelo (efecto lavado) son claves para el control de la salinidad en la zona radicular de los cultivos (Rahman et al., 2006).

El acolchado es una práctica eficaz que reduce la salinidad y conserva la humedad en la zona radicular, principalmente en los primeros cm de suelo lo que permite el uso de aguas más salinas sin un efecto tan perjudicial sobre el crecimiento de los cultivos (Stewart 2005; Zhang et al., 2008).

En suelos desnudos la mayor acumulación de sales se produce en el suelo superficial debido al efecto evapo-concentración. El daño causado por las sales solubles es más severo durante la emergencia y crecimiento inicial de ciertos cultivos (Zhang et al., 2008). Así, el acolchado plástico mantuvo un mayor contenido de humedad, redujo la evaporación y salinización del suelo y favoreció una buena emergencia y establecimiento del cultivo (Dong et al., 2008).

En un ensayo realizado en un cultivo de pimiento, concluyen que el aumento de la salinidad del agua de riego incrementó la salinidad del suelo, pero el uso de acolchados de polietileno disminuyó la concentración de sales en el suelo en comparación con el suelo desnudo (Zhang et al., 2008). Las diferencias de salinidad del suelo en los diferentes acolchados fueron escasas y, en general, no significativamente diferentes entre sí. El efecto del acolchado sobre la salinidad del suelo depende de la tasa de evaporación del suelo y del tipo de acolchado (Zhang et al., 2008).

La disminución de la evaporación del suelo con el acolchado lleva a una distribución más homogénea de la salinidad en el perfil del suelo (García, 2008).

Por otro lado, el acolchado puede limitar el lavado de nitratos y la contaminación de las aguas subterráneas. Romic et al. (2003) realizaron un ensayo de campo de dos años de duración en un cultivo de pimiento regado por goteo para analizar el efecto de dos tipos de acolchado (polietileno negro y celulosa biodegradable) y del suelo desnudo sobre el lavado del nitrógeno. El uso del polietileno negro redujo significativamente este lavado, seguido por la celulosa biodegradable en comparación con el suelo desnudo (Romic et al., 2003).

Transpiración de las plantas. En un suelo acolchado la evaporación directa de agua desde la superficie del suelo es baja, y la transpiración representa la vía fundamental de pérdida de agua del suelo (Hou et al., 2010). Sin embargo, en un suelo desnudo la evaporación directa puede ser muy importante dependiendo fundamentalmente del clima, la frecuencia de los riegos y lluvias, la textura del suelo y la proporción de suelo sombreado por el cultivo (Hou et al., 2010).

Tolk et al. (1999) encontraron valores más altos del índice de área foliar (IAF) en cultivos con acolchado plástico que en los mismos cultivos en suelo desnudo. Este resultado lo explican por la mayor humedad en el suelo

acolchado que se emplea principalmente en transpiración y por consiguiente en un mayor crecimiento de las plantas (Tolk et al., 1999).

El aumento de la transpiración total aumenta la producción de biomasa y el rendimiento del cultivo y mejora también la eficiencia del uso del agua; el acolchado plástico reduce substancialmente la evaporación de agua y que, asociada a esta reducción, se produce un incremento en la transpiración causado por la transferencia de calor sensible y radiante desde la superficie plástica hacia la vegetación (Allen et al., 1998).

Precocidad de las plantas. Dentro de las ventajas que proporciona el uso de acolchados al agricultor, un aspecto de gran interés es la inducción de precocidad en los cultivos debida al calentamiento del suelo, especialmente en variedades tempranas (Ramakrishna et al., 2006). Así, dependiendo de las condiciones climáticas (McCraw y Motes, 2009).

El inicio de la cosecha con el acolchado plástico puede adelantarse entre 7 a 14 días según cultivos lo que puede tener importantes beneficios económicos. La utilización de acolchados plásticos favorece un rápido crecimiento y un incremento del rendimiento en melón, tomate y pimiento (Lamont et al., 1993; Arrellano et al., 2003).

La radiación neta y el flujo latente y sensible de calor fueron también mayores en el suelo bajo plástico, lo que produjo precocidad en el desarrollo del cultivo (Ibarra et al., 2004).

Calidad de fruto. Como se ha mencionado en apartados anteriores, el acolchado del suelo tiene un efecto importante sobre las condiciones ambientales del suelo y el microclima alrededor de la planta. En general, estas modificaciones influyen de una manera positiva en el crecimiento y el rendimiento de la cosecha en distintos cultivos como la viña, manzano y melocotón (Layne et al., 2001; Szewczuk y Gudarowska, 2004).

El acolchado no solo tiene efectos positivos en el rendimiento, sino también en la calidad del fruto. Sin embargo, esta respuesta en la calidad del fruto depende del tipo de acolchado, de su color y del grado de modificación del microclima en el dosel vegetal y en el propio cultivo (Layne et al., 2001; Szewczuk y Gudarowska, 2004).

Entre las principales desventajas están:

Costos elevados de adquisición, instalación (transporte, maquinaria especializada y/o mano de obra) y eliminación (mano de obra y transporte) de los acolchados plásticos, por lo que el uso de materiales biodegradables tiene un gran futuro. Esta degradación puede ser biológica (bacterias u otros agentes biológicos) o por la acción de la radiación solar (Moreno et al., 2004).

El uso de acolchados plásticos puede suponer un grave problema medioambiental y paisajístico debido a su lenta degradación, su permanencia en el campo y la contaminación potencial del suelo por los restos que pueden quedar si no se retiran adecuadamente (Leal, 2007; Hosteler et al., 2007).

El incremento de la temperatura del suelo por efecto del acolchado puede ser beneficioso para los cultivos debido al aumento en la mineralización de nutrientes, pero puede también aumentar la desecación del suelo y generar un estrés hídrico en el cultivo (Walsh et al., 1996).

Posible proliferación de roedores o plagas en el caso de acolchados plásticos. El acolchado plástico puede inducir cambios térmicos del suelo negativos para las plantas (Walsh et al., 1996).

El acolchado plástico impide la entrada de agua de lluvia en la zona de raíces, limitando el lavado de sales.

Resultados variables y no extrapolables ya que dependen del tipo de cubierta, suelo, cultivo, clima y manejo agronómico (Mika et al., 2007; Szewczuk y Gudarowska, 2004).

Películas fotoselectivas

En los últimos años se han desarrollado en el mercado, diferentes tipos de plástico para la agricultura desarrollados para alterar el espectro de radiación, unas veces filtrándola y en otros casos intensificando determinadas bandas de la misma. Son los plásticos conocidos como fotoselectivos, que se caracterizan por su capacidad para modificar el espectro de luz recibido (González et al., 2001). El uso de polietilenos fotoselectivos es una nueva tecnología recientemente incorporada en nuestro país (González et al., 2001).

Además del uso en cubiertas de invernadero, los filmes fotoselectivos se utilizan como acolchado de suelo, bajo invernadero o en campo abierto. Actualmente se utilizan diferentes tipos de plástico para el acolchado de suelo, variando en cuanto a espesor y color (negro, gris, blanco, rojo, azul, verde, marrón, metalizado, transparente, café, entre otros), los cuales, además de tener los efectos benéficos básicos de un acolchado, también modifican la cantidad y longitud de onda de la radiación reflejada, ajustando el crecimiento y desarrollo de las plantas (Kasperbauer, 1999; Quezada- Martin et al., 2011).

Las películas plásticas fotoselectivas a la longitud de onda absorben y reflejan la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en el rango de los 400 a 700 nm de longitud de onda y transmiten luz cercana al infrarrojo entre los 700 y 3000 nm parte del espectro solar (Garnaud, 1974).

La mayor parte de la luz solar que captan las plantas es convertida en calor y solamente la luz roja y la luz azul son esenciales para su crecimiento (iluminación o irradiación de crecimiento) (Philips, 1992).

Resulta de gran interés en horticultura el manipular el espectro radiante que va a incidir sobre las plantas con el objetivo de aumentar su producción o de generar determinados efectos fisiológicos. La manipulación espectral en el entorno de crecimiento de las plantas puede ser conseguida mediante el empleo de plásticos con propiedades ópticas modificadas mediante el empleo de aditivos (Martín et al., 2013).

El control de la fotomorfogénesis por plásticos fotoselectivos es una opción atractiva como una nueva técnica del control del crecimiento de la planta, que puede facilitar el manejo de la luz en operaciones comerciales (Cerny et al., 1999). Esta tecnología se basa en el desarrollo de tintes Smart que permanecen estables en los plásticos y finalmente pueden manipular la calidad de luz natural en el invernadero (Ryu et al., 1999), considerando una reducción de 25 a 35% de la luz que afecta la radiación fotosintéticamente activa (Cerny et al., 1999).

Los plásticos fotoselectivos modifican la cantidad y calidad de la luz. En la zona del infrarrojo cercano ($0.7 - 0.1 \mu\text{m}$) se induce a un alargamiento de la planta, mientras que en el rojo y rojo lejano ($0.61 - 0.7 / 0.7 - 0.8 \mu\text{m}$) actúa sobre el alargamiento de los tallos. En el rojo ($0.61 - 0.7 \mu\text{m}$) y azul ($0.41 - 0.51 \mu\text{m}$) es donde se encuentra la mayor radiación aprovechada en fotosíntesis o radiación PAR (Infoagro, 2005).

Así una cubierta de color rojo y azul debe aumentar el rendimiento de la plantación, en cambio una cubierta de color verde, al estar situado en una franja del visible que no es absorbida por la fotosíntesis disminuye la productividad (Infoagro, 2005). Con este tipo de láminas selectivas se han conseguido mejoras de rendimiento y de precocidad de tomate, melón rosas y otros cultivos hortícolas (Guzmán, 2000).

Las cubiertas de plástico que reducen o aumentan una parte específica del espectro pueden dividirse en varios grupos: cubiertas que bloquean la radiación uv ($280 - 400 \text{ nm}$), que absorben o reflejan parte de la radiación visible (filmes coloreados ($400 - 700 \text{ nm}$), bloquean el rojo lejano ($700 - 800 \text{ nm}$) y la radiación infrarroja corta ($800 - 2500 \text{ nm}$) y cubiertas fluorescentes con tintes o pigmentos que absorben luz en una longitud de onda y la emiten en otra mayor (Espí et al., 1997).

Murakami et al. (1995) en su estudio con cubiertas que interceptan el rojo normal, el rojo y el rojo lejano y encontraron relaciones R/FR de 0.5, 1.2, y 1.5, respectivamente. Las plántulas de girasol y col mostraron elongación significativa de la planta ante intercepción del R; mientras que en FR la

elongación fue inhibida. Efectos similares encontraron en plántulas de Pepino y tomate. Los mismos autores, muestran resultados similares en las especies señaladas.

Una alta relación R/ FR, característica de una cubierta azul, influencio la regulación del crecimiento y produjo resultados similares o retardantes químicos de crecimiento tales como el ácido giberélico (Angus y Morrison, 1998). En el mismo sentido (Cerny et al., 1999), señalan que filtros interceptores (YBM-1, YB-10) fueron efectivos para controlar la altura de plantas de Chile en forma similar a reguladores químicos o filtros de sulfato de cobre.

A fin de optimizar la cantidad y calidad de luz para el crecimiento de las plantas, se han desarrollado nuevos materiales fotoselectivos como cubiertas para invernaderos. Mascarini et al. (2013) encontraron que con el uso de cubiertas fotoselectivas se incrementó la cantidad y calidad de determinados cultivares de rosas.

Algunos plásticos que contienen diferentes pigmentos fluorescentes provocaron una reducción en la altura de la planta en cultivos de pepino (*Cucumis sativus* L.), pimiento (*Capsicum annuum* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Li et al., 2003).

El acolchado negro no permite el crecimiento de malezas. El plástico no transmite la radiación visible comprendida entre 0.3 y 0.8 micras de longitud de onda, por lo que no se realiza la fotosíntesis, con la consecuente ausencia de malezas. Se restringe a un efecto mínimo el movimiento ascendente de sales. Se usa en zonas con problemas de aguas salinas. Como el suelo se calienta poco de día, durante la noche la aportación de calor a la planta es poco y se expone más a los efectos de helada. En días calurosos se pueden producir quemaduras en las partes de la planta que estén en contacto con el plástico (Horticulture, University of Connecticut, 2002).

El acolchado café los efectos son similares a los del negro, pero a una intensidad menor en cuanto a la reflexión de radiación y ligeramente menor en temperatura a distintas profundidades, y provoca que haya menor que en el acolchado negro (ITESM, 2002).

El acolchado de color azul opaco desarrollado especialmente para cultivos de fresa y melón que disminuyen el crecimiento de malas hierbas y reducen considerablemente el porcentaje de frutos quemados, en contrapartida no aumentan tanto la temperatura del suelo. Este acolchado se encuentra en un punto medio entre el porcentaje de reflexión de radiación con el blanco y transparente, por lo que la temperatura se comporta de la misma forma. Se usa en zonas con poco riesgo de heladas o heladas no muy intenso (Ediho, 1999).

Los polietilenos con propiedades fotoselectivas son la más reciente generación de plásticos para cobertura de suelos. Estos plásticos reflejan la parte del espectro lumínico que estimula el proceso fotosintético y absorbe el resto de la radiación. Los aditivos del plástico permiten el paso de la radiación térmica que calienta el suelo, aumentando así la temperatura del mismo y favoreciendo el desarrollo de las raíces (Henaó, 2001).

Mientras que en tomate al usar películas fotoselectivas se encontró un aumento en los sólidos solubles (Márquez et al., 2010). Por otro lado, al aumentar la exposición de los frutos a la radiación fotosintética se obtuvo un incremento en el contenido de licopeno y β -caroteno (Gautier et al. 2005), sin embargo, también es conocido el efecto negativo de las películas si no se tiene control sobre el microclima del invernadero, por ello resulta importante disminuir las temperaturas altas y mantener la humedad relativa adecuada para la producción, de aquí la importancia de buscar alternativas de manejo de estos factores, utilizando películas para invernadero modificadas que permitan una mejor selección de radiación visible y mayor difusión de luz, para que impacte positivamente en el desarrollo y calidad de frutos de tomate (Gautier et al., 2005).

En un estudio con distintos filtros plásticos se encontró que estos modifican el ambiente espectral de crecimiento de las plantas (Cerny et al., 1999). Dicha modificación originó cambios adaptativos en las plantas que se expresaron como diferencias en la actividad de asimilación de CO₂ y en la biomasa de las plantas (Cerny et al., 1999). Estas últimas variables mostraron correlación alta y positiva con la densidad de flujo de radiación activa fotosintética, la cual también dio lugar a diferencias en las propiedades bioquímicas de los extractos de pecíolos (Cerny et al., 1999).

Por otro lado, algunas pruebas en Israel presentan un filtro líquido muy dinámico que puede ser utilizado entre una doble cubierta de policarbonato, para fijar los rayos infra-rojos y acumular el exceso de calor que se presenta en las regiones con veranos extremos; también se puede utilizar para reciclar el calor cuando se presenta el descenso de temperaturas nocturnas (De Santiago, 1998).

En cuanto a las películas que bloquean la radiación UV, se ha encontrado que el uso de estas afecta la pigmentación o coloración de diferentes plantas; en nectarina se inhibe la síntesis de antocianinas en la cáscara (Spitters et al., 1986; Sullivan y Teramura, 1989; Weiss, 1995); en flores el patrón de coloración de los pétalos de la rosa Confeti. La radiación UV también ocasiona oscurecimiento de los pétalos de la rosa Mercedes (Weiss, 1995).

En crisantemo, Angus y Morrison (1998), al examinar calidades espectrales de diferentes cubiertas concluyen que el color verde aumento la altura de la

planta; mientras que la azul dio lo opuesto, además de retrasar la floración, en comparación a un testigo color claro.

En plántulas de chile rojo, la altura, número de hojas, área foliar, peso seco de la hoja, peso seco del tallo y peso seco de la raíz; fueron más altos en películas en las que se les removió el color azul que en las que se mantuvo. Similarmente ocurrió con el peso fresco de la hoja, volumen foliar y porcentaje foliar ocupado por los espacios aéreos y el volumen interno de los mismos (Chung et al., 1991).

Efecto de la temperatura en el suelo

Las temperaturas promedio de un suelo acolchado son mayores que las de un suelo desnudo. La variación en las temperaturas depende de la pigmentación y composición química de la película utilizada (Garnaud, 1974).

Las funciones de las raíces como la síntesis de hormonas y otras sustancias orgánicas, la absorción de nutrimentos inorgánicos y agua se afectan con el microclima de la zona radical, la temperatura juega un gran papel sobre estos procesos (Fischer et al., 1998).

(Dorffling, 1982, Atkin et al., 1973) encontraron en maíz que la tasa más alta de translocación de cito quininas y giberelinas de las raíces al tallo se presentó con temperaturas del piso de 28° C en comparación con 8 y 13° C.

(Fischer y Karnatz, 1992) suponían que el crecimiento de ramas laterales en *Ipomoea batata* (camote) obedece a un aumento de temperaturas del suelo de 20 a 30° C, lo que puede estar relacionado con mayor producción de cito quininas en las raíces, indica además que el desarrollo en la longitud del eje principal no fue influenciado por la temperatura.

La mayor producción de tallos y hojas en papa a las temperaturas óptimas del suelo, las que promueven una elevada producción y translocación acrópeta de giberelinas.

La entrada de agua en las plantas depende parcialmente de la actividad metabólica y por tanto de la temperatura (Nielson y Humphries, 1966). Con temperaturas de suelo tendientes, hasta unos 28 o 30°C, la absorción de agua aumenta. Lo anterior fue confirmado en numerosas especies como por ejemplo en fresas (Lenz, 1979), maracuyá (Besold, 1989), pimentón (Janes, 1973), batatas (Fischer y Karnantz, 1992), girasol, tomate y frijol (Bohning y Lusanandana, 1952), entre otras.

Las especies que normalmente crecen en terrenos más calientes (por ejemplo algodón, girasol, patilla) muestran una marcada reducción de la absorción de agua a temperaturas bajas del suelo comparadas con especies que

normalmente crecen, por lo menos durante una parte del año, en suelos más fríos (Kramer, 1989).

Las tasas de transpiración incrementan con la temperatura de la zona radical, dependiendo del valor inicial. En *Trifolium repens*, (trébol blanco) (Cox y Boersma, 1967), observaron un aumento más alto en la transpiración, especialmente a niveles térmicos bajos, cuando se elevó la temperatura de 10 a 15.6°C comparando con el ascenso entre 15.6 y 26.7°C. En tomates la tasa transpiratoria aumentó con la temperatura de la zona radical de 5 a 22°C (Shishido y Kumakura, 1994). El agua transpirada por la fresa aumentó de 12 a 28°C (Lenz, 1979). En manzanos, la tasa transpiratoria incrementó proporcionalmente de 25°C a 30°C, pero luego decreció a 35°C (Gur et al., 1972). Una razón para la menor absorción de agua es la reducción de la transpiración debido a la menor área foliar originada por las bajas temperaturas de la zona radical (Gur et al., 1972).

La toma de nutrientes de la solución del suelo requiere actividad dinámica de los iones y moléculas; los procesos en las capas límites del plasma, es decir donde entran los nutrientes en las raíces, son en alto grado dependientes a la temperatura del suelo (Amberger, 1996). La absorción de nutrimentos aumenta con la temperatura del suelo en forma exponencial (Amberger, 1996).

Un calentamiento del suelo con temperaturas óptimas de la zona radical, por ejemplo a 25°C en rosas, combinado con las del aire relativamente altas 20 o 16°C pueden causar un crecimiento débil de tallo con hojas cloróticas (Brown y Ormrod, 1980).

Efecto del crecimiento de las plantas

El acolchado tiene la conveniencia de adelantar el desarrollo y madurez de los cultivos, consecuentemente tiene la ventaja de introducir al mercado los productos primero que aquellos no acolchados, lo que significa generalmente un precio más atractivo por la condición precoz (Garnaud, 1974).

La película de acolchamiento plástico tiene doble efecto: a) Durante el día, trasmite al suelo el máximo de calor y conservarlo, b) Por la noche, esta película deberá dejar salir una buena parte del calor acumulado, que será beneficioso para la planta cultivada, evitando los riesgos de enfriamiento e incluso de helada (Agro plásticos, 1976).

La temperatura del suelo influye en el crecimiento de la planta con más notoriedad durante el día, cuando la planta esta foto sintetizando (Walker, 1970).

El plástico de color negro, puede transmitir el calor al suelo que queda debajo, acelerar la emergencia de la planta y promover el cultivo temprano. Pero además puede reflejar la luz solar sobre las plantas, adelantando el crecimiento

en algunos casos, mejorando la calidad del fruto Heacox, (1995; citado por Daza, 1997).

Gutiérrez (1995) citado por Daza (1997) menciona que como consecuencia de los efectos producidos por el acolchamiento de suelos se tienen: mejor y más rápida germinación, mayor éxito en la supervivencia de plántulas, esquejes trasplantes e injertos, mejor y más rápido crecimiento y desarrollo, mayor precocidad en las cosechas, mayor rendimiento y mayor calidad de los productos.

Bajo ciertas temperaturas de la zona radical, la habilidad de las plantas para adquirir nutrientes está influenciada por varios factores incluyendo el descenso de la disponibilidad de nutrientes químicos en el suelo, el crecimiento radical y la habilidad fisiológica para la absorción de los nutrientes (Marschner, 1986). Las temperaturas bajas de suelo reprimen el crecimiento del tallo y por tanto la demanda de nutrimentos (Marschner 1986). En este caso se requieren concentraciones más altas de fertilizantes, lo que no sucede con temperaturas superiores (Marschner, 1986).

Arrellano et al. (2003) concluyen que la cosecha del melón en suelo bajo acolchado plástico se inició a partir de la segunda semana de mayo, mientras que en el sistema tradicional (suelo desnudo) se inició tres semanas después, incrementándose significativamente el precio de venta del melón temprano.

El suelo arropado proporciona a la planta mejores condiciones para su desarrollo, lo que se traduce en la presentación temprana de frutos adecuados para cosecharse con el consecuente beneficio económico (Robledo y Vicente 1981). Calidad de los frutos; el plástico al actuar como barrera de separación entre el suelo y la parte aérea de la planta, evita que los frutos estén en contacto con el terreno, lo que ayuda a conservar calidad y presentación que los hace más comerciables (Robledo y Vicente 1981).

Los procesos físicos como la permeabilidad y el intercambio de iones, en muchos casos, tienen un valor (Q) mucho más bajo que la absorción activa de iones, que por otro lado también, muestran diferencias marcadas entre los distintos iones, por ejemplo el (Q) para NO_3^- oscila de 2,0 a 2,5, pero para K es 1,4 (probablemente debido a canales específicos de iones) (Azcòn-Bleto y Talon, 1996). Por otro lado las moléculas en el momento de la penetración o en la persistencia dentro de la planta responden diferente según la temperatura, con relación a su diámetro, capa de hidrato, solubilidad lipídica y disposición a reaccionar (Azcòn-Bleto y Talon, 1996).

García (2008) concluye que el acolchado plástico aumenta la conductancia estomática, transpiración y fotosíntesis de un cultivo de pimiento en un 49, 34 y 20%, respectivamente, respecto a los valores medidos en suelo desnudo.

Acolchados en Melón

El aumento de los rendimientos está relacionado básicamente con determinados factores como, el uso de la tecnología, que se inicia simultáneamente en Holanda e Israel, a principios de los 60's, para producir melones bajo condiciones de invernadero (MEMORIAS CENAMAR, 1983). Casi al mismo tiempo, los agricultores chinos comenzaron también a utilizar la técnica de acolchados para proteger los cultivos de melón, que se plantaban a finales de invierno y principios de primavera (MEMORIAS CENAMAR, 1983).

El acolchado plástico puede mejorar el régimen térmico del aire y del suelo del invernadero durante las primeras etapas de ciclos de cultivo tempranos de invierno-primavera, como es el melón, cuando su índice de área foliar es bajo y la mayor parte de la superficie del suelo está libre de vegetación (Bonachela y Col et al., 2012).

En los estados de Coahuila y Durango, se explotan cerca de 6500 ha de melón, con semilla híbrida la mayoría. Debido a que son condiciones de alta evaporación, se ha propuesto el uso de cobertura plástica y cintilla para reducir la proliferación de malezas, evaporación y pérdidas de agua y fertilizantes por escurrimiento (Brandenberger y Wiedenfeld, 1997; De Lange y Combrink, 1998; Segura et al., 1998).

Munguía et al. (2004) encontraron en un cultivo de melón bajo acolchado plástico que la temperatura media del suelo y del dosel vegetal fueron mayores que en el suelo desnudo. Asimismo, la radiación neta y el flujo de calor latente y sensible fueron también mayores, lo que produjo precocidad en el desarrollo del cultivo.

Gaikwaid et al. (2004) encontraron en una plantación de melón bajo cuatro tratamientos de acolchados plásticos y un suelo desnudo que la temperatura del suelo fue máxima bajo el tratamiento plástico. Sin embargo, la evolución de la temperatura del suelo varía considerablemente según el color del acolchado y su composición (Gaikwaid et al., 2004). El plástico transparente permite el paso de la radiación luminosa que aumenta la temperatura del suelo, mientras que el plástico negro absorbe la mayor parte de la radiación y obstaculiza hasta cierto grado el calentamiento del suelo (Gaikwaid et al., 2004).

Las respuestas del melón en el acolchado verde o azul fuerte incrementaron un promedio de 35 % en la producción comercial de frutas sobre un periodo de tres años en comparación con el plástico negro (Orzolek, 1993).

Farías-Larios y Orozco-Santos (1997) (citado por Ekinci y Dursun, 2009) encontraron que la anchura y la longitud de los frutos de melón bajo acolchados de polietileno blanco y negro fueron significativamente mayores que los obtenidos en suelo desnudo.

Martí (1997) indica que la adaptación de esta nueva tecnología, que incluye el uso de acolchados o micro túneles, y sistemas de micro irrigación (fertigación), han permitido alcanzar hasta 25 mil frutos de melón por hectárea, con un peso promedio de 1.8 a 2.5 Kg. Así también señala, que el mayor rendimiento en la producción de melón se obtiene en la temporada otoño-invierno, donde los agricultores han alcanzado promedios hasta de 50 toneladas por hectárea en la región de Ceballos, Durango y hasta 48 toneladas en Hermosillo, Sonora (Martí, 1997). Para los productores de ambas regiones, el uso de acolchados y los sistemas de fertigación, han dado un buen resultado para aumentar sus rendimientos y calidad, así como también para aumentar su precocidad, y elevar el contenido de azúcar hasta los 11 grados Brix (Martí, 1997).

Nutrición y Fertirriego

Nutrición

La producción comercial en los agro ecosistemas está asociada a la nutrición mineral de las plantas a través de fertilizantes orgánicos y de síntesis, y el conocimiento del aporte de nutrimentos que hace el suelo y sus demandas en los procesos fisiológicos de la planta, permite formular y proveer una adecuada fertilización y garantizar su productividad, ya que nutricionalmente, los macro y micronutrientes contribuyen al crecimiento y desarrollo en la fase vegetativa y productiva de la planta, promoviendo indirectamente su crecimiento y sanidad (Rao, 2009; Benton, 1998).

El estudio de la dinámica nutricional a través de la relación suelo-planta-ambiente constituye el punto de partida para lograr un manejo eficiente de nutrientes y responder a las necesidades de los cultivos (SCCS, 2010).

Un principio básico del abonado racional de los cultivos es la aportación de los elementos nutritivos requeridos por el cultivo únicamente cuando existen evidencias de que son necesarios (García-Serrano et al., 2010).

La biodiversidad hace que los requerimientos nutricionales en las plantas sean diferentes, sobreviviendo algunas especies en condiciones adversas, debido a una adaptación genética a su hábitat e incluso variedades de una misma especie presentan diferencias en la absorción, translocación, acumulación y uso de los nutrientes (Otani y Ae, 1996). Estas diferencias pueden ser aprovechadas ventajosamente en el mejoramiento de plantas teniendo en cuenta su crecimiento en condiciones específicas de fertilidad y su adaptación a la presencia de factores fitotóxicos (Fageria et al., 1996; Bahia Filho et al., 1997).

Los nutrientes son indispensables para llevar a cabo los procesos metabólicos de las plantas, suelen absorberlos en solución por sus raíces pero también por las hojas, aunque en menor cantidad (FAO, 1986). Los nutrientes penetran en

los tejidos en forma de iones y partículas sumamente pequeñas y ultramicroscópicas que llevan cargas eléctricas, cuando los iones llevan cargas eléctricas positivas se les denomina cationes y, cuando son negativas se les llama aniones (FAO, 1986).

Las plantas más eficientes en el aprovechamiento de nutrientes son aquellas que, bajo determinadas condiciones nutricionales, normales o adversas, consiguen absorber, translocar, acumular y utilizar mejor el nutriente para la producción de grano y/o materia seca o verde (Barriga y Marambio, 1995; Clarke et al., 1990).

Cada genotipo y especie de planta requiere una nutrición mineral óptima para su normal crecimiento y desarrollo (Kovacic et al., 2007). Asociado a ello, una adecuada nutrición mineral es fundamental para alcanzar una producción agrícola que garantice la seguridad alimentaria, de manera que soporte la creciente demanda de una población mundial que día a día aumenta (FAO, 1998).

Para propiciar la máxima expresión del potencial productivo de los genotipos de tomate, es importante generar y aplicar prácticas de manejo del cultivo tendientes a aprovechar al máximo los insumos proporcionados. En este contexto el manejo de la nutrición de las plantas es un aspecto crucial desde el punto de vista fisiológico y económico (Villalobos, 2001)

Con respecto al trópico existen muchas imprecisiones en cuanto a las verdaderas respuestas de los cultivos plantados con relación a la fertilización y comportamiento agronómico de especies y en lo referido a las deficiencias de elementos y requerimientos de una nutrición mineral garante de buenos rendimientos (Avilán et al., 1992).

La nutrición de las plantas afecta tanto la calidad interna como la externa, actuando sobre la firmeza y la respiración de los frutos cosechados (Villamizar y Ospina, 1995).

(Kant y Kafkafi 2002) consideran que un elemento es esencial para las plantas, cuando estas no pueden completar la fase reproductiva del ciclo de vida debido a su deficiencia.

Dentro de los macro nutrientes encontramos el nitrógeno (N), el fósforo (P), el potasio (K), el calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el azufre (S). Por su parte, los micronutrientes incluyen el boro (B), el cloro (Cl), el cobre (Cu), el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el molibdeno (Mo), el níquel (Ni) y el zinc (Zn) (Marschner, 1995).

Azcón-Bieto y Talón (2008) aseveran que los micronutrientes son elementos esenciales cuando se encuentran en cantidades mínimas en las plantas. Su

presencia en los tejidos vegetales está siempre por debajo del 0.01% del peso seco.

La situación ideal es aquella en la que la planta toma los nutrientes según los va necesitando, para lo cual el fertilizante debe liberarse a un ritmo similar a las exigencias del cultivo (Pérez et al., 2008), evitando la aplicación mucho antes o después de los períodos de absorción (Betrán, 2006).

Algunos estudios sobre los niveles deseables de concentración nutrimental en las hojas, para un buen rendimiento comercial en cultivo de melón, han establecido valores indicativos. Mientras que Geraldson y Tyler (1990), consideran únicamente un nivel de suficiencia para los diferentes nutrimentos, Hochmuth (1992) indica como necesario considerar tres niveles en dos etapas de crecimiento, para diagnosticar el estado de nutrición del cultivo.

Si la concentración de un elemento nutriente esencial en el tejido vegetal está por debajo del nivel necesario para un óptimo crecimiento, indica que la planta es deficiente en ese elemento, produciendo así una alteración en la ruta metabólica en la que participa dicho elemento, afectando además otros procesos inmediatamente involucrados (Epstein y Bloom, 2005).

Las degeneraciones metabólicas producidas por deficiencias de nutrientes esenciales se manifiestan eventualmente en anomalías visibles (Epstein y Bloom, 2005).

Efecto de la nutrición sobre las plantas

Los efectos nutricionales dependen de la influencia que ejerce cada nutriente en particular sobre los procesos bioquímicos y fisiológicos de la planta (Mengel et al., 2001).

Los nutrientes minerales, una vez absorbidos, se distribuyen por toda la planta a través del xilema, impulsados por la corriente ascendente del agua que genera el flujo de transpiración (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000).

Samra y Arora (1997) describen el nitrógeno (N) como un elemento de gran influencia en el crecimiento y desarrollo de la planta al promover la producción de ramas, hojas y frutos. En general las plantas deficientes en nitrógeno presentan un pobre crecimiento y una baja productividad. Según Fischer y Angulo (1999), el nitrógeno es el elemento que más influye en la disminución de la producción en plantas de uchuva, su deficiencia se manifiesta en una reducción en número y longitud de las ramas lo que afecta la cantidad y el tamaño de los frutos en formación.

Giller y Wilson (1991) y Carvajal (1984), manifiestan que el nitrógeno es uno de los factores limitativos más comunes en la producción de café, situación que el caficultor tiene que corregir mediante el suministro oportuno de este nutrimento

a las plantas en forma asimilable. Pese a que el nitrógeno constituye aproximadamente el 80 % de la atmósfera, en su forma molecular (N_2) es inerte y sólo es aprovechado por las plantas en forma mineral asociado a otros compuestos que dan origen a los iones amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) o cuando es fijado biológicamente por microorganismos libres o simbióticos.

El contenido de fósforo (P) interviene en la formación de los órganos reproductores, razón por la cual su contenido debe ser suficiente en los frutos (Pruiggros y Morin, 1985). (Mengel et al., 2001) reportan el fósforo como un elemento que se utiliza en bajas cantidades que, relacionado con la calidad, interviene en la utilización del azúcar y del almidón.

El suministro inadecuado de fosfato impide la exportación de triosas fosfatadas del cloroplasto y por ende la síntesis de sacarosa. Además, el efecto de la nutrición con fósforo en la calidad del fruto puede atribuirse a su papel como componente de los fosfolípidos, que son los mayores constituyentes de la membrana celular (Knowles et al., 2001).

Potasio (K^+) Este elemento es el único catión monovalente (K^+) que es esencial no solamente para los vegetales sino también para todos los seres vivos, con la excepción de algunos microorganismos en los que puede ser sustituido por el rubidio. (Azcón Bieto y Talón, 2008). Es el catión más abundante de la vacuola y el citoplasma donde puede alcanzar concentraciones de 100 mM y entre 2000 a 5000 ppm en el xilema (Azcón Bieto y Talón, 2008).

Aunque la mayoría de las plantas requieren cantidades relativamente grandes de K^+ , no ha sido aislado ningún metabolito vegetal que contenga este elemento (Azcón Bieto y Talón, 2008). Es activador del sistema enzimático. Es el catión maestro de la planta pues activa más de 60 reacciones enzimáticas, constituye del 0.2 al 1.0% de la materia seca (Valencia, 1999).

Entre las principales funciones del potasio están: esencial para la estructura celular, la asimilación del carbono, la fotosíntesis, la síntesis de proteína, la formación del almidón, el desplazamiento de las proteínas y de los azúcares, así como mantener la turgencia de fisiológica coloidal en el plasma vegetal (UNAL, 2009).

El exceso de este elemento afecta la absorción de calcio (Ca) y magnesio (Mg) (Varela et al., 1998). En condiciones de exceso aumenta su consumo, salvo en 24 semillas y, ese consumo de lujo puede inferir en la absorción y disponibilidad fisiológica de Ca y Mg (Azcón Bieto y Talon, 2008).

Como el N y el P, K se distribuye con facilidad en los órganos maduros a los juveniles, por lo que los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas antiguas. En las dicotiledóneas las hojas se ponen cloróticas en las cercanías de las lesiones necróticas (manchones oscuros de tejido muerto o agonizante).

Las formas como se puede encontrar el potasio son tres, no intercambiables o fijas, intercambiables y solubles (Devlin, 1982). Aunque la concentración total de este elemento en el suelo relativamente elevado, la mayor parte es no intercambiable, y por ello, no puede ser aprovechado por las plantas (Devlin, 1982). Sin embargo, la disponibilidad de K en minerales como la abiotita, la moscovita y la illita se hacen posibles a través de los procesos de meteorización (Devlin, 1982).

Calcio (Ca) el calcio es acumulado principalmente en las hojas, siendo cofactor de algunas enzimas. En la ausencia de este elemento no ocurre o se ve muy afectada la división mitótica, y es muy necesario en el desarrollo de los meristemas apicales. Es antagónico con el Na, K y Mg, formando parte de la lámina media de la pared celular como pectato de Ca (Valencia, 1999; Bonilla, 2008).

Participa en la síntesis de nuevas paredes celulares, especialmente en la lámina media que separa las nuevas células divididas; es muy necesario para un correcto funcionamiento de las membranas y ha sido implicado como segundo mensajero en diferentes respuestas de las plantas tanto en señales ambientales, como luz, temperatura, pH, entre otras (Bonilla, 2008, Taiz y Zeiger, 2006).

La acción del calcio en la transpiración es antagónica con la del potasio, si bien la relación de equilibrio entre ambos cationes varía con la especie e incluso entre variedades. Por ello, el efecto del calcio aportado con el encalado (especialmente en condiciones de déficit hídrico) puede ser perjudicial si al mismo tiempo no se adiciona potasio (Monge et al., 1994).

Como el Ca en el suelo está en equilibrio generalmente con el NO_3^- , las concentraciones de ambos iones en distintos órganos del frutal (hojas y frutos) se hallan altamente correlacionadas (VangPetersen et al., 1973).

Cuando el nitrógeno es aplicado como nitrato, mediante aspersion foliar, se incrementa la acumulación de calcio en hojas viejas, mientras que si se aplica en forma amoniacal aumenta en las jóvenes (VangPetersen et al., 1973).

Magnesio (Mg) Este elemento ocupa el centro de la molécula de clorofila (Taiz y Zeiger, 2006). En forma de ion es activador de enzimas que catalizan la respiración, es móvil y antagónico con el K, Na y Ca, (Valencia, 1999). Forma parte importante de la fotosíntesis y síntesis de ADN y ARN (Taiz y Zeiger, 2006).

Azufre (S) es constituyente de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina por ende de las proteínas que los contienen, así como de la tiamina la biotina y la coenzima A. Si no hay azufre no se forman las proteínas (Bonilla, 2008).

El boro (B) juega un rol primario en la biosíntesis y estructura de la pared celular y en la integridad de la membrana plasmática (Marschner, 2002); así mismo se involucra en el transporte de azúcares, la lignificación de la pared celular (Loomis y Durst, 1992), la elongación celular, síntesis de ácidos nucleicos y respuestas hormonales (Taiz y Zeiger, 2006).

Es para considerar que la planta, por regla general, no cuenta con grandes capacidades para almacenar elementos nutricionales por lo que necesita absorberlos constantemente del exterior. Esto sucede en especial para macroelementos como el nitrógeno y fósforo, y la ausencia de estos al poco tiempo desarrollará síntomas de deficiencia morfológicos y fisiológicos (Schopfer y Brennicke, 2006).

Fertirriego

Domínguez (1993) define a la fertirrigación como la aplicación de los fertilizantes y más concretamente, la de los elementos nutritivos que precisan los cultivos, junto con el agua de riego. También, Brañas (2001) y Hasan et al. (2004) definen la fertirrigación como el proceso mediante el cual los fertilizantes o elementos nutritivos que necesita la planta son aplicados y disueltos en el agua de riego.

La fertilización a través de los sistemas de riego localizado permite economizar un 30-60% de fertilizante respecto de los sistemas tradicionales, facilita el ajuste de las necesidades y aumenta la capacidad de reacción ante problemas de nutrición (Gómez, 1990; Pizarro, 1987); también genera otros beneficios como la anticipación de la fase productiva y la reducción de las pérdidas por lixiviación (Pizarro, 1987).

En riego por goteo la aplicación del agua es localizada hacia el área de absorción de la planta; debido a esto se obtienen frutos más sanos y de mejor calidad, además de que por el sistema de riego se puede hacer las aplicaciones de nutrimentos esenciales para la planta, haciendo aún más efectivo y eficiente el realizar cultivos con este método de aplicación de agua (Arrellano, 1995).

La fertirrigación permite el aporte de todos los nutrientes a lo largo del ciclo de cultivo en las cantidades y proporciones deseadas (Sanz, 2005) y sin que tenga que pasar un tiempo más o menos largo, para disolverse y alcanzar la profundidad de las raíces (Moya, 2002). De esta forma, el objetivo de aplicar la dosis correcta de nutrientes es mucho más fácil de alcanzar con aportaciones fraccionadas que con una única aplicación (Melgar, 2005).

Zapata et al. (1989) el riego por goteo, es un método para aplicar agua a los cultivos, con alta eficiencia, tanto en su conducción como en su distribución. Algunas de sus ventajas son: se pueden utilizar caudales pequeños de agua;

no se requiere nivelación del terreno; reduce la mano de obra, en la mayoría de los casos; se puede fertilizar a través del sistema y además se pueden realizar diversas labores con el riego funcionando.

Para programar correctamente un fertirriego se debe conocer el consumo de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo que resulta en el máximo rendimiento y calidad (Bar-Yosef, 1991). Pero en la práctica, el ciclo de crecimiento del cultivo se divide según las etapas fenológicas y se definen las concentraciones o cantidades de nutrientes a aplicar, con sus respectivas relaciones (Bar-Yosef, 1991).

El cultivo a campo abierto, permite utilizar un método de dosificación "cuantitativa" en el cual la concentración del fertilizante varía durante su aplicación, generalmente se usan fertilizantes simples, las dosis aplicadas deben tener en cuenta el contenido de nutrientes en el suelo y la cantidad de nutrientes aportados mediante la fertilización de base (Imas, 1999).

Cadahia (2000) señala que la solución nutritiva concentrada debe prepararse en los tanques del cabezal del sistema de fertirriego, de tal forma que al mezclarse con el agua de riego proporcione en los goteros las concentraciones que se desean. Así mismo, comenta que las soluciones concentradas se inyectan en función de tres criterios:

- En forma proporcional, el inyector se gradúa en %; es decir, que el porcentaje con respecto al caudal nominal máximo de la bomba o bien la dilución correspondiente.
- Según el caudal del agua, el inyector se gradúa en $L h^{-1}$ que pasa por la tubería.
- Según los parámetros de pH y CE. Los inyectores generalmente de funcionamiento eléctrico, están asociados con sensores de pH y de conductividad eléctrica y que proporcionan volúmenes variables de disolución concentrada hasta conseguir los valores predeterminados (Cadahia, 2000).

Las ventajas de la fertirrigación con respecto a otros sistemas tradicionales son de tipo técnico y ecológico y, por lo tanto, económico (Cadahía et al., 2002). Las principales ventajas ambientales son la dosificación racional mejorando la eficacia, el ahorro de agua y el control de la contaminación al evitar el exceso de nutrientes.

En áreas cálidas de Michoacán, el cultivo de melón se ha convertido en una atractiva opción durante el ciclo otoño-invierno de cada año, llegando a más de 2 000 ha de superficie cultivada; donde el sistema de producción predominante es con fertirrigación (SAGARPA, 2007).

El fertirriego facilita el flujo de elementos nutritivos que requiere la planta (Tapia et al., 2006). El 100% de los productores de melón que utilizan esta tecnología aplican productos vía follaje, ya sea como complemento nutricional o como activadores del metabolismo (hormonas o precursores de síntesis) y pueden ser orgánicos o minerales; además, 40% aplica productos químicos u orgánicos al suelo, como complemento a la fertirrigación. No obstante, un exceso de aplicación de insumos foliares y fertilizantes en este cultivo, puede ocasionar desórdenes fisiológicos y pérdida total del cultivo (Arias et al., 1994).

Fórmulas que se aplican para el cultivo de melón

En cuanto a fertilización, el melón responde a aplicaciones de nitrógeno y fósforo, la fórmula de fertilización generalmente utilizada está entre 100 y 120 unidades de nitrógeno, 80 unidades de fósforo, y cero unidades de potasio. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, recomienda a nivel nacional la fórmula 100-80-00 de N-P-K (Valadez, 1994).

De manera general, se recomienda utilizar la fórmula 180-60-00. La mitad del nitrógeno y el total del fósforo deben ser aplicados antes de la siembra o trasplante, y el resto del nitrógeno antes o durante los dos siguientes riegos, depositando el fertilizante en banda a un lado de las plantas. En riegos por goteo, aplicar el 40% de la dosis en pre siembra (fertilización base), y el resto deberá dosificarse a un calendario de aplicación durante el ciclo del cultivo (Agronet: Melón, 2005).

Cuadro 2. Aportación de nutrientes en la fertirrigación del melón (CIDA Murcia, 2002).

Días después del trasplante	Distribución de nutrientes a lo largo del ciclo en kg/ha				
	Nitrógeno (N)	Fosforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)
0-15	4	2	5		
15-30	6	3	15		
30-45	10	5	30		
45-60	20	10	45		
60-75	25	15	65		
75-90	35	20	75	10	4
90-105	45	20	70	15	6
105-120	35	15	65	15	6
120-135	30	10	50	10	4
135-150	15	5	30		
total	225	105	450	50	20

Fuente: (CIDA Murcia, 2002).

Para suelos con buena humedad durante el ciclo se sugiere fertilizar con 140 Kilogramos de nitrógeno, 60 de fosforo, y 60 de potasio en forma fraccionada; aplicar 152 kilogramos de urea o 209 de nitrato de amonio más 130 de

superfosfato de calcio triple o 308 kilogramos de superfosfato de calcio simple y 100 o 120 kilogramos de cloruro o sulfato de potasio en la siembra (o poco antes) y 152 o 209 kilogramos de urea o nitrato de amonio en la borra o bien si se puede aplicar con “tenate” en el cultivo para asegurar que el fertilizante quede en la parte húmeda y que la planta la aproveche (INIFAP, NAYARIT, 1996).

Para aquellos suelos que por sus características pueden presentar falta de humedad después de los 45 o 55 días de sembrado, se sugiere aplicar 80 kilogramos de nitrógeno y 40 de fósforo en una sola aplicación (siembra o borra); lo anterior se logra con 174 kilogramos de urea o 239 kilogramos de nitrato de amonio más 87 kilogramos de superfosfato de calcio triple o 205 kilogramos de superfosfato de calcio simple (INIFAP, NAYARIT, 1996).

Se sugiere aplicar la fórmula 200-150-150 por hectárea, la cual puede variar según la información que se derive del análisis de suelo. En zonas de riego se debe aplicar la mitad del nitrógeno, fósforo y potasio al momento de la borra y cubrir el fertilizante con tierra para evitar pérdida de nitrógeno; el resto del fertilizante debe aplicarse entre los 45 a 50 días después de la borra (SAGARPA, 2010).

Para proporcionar una nutrición adecuada al cultivo, es recomendable que antes de la siembra se realice un análisis químico del suelo para detectar posibles desbalances y ajustar la fertilización de acuerdo a las demandas del cultivo (INIFAP, SONORA, 1998). En el Campo Experimental Costa de Hermosillo, la aplicación de la fórmula 160-80-00 en riego rodado ha dado buenos resultados, colocando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo antes de la siembra y la otra mitad del nitrógeno con los riegos en varias aplicaciones después del aclareo hasta el amarre de los primeros frutos (INIFAP, SONORA, 1998).

En suelos de textura ligera, donde el análisis químico haya detectado deficiencia de potasio, se recomienda aplicar de 70 a 120 kg/ha de este elemento. El fertilizante de pre siembra debe aplicarse a un lado y abajo de la semilla para evitar toxicidad. (INIFAP, SONORA, 1998). También se recomienda hacer un análisis foliar en amarre de fruto, con el fin de detectar posibles deficiencias nutrimentales (sobre la base de la comparación de resultados con valores ya establecidos en tablas de interpretación), las cuales pueden ser corregidas con fertilización vía foliar o al suelo. (INIFAP, SONORA, 1998).

Fertilizar con la fórmula 150-60-80 (kilogramos de nitrógeno, fósforo y potasio por hectárea), aplicando todo el fósforo, una tercera parte del nitrógeno y una tercera parte del potasio al momento de la siembra o trasplante. El resto del nitrógeno y potasio dividirlo de la siguiente forma:

1. Un tercio 30 a 40 días después de la primera fertilización.
2. Un tercio al inicio de la floración femenina.

En caso de utilizar fertirrigación se recomienda acudir con expertos de este Campo para realizar una programación de aplicaciones y dosis de acuerdo a la fecha de siembra y análisis del suelo (INIFAP, 2015).

Considerando un rendimiento entre 27,000 y 35,000 kg/ha, un cultivo de melón necesitaría:

- 120 unidades de nitrógeno.
- 70 unidades de pentóxido de fosforo (P_2O_5).
- 180 unidades de óxido de potasio (K_2O).

Si bien no existen experiencias locales sobre fertilización en melón, teniendo en cuenta las características de los suelos, se puede decir que generalmente es necesario el agregado de fertilizantes nitrogenados. La aplicación de fertilizantes potásicos no siempre es necesaria en los suelos de San Juan, y con respecto a fertilizantes con fosforo el contenido de los suelos es muy dispar. Es conveniente realizar los análisis de suelo que permitan conocer sus condiciones de fertilidad (INTA, 2005).

Curvas de extracción

Basándose en las curvas de absorción de nutrientes por el cultivo, se ajustan las cantidades de acuerdo al tipo de suelo (Imas, 1999).

Una curva de absorción es la representación gráfica de la extracción de un nutriente y representa las cantidades de este elemento extraídas por la planta durante su ciclo de vida. La extracción de nutrientes depende de diferentes factores tanto internos como externos, los más sobresalientes son: (FERTICA, COSTA RICA, 2000).

Factores internos. 1. El potencial genético de la planta. Por esta razón es ideal determinar la curva de extracción para cada cultivar. 2. Edad de la planta, o estado de desarrollo de la misma. La curva necesariamente debe reflejar los cambios nutricionales dependientes de la fenología de la planta. Con esto se pueden asociar puntos de máxima absorción con puntos claves de desarrollo como prefloración, floración, fructificación etc. (FERTICA, COSTA RICA, 2000).

Factores externos Los factores externos son aquellos relacionados con el ambiente donde se desarrolla la planta como la temperatura, humedad, brillo solar, etc. (FERTICA, COSTA RICA, 2000).

Una vez que se han solucionado los problemas de suelo es necesario trabajar con el cultivo. Los programas de fertirrigación se basan en el conocimiento de la demanda nutrimental de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. Esta

variable se determina mediante muestreo secuencial de la biomasa total. Es decir, se toman muestras de toda la planta en una superficie determinada que puede ser de 2 o 3 m². Estos muestreos se realizan cada 2 o 3 semanas, teniendo especial precaución de que cada muestreo sea representativo de una etapa particular del desarrollo del cultivo (Castellanos, 2007).

Las muestras se secan, pesan y muelen para su análisis en el laboratorio. Conociendo el peso de la materia seca total y la concentración de nutrientes en las muestras de las plantas se pueden calcular las curvas de acumulación de nutrientes. Es importante recordar que el cultivo debe crecer sin ninguna restricción, pues lo que se desea es que las plantas expresen todo su potencial de rendimiento para completar su ciclo de producción (Castellanos, 2007).

Estos estudios no constituyen una herramienta de diagnóstico como lo es el análisis foliar, sino más bien, contribuyen en forma cuantitativa a dar solidez a los programas de fertilización a recomendar, específicamente, permite conocer cuanta cantidad de nutrientes en Kg/ha, es absorbida por un cultivo para producir un rendimiento dado, en un tiempo definido (Bertsch, 2003).

Datos provenientes de estos estudios son importantes pues constituyen una medida real, quizá la más real posible de lo que consume un cultivo desde la siembra hasta la cosecha, y por lo tanto representan las cantidades mínimas a las que debe de tener acceso un cultivo para producir un determinado rendimiento. Estos estudios son muy puntuales, son los que se refieren a requisitos totales y de cosecha, en los cuales incluyen todo el ciclo de vida del cultivo, las cuales dan origen a las llamadas curvas de absorción (Bertsch, 2003).

A pesar de las consideraciones establecidas anteriormente, y con la certeza de contar con los datos sobre las cantidades consumidas por un cultivo o contar con aproximaciones nutrimentales de otros sitios para variedades ya establecidas se procederá al establecimiento de un rendimiento esperado sobre el cultivo que se tiene interés transformado los datos tanto de consumo como de rendimiento a las mismas unidades por ejemplo en kg/ha (Bertsch, 2003).

La extracción nutrimental determina la cantidad de nutrimentos extraída por una planta, puede determinarse en una etapa fenológica determinada o a través del ciclo de cultivo, con las que se obtienen las curvas de extracción. (Pineda-Pineda et al., 2008; Azofeifa y Moreira, 2004; Azofeifa y Moreira, 2005). Con esta información es posible conocer las épocas de mayor absorción de cada nutrimento y definir un programa de fertilización adecuado para el cultivo, en el cual se considere tanto la cantidad de fertilizante como la época idónea para hacer las aplicaciones (Pineda-Pineda et al., 2008; Azofeifa y Moreira, 2004; Azofeifa y Moreira, 2005).

La extracción nutrimental por la planta es variable dentro de una misma especie, y esta depende del cultivar, el órgano muestreado, la tecnología de producción y el nutrimento (Bugarín et al., 2011; Pineda-Pineda et al., 2008, Terbe et al., 2006, Azofeifa y Moreira, 2005).

Los estudios de demanda nutrimental contabilizan los requisitos de cosecha, la extracción total o el consumo de nutrimentos que efectúa un cultivo en particular para completar su ciclo de producción (Bertsch, 2003), Las curvas de extracción son parte de estos estudios y permiten el conocimiento de la demanda de nutrimentos de acuerdo con la etapa fenológica de un cultivo; son muy útiles para establecer programas de fertilización ya que permiten un ajuste más preciso con el fin de maximizar la eficiencia de la fertilización en el ciclo del cultivo (Bertsch, 2003), especialmente si se acompaña de la técnica del fertirriego (Sandoval et al., 2007).

Con base en las curvas de absorción, se han sugerido numerosos programas de fertilización confiables en cultivos de alto valor económico como tomate, melón, sandía y chile dulce entre otros (Bertsch, 2003; Azofeifa y Moreira, 2005).

La construcción de las curvas de extracción se lleva a cabo mediante muestreos secuenciales de la biomasa total desglosada por tejidos. Cada muestreo debe ser representativo de una etapa particular en el desarrollo fenológico del cultivo, de manera que se pueda definir la cantidad de nutrimentos que la planta requiere diariamente durante su ciclo de crecimiento; teóricamente esta es la cantidad mínima de nutrimentos que deben suministrarse al cultivo (Bertsch, 2003).

Determinación de los niveles de fertilidad en base a la extracción de la solución del suelo con chupatubos

La solución del suelo puede ser extraída directamente, in situ, mediante tubos provistos de cápsulas porosas en un extremo, los cuales son enterrados a la profundidad deseada (10, 20, 30 cm), generalmente la zona de máximo crecimiento y/o abastecimiento de agua y nutrimentos. En el caso de la fertirrigación la cápsula porosa es colocada en la zona del suelo humedecida por el gotero o microaspersor. La solución que penetra al interior del bulbo poroso, que es hueco, se extrae por succión. En esta solución se pueden analizar las concentraciones nutrimentales en el suelo y, a partir de estos valores, establecer relaciones entre ellos (Mendieta, 2011).

Los análisis de solución del suelo nos ayudan a conocer la interacción entre la disolución de nutrimentos aplicada y el suelo o sustrato, verificando pH, C.E. y elementos minerales de interés en general. La proporción o equilibrio químico

adecuado en la solución del suelo puede influir en el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Mendieta, 2011).

La solución del suelo es el intercambio nutritivo entre el complejo absorbente del suelo y la planta, la composición de la solución del suelo es variable según el tipo de suelo, la riqueza en elementos nutritivos (fertilización), la estación y el grado de humedad del suelo. El contenido de elementos minerales en la solución del suelo es de particular interés, puesto que la planta absorbe dichos elementos de ahí, dependiendo esto en gran parte de su concentración (Mendieta, 2011).

Se recomienda contar con un conjunto de tres extractores (chupatubos) de solución de suelo por lote de riego a 12, 18 y 24 pulgadas de profundidad (Burgueño, 1999).

La extracción de la solución del suelo nos permite conocer los niveles de pH, conductividad eléctrica, nitratos y nitritos así como otros elementos presentes en la solución del suelo importantes para la nutrición de las plantas (Burgueño, 1999).

Es deseable mantener siempre una concentración constante de nitratos en solución arriba de 500 ppm en el caso de cultivos exigentes en nitrógeno. Para el caso particular del tomate es importante un buen monitoreo de los nitratos, durante la etapa de cosecha, para evitar excesos con la finalidad de obtener el mínimo de fruta rajada y falta de firmeza (Burgueño, 1999).

La extracción mediante extractores de succión es un método no destructivo tanto para la estructura del suelo como para el sistema radicular de las plantas (Van der Ploeg y Beese, 1977), y permite la obtención de muestras en condiciones de sub-saturación.

El uso de ESS no es un método reciente Briggs y McCall (1904) fueron los primeros en proponer su uso para succionar el agua del suelo que realmente pudieran disponer las plantas. Ha sido utilizada en investigación para los estudios de salinidad del suelo (Aragües, 1986). Algunos autores la han utilizado como herramienta para conocer la acidificación provocada por la deposición de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en suelos forestales (Novak et al., 1995; Carnol et al., 1997), o la acumulación del (Al) en este tipo de suelos (Matzner et al., 1998). Ha sido utilizada como método para conocer el contenido hídrico del suelo (Wu et al., 1995; Holland et al., 2000), y el drenaje del agua y lixiviación de solutos según el método de riego (Jaynes et al., 1993). En 1997 se estudió su eficacia para determinar la interacción de pesticidas en el suelo (Perringanier et al., 1997) así como su concentración a distintas profundidades (Weaver et al., 1990; Lanwrence et al., 1995). Ha sido empleada en la horticultura almeriense (Cadahía, 1998), y en la actualidad, el uso de los ESS en horticultura tienen

una gran importancia dentro del campo de la nutrición como alternativa a otros métodos de extracción de la solución nutritiva (Lao et al., 1996).

A partir de una calidad concreta de agua de riego aportamos los nutrientes necesarios para obtener una solución ideal, sin embargo, es preciso tener en cuenta posibles interacciones con el suelo, que modifican la solución nutritiva inicial. Dada la composición de la cápsula se observaron incrementos en las concentraciones de calcio, potasio y sodio y fijación de fósforo a partir de la solución nutritiva original (Lao et al., 1996).

González et al. (1999) pusieron de manifiesto la influencia de la temperatura, C.E. y el pH en las concentraciones de algunos iones obtenidos mediante los ESS. Respecto a las concentraciones obtenidas a partir del extracto de saturación, aparecían en mayor proporción los iones Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- y en menor proporción Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- y NH_4^+ . Aunque los ESS pueden utilizarse sin restricción por Cl^- y NO_3^- se aconseja precaución para los demás iones.

Los equipos utilizados denominados lisímetros, consisten en una mecha fibrosa (Boll et al., 1992) o un lecho de material poroso en íntimo contacto con la parte inferior del perfil del que se suspende una columna de agua que genera un gradiente pasivo de succión (Regalado et al., 2005). Su principal ventaja es que no necesitan una fuente externa que genere un gradiente de presión, por lo que son de utilidad en condiciones de campo desatendidas o cuando se persigue determinar y simular condiciones de frontera de flujo libre o de cuasi-saturación en la parte inferior de un perfil (Boll et al., 1992; de Rooij y Stagnitti, 2002).

Sin embargo, como indican Ramos y Kücke (1999), éste que podría considerarse como el método estándar de medida de la lixiviación presenta también algunos inconvenientes: (1) los lisímetros en los que se puede recoger los lixiviados suelen ser caros (Goulding y Webster, 1992); (2) las condiciones del suelo en el lisímetro, rara vez son representativas de las condiciones del suelo en la parcela experimental en la que se quiere obtener las medidas, tanto en lo relativo al movimiento del agua como a algunos componentes del de la biología del suelo; (3) pueden presentar problemas de poca profundidad para el desarrollo de las raíces; (4) en suelos en los que se forman grietas con facilidad, pueden haber problemas de flujo preferencial en la zona de contacto del suelo con las paredes del lisímetro (Poss et al., 1995); (5) en estudio con plantas, por algunos de los efectos mencionados anteriormente o por otros, el crecimiento en los lisímetros puede ser diferente del que ocurra fuera del lisímetro, y con ello la evapotranspiración puede ser también diferente; (6) el nivel de contaminación o alteración de la composición de la solución obtenida puede ser sensible (Selker, 2002); y (6) el mayor inconveniente reside en que sólo es posible muestrear el agua gravitacional, no permiten extraer solución retenida a potenciales superiores a 20 kPa (Ball y Hunter, 1988), siendo el

intervalo usual de aplicación < 10 kPa; obteniéndose normalmente muy poco volumen de muestra, lo que limita en gran medida su empleo en la mayor parte de las condiciones experimentales (Sánchez-Pérez, 1994).

La extracción de solución de suelo mediante lisímetros de vacío o extractores “radiculares” tipo Rhizon permite extraer solución retenida normalmente hasta 70-85 cbar (Corwin, 2002; Rhizon SMS, 2003). El volumen de solución extraído varía con el tipo (textura), propiedades hidráulicas y contenido de humedad del suelo (Rhoades y Oster, 1986), y en general es superior en el caso de las cápsulas de succión, aunque el grado de alteración del suelo es en este último caso es mayor que con los Rhizon.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

El experimento se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2014, en las instalaciones del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, cuyas coordenadas geográficas latitud norte son 25° 27' y longitud oeste 101° 01' a 1610 msnm.

Material vegetal

Se utilizó semilla híbrida de melón (*Cucumis melo L.*) cv. F1 Cruiser las cuales se sembraron el 31 de marzo del mismo año en charolas de poliestireno de 200 cavidades, colocándose una semilla por cavidad. El sustrato que se utilizó para la germinación fue peat moss. En esta fase de producción de plántula se nutrieron con la solución Steiner (1961), la cual durante las primeras dos semanas después de la emergencia se le suministro un 50% de la concentración y para la 3er y 4ta semana aumentó esta concentración a un 75%.

Tratamientos

En total se evaluaron seis tratamientos, los cuales fueron dos colores de acolchado plástico: negro y azul más un testigo (suelo sin acolchar) y dos concentraciones de nitrato (NO_3^-): en la solución del suelo: dosis alta (1250 ppm) y testigo (800 ppm) esta última fue determinada en base a la curva de crecimiento del melón (Figura 1).

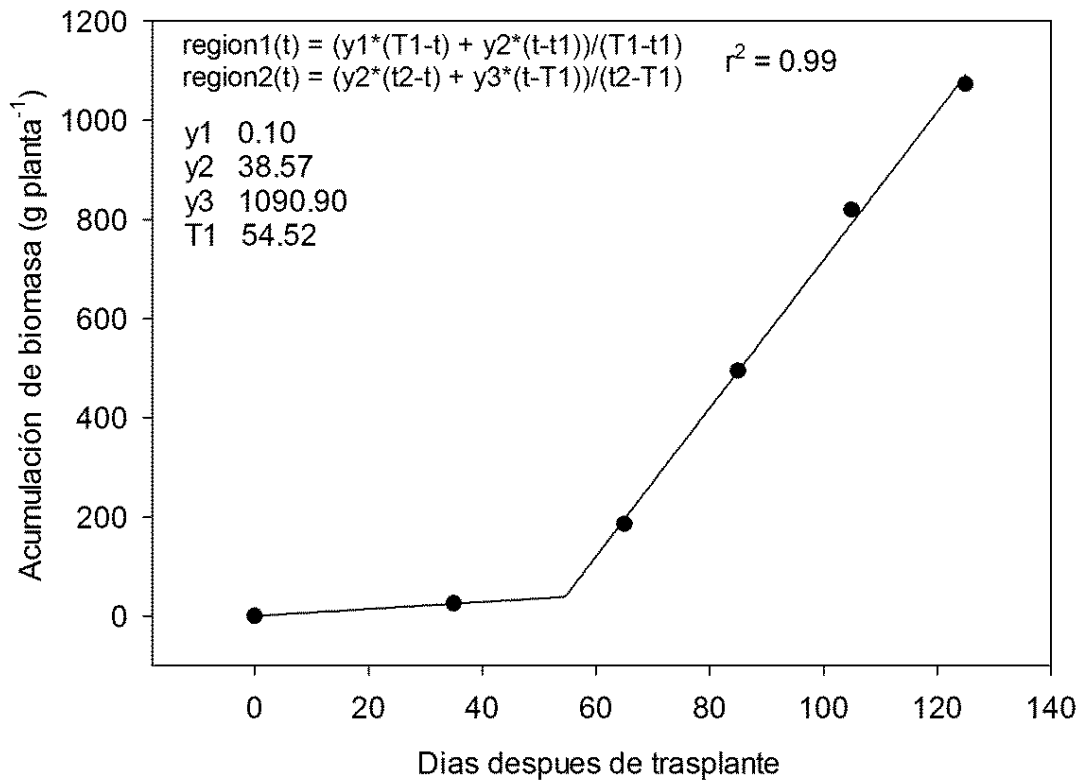


Figura 1. Curva de crecimiento de melón (Sánchez et al., 1998).

Establecimiento del experimento

El trabajo se realizó en condiciones de campo abierto en una superficie de 400 m², las camas de siembra fueron de 0.8 m de ancho, mismas que fueron acolchadas con una película de polietileno negro o azul de 1.20 m de ancho y 0.03 mm de espesor. La preparación de terreno se llevó a cabo en forma mecánica, realizando las labores de barbecho y rastreo. La formación de las camas fueron de manera manual de 5 m de longitud y de 0.8 m de ancho. Se coloraron en el centro de las camas dos cintillas de riego con emisores cada 30 cm, con un gasto de 4 litros por hora.

Labores culturales

Trasplante

El trasplante se realizó el 7 de mayo colocándose una plántula en cada orificio del acolchado, las cuales contaban con tres hojas verdaderas bien extendidas. La distancia entre planta y planta fue de 33 cm. En cada cama se plantaron a hilera sencilla obteniendo así un total 216 plantas.

Riego y fertilización

El sistema riego por goteo permitió dosificar en promedio 4 litros por hora a una presión de 12 libras por pulgada cuadrada. La frecuencia de riego fue determinada mediante el uso de tensiómetros, los cuales fueron colocados en diferentes puntos del área experimental a una profundidad de 25 cm.

La dosis de fertilización igual a 1250 ppm de NO_3^- se ajustó de acuerdo a la concentración de NO_3^- de la solución del suelo. Esta solución fue extraída con un lisímetro a una presión de succión igual a 50 centibar, estos fueron colocados a una profundidad de 20 cm, asimismo, se realizó 24 horas después de cada fertirriego. La solución obtenida se determinó la concentración de este ion con un ionómetro marca Horiba modelo LAQUAtwin B-743. Sin embargo, para la fertilización igual a 800 ppm de NO_3^- se suministró en función de la curva de crecimiento de esta planta. La fertirrigación se inició una semana después del trasplante. Estas concentraciones de NO_3^- fueron preparadas con sales grado fertilizante (Cuadro 3).

Cuadro 3. Fertilizantes utilizados en la fertilización del cultivo de melón cv. F1 Cruiser.

Fertilizantes	Fórmula	Concentración (%)	
Nitrato de potasio	KNO_3^-	N	K_2O
		12	46
Fosfato monopotásico	KH_2PO_4	PO_5	K_2O
		52	34
Sulfato de potasio	K_2SO_4	K_2O	
		51	
Nitrato de amonio	NH_4NO_3^-	32	
Ácido nítrico	HNO_3^-	55	
Ácido fosfórico	H_3PO_4	85	

Prevención y control de plagas y enfermedades

Durante el desarrollo del experimento se realizó la aplicación de fungicidas preventivos y curativos: Tecto 60 desde 0.5 a 1.5 g L⁻¹, Mancozeb 0.5 a 1.0 g L⁻¹ Blindaje 50 1 g L⁻¹ y Nematrol 2-4 L ha⁻¹. Estos fueron empleados de forma alterna, a excepción de Nematrol este fue empleado 10 días antes del trasplante, realizando aplicaciones cada 8 días y una vez que se hayan presentado los primeros síntomas de la presencia de las enfermedades se aplicaron cada 4 días.

Para la prevención de plagas se aplicó Endosulfan a una dosis de 0.3 ml L⁻¹ de agua. Las aplicaciones se realizaron en los mismos intervalos que para la prevención de enfermedades.

Variables evaluadas

Las variables que se tomaron durante el experimento fueron: rendimiento, materia seca y concentración de nutrimentos. La mayoría de estas variables se tomaron al final del ciclo del cultivo: longitud de guía, número de hojas, diámetro de tallo, número de guías, diámetro polar, diámetro ecuatorial y peso de fruto.

Fisiológicas

La fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática se determinaron a los 55 días después de trasplante, registrándose con un IRGA LI-COR 6400 (Lincoln, Nebraska), la lectura se tomó en un periodo de las 11:30 a 12:30 horas tomadas en hojas jóvenes completamente desarrolladas, con dos mediciones por unidad experimental.

Rendimiento

El rendimiento se determinó en dos plantas por repetición, de las cuales se cosecharon los frutos de forma manual una vez que estos hayan presentado el índice de madurez de un color característico amarillo y la red bien formada, para posteriormente registrar el peso de cada una de ellas utilizando una balanza. Estos pesos se procedió a obtener el promedio para registrar el peso en kg por planta.

Materia seca

La materia seca se determinó en la parte aérea de la planta, se separaron en hojas y guías. Las hojas fueron lavadas con agua destilada. Los órganos separados se introdujeron en un horno de secado a 65°C durante 72 horas para posteriormente registrar el peso de la materia seca utilizando una balanza analítica.

Concentración de nutrimentos

El tejido vegetal aéreo fue enviado al Laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Posgraduados para su posterior determinación de las concentraciones de N, K y Ca. El tejido aéreo fue digerido en una mezcla de 2:1 de H₂ SO₄:HClO₄ y 2 ml de H₂ O₂ al 30 % y las muestras digeridas fueron analizadas para N con el procedimiento de Micro-Kjeldahl (Bremner, 1996), mientras que la concentración de K y Ca se realizó con espectrómetro de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES, model Liberty, VARIAN, Santa Clara, CA) (Soltanpour et al., 1996).

Diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con un arreglo factorial 3 x 2, con un total de seis tratamientos y tres repeticiones y con 12 plantas por unidad experimental de los cuales solo fueron evaluados únicamente las seis plantas del centro de cada cama o repetición. Los datos obtenidos se sometieron en un análisis de varianza y la comparación de medias fue de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) utilizando el programa SAS versión 9.2.

VII. RESULTADOS

La longitud de guía y número de guías por planta fueron afectadas por el color del acolchado plástico, pues estas fueron mayores cuando se cultivaron sobre acolchado negro y azul (Cuadro 4). Mientras que la concentración de N en forma de NO_3^- no influyeron en estas variables (Cuadro 4). El número de hojas y el diámetro de tallo fueron afectados por el acolchado plástico y por la concentración de NO_3^- , la interacción de estos factores afectaron estas variables (Cuadro 4).

Longitud de guía

La longitud de guía fue superior en las plantas de melón con acolchado plástico que en aquellas plantas que crecieron en suelo desnudo; sin embargo las dosis de NO_3^- no tuvieron influencia sobre la variable (Cuadro 4). Por otra parte la interacción entre acolchado y dosis de NO_3^- no afectaron significativamente esta variable (Cuadro 4).

Número de hojas

Los resultados muestran que no hay efecto significativo del acolchado pero sí de la dosis alta de NO_3^- (Cuadro 4). El número de hojas es influenciado por la interacción entre acolchados y las dosis de NO_3^- (Figura 2). Las plantas de melón desarrolladas en acolchado y en suelo desnudo tienen mayor número de hojas solo con la dosis de fertilización alta de NO_3^- (1250 ppm) (Cuadro 4). El número de hojas por planta es mayor en aquellas desarrolladas en suelo sin acolchar cuando estas recibieron 800 ppm de NO_3^- , sin embargo, el aumento de la concentración de NO_3^- a 1250 ppm disminuye esta. En contraste, el número de hojas aumenta en aquellas plantas que fueron desarrolladas sobre acolchado negro o azul y con 1250 ppm de NO_3^- (Figura 2).

Diámetro de tallo

Los acolchados y las dosis de NO_3^- influyen en el diámetro de tallo de las plantas de melón y la interacción entre estos factores fue significativa, así mismo el acolchado negro con la dosis alta de NO_3^- genera un mayor diámetro de tallo (Figura 3).

Número de guías

Esta variable se muestra afectada significativamente por el acolchado únicamente, ya que hubo un mayor número de guías en aquellas plantas que se desarrollaron en acolchado plástico (negro o azul) a comparación de plantas de melón que están en suelo desnudo (Cuadro 4). Por lo mismo, no hay interacción entre los factores acolchado y dosis de NO_3^- (Cuadro 4).

Cuadro 4. Respuesta del melón a la concentración de nitrato (NO_3^-) y color del acolchado plástico en plantas de melón cv. F1 Cruiser.

Acolchado	Longitud de guías (m)	Número de Hojas	Diámetro de Tallo (mm)	Número de Guías
Testigo	1.82b	146.62a	10.36b	8.20b
Negro	2.14a	156.91a	11.59a	12.25 ^a
Azul	2.15a	152.47a	11.09ab	10.70 ^a
NO_3^- (ppm)				
800	2.05a	145.63b	10.27b	10.69a
1250	2.02a	158.37a	11.75a	10.08a
Acolchado ANOVA ($P \leq$)	0.01	ns	0.03	0.001
NO_3^- ANOVA ($P \leq$)	ns	0.01	0.001	ns
Interacción ($P \leq$)	ns	0.001	0.02	ns
CV (%)	9.10	5.17	6.14	12.54

Anova= Análisis de varianza; Interacción= Acolchado x Fertilización; CV= coeficiente de variación; ns, 0.001, 0.01 y 0.05, no significativo y significativo. Las letras a, b y c son las categorías obtenidas en la comparación de medias con Tukey al 0.05.

Diámetro polar

El diámetro polar es superior en plantas de melón que crecieron en acolchado plástico (negro o azul) que aquellas del suelo desnudo, así mismo las dosis de NO_3^- influyen en esta variable. Sin embargo no hubo significancia en la interacción entre acolchados y la dosis de NO_3^- (Cuadro 5).

Diámetro ecuatorial

Esta variable no se muestra influenciada por los tratamientos aplicados a las plantas de melón; los resultados no muestran efecto significativo en acolchados ni en dosis de NO_3^- y no hay interacción entre estos factores (Cuadro 5).

Peso de fruto

El peso de fruto es mayor en plantas de melón con acolchado plástico cuando se aplica una dosis alta de NO_3^- , a comparación del peso de fruto que fue menor en las plantas de melón del suelo desnudo y con dosis baja de NO_3^- (Cuadro 5).

Cuadro 5. Respuestas del melón a la concentración de nitrato (NO_3^-) y color del acolchado plástico en plantas de melón cv. F1 Cruiser.

Acolchado	Diámetro Polar (cm)	Diámetro Ecuatorial (cm)	Peso de Fruto (kg)
Testigo	14.16b	11.85a	1.24b
Negro	15.87a	13.07a	2.02a
Azul	15.53a	12.63a	1.98a
NO_3^- (ppm)			
800	14.95a	12.14a	1.44b
1250	15.43a	12.89a	2.04a
Acolchado ANOVA ($P \leq$)	0.0002	ns	0.0001
NO_3^- ANOVA ($P \leq$)	0.05	ns	0.0001
Interacción ($P \leq$)	ns	ns	Ns
CV (%)	3.12	7.30	11.51

Anova= Análisis de varianza; Interacción= Acolchado x Fertilización; CV= coeficiente de variación; ns, 0.001, 0.01 y 0.05, no significativo y significativo. Las letras a, b y c son las categorías obtenidas en la comparación de medias con Tukey al 0.05.

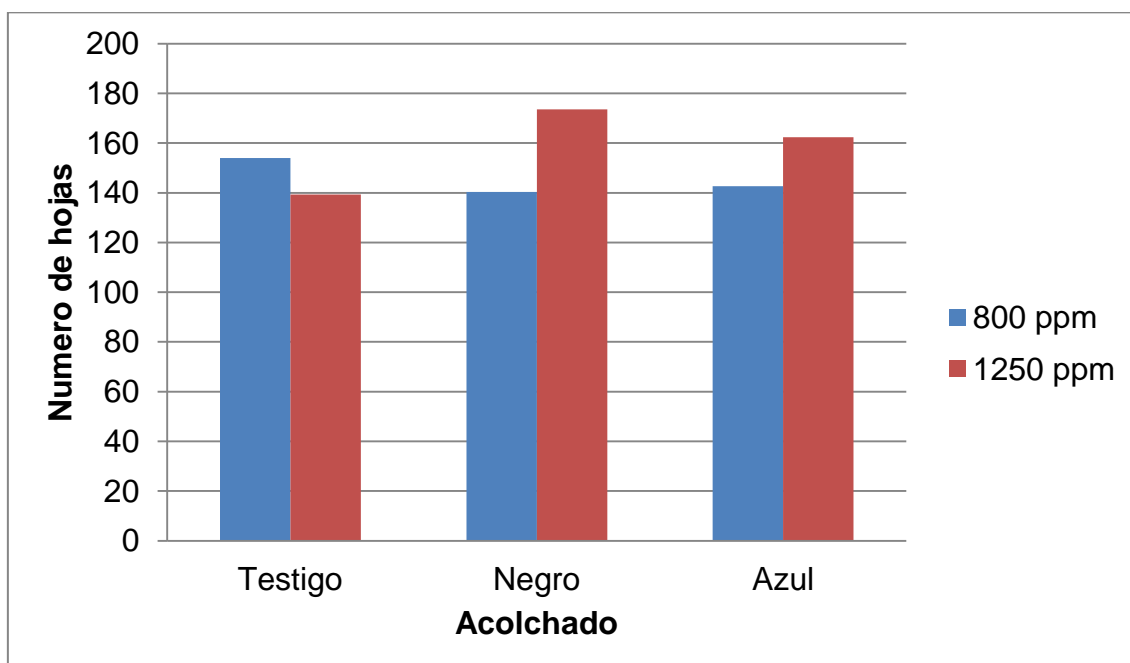


Figura 2. Efecto de la interacción entre el color del acolchado plástico y las dosis de NO_3^- sobre número de hojas en plantas de melón cv. F1 Cruiser.

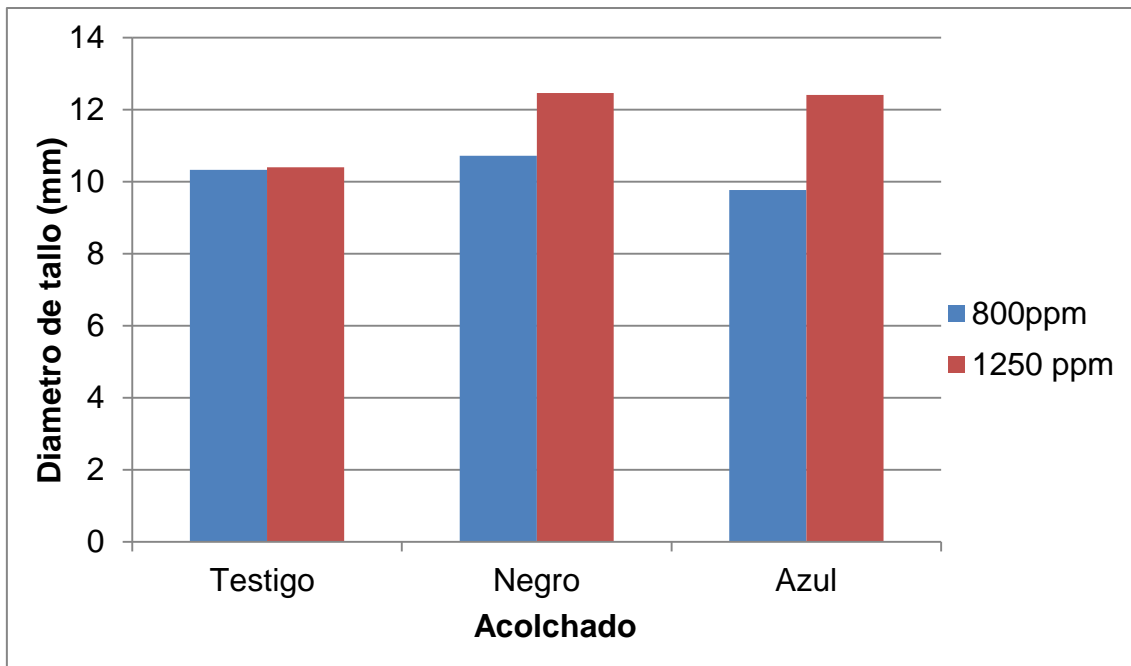


Figura 3. Efecto de la interacción entre el color del acolchado plástico y las dosis de NO_3^- sobre diámetro de tallo (mm) en plantas de melón cv. F1 Cruiser.

Concentración nutrimental

La concentración de N, Ca y Mg en los tejidos de las plantas de melón no fueron afectados significativamente por los acolchados ni por la dosis de NO_3^- , mientras la interacción entre estos factores mostró significancia en el contenido de estos elementos en plantas de melón cv. F1 Cruiser (Cuadro 6).

La concentración de N (Figura 4) y Ca (Figura 5) disminuyó en plantas fertilizadas con una dosis más alta cuando estas crecieron en suelo desnudo. En general, la concentración de N tiende a disminuir en plantas acolchadas en comparación con las crecidas en suelo desnudo. Sin embargo, en plantas crecidas en suelo acolchado ya sea con plástico azul o plástico negro la concentración de N tendió a elevarse con la dosis más alta. En cuanto a la concentración de Mg, las tendencias fueron similares a la de N y Ca, pero un poco menos marcadas (Figura 6).

Cuadro 6. Efecto del color del acolchado plástico y la fertilización nitrogenada sobre la concentración de algunos macro-nutrientes en plantas de melón cv. F1 Cruiser.

Acolchado	N (%)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
Testigo	2.40a	73152a	20083 ^a
Negro	2.38a	71246a	18675 ^a
Azul	2.47a	75636a	19843 ^a
NO₃⁻ (ppm)			
800	2.41a	71869a	19551.2a
1250	2.42a	74820a	19515.7a
Acolchado ANOVA (P≤)	ns	ns	ns
NO ₃ ⁻ ANOVA (P≤)	ns	ns	ns
Interacción (P≤)	0.07	0.03	0.01
CV (%)	6.63	6.55	8.93

Anova= Análisis de varianza; Interacción= Acolchado x Fertilización; CV= coeficiente de variación; ns, 0.01, 0.03, no significativo y significativo. Las letras a, b y c son las categorías obtenidas en la comparación de medias con Tukey al 0.05.

La concentración de N disminuye en las plantas que se desarrollaron sobre el suelo desnudo con una dosis de fertilización alta (Figura 4). Así mismo las plantas con acolchado negro o azul tienden a bajar su concentración de este nutrimento en comparación con plantas de suelo desnudo (Figura 4). Las plantas que recibieron una dosis de 800 ppm de NO₃⁻ mostraron una disminución considerable en la concentración de este nutrimento con acolchado negro y azul (Figura 4).

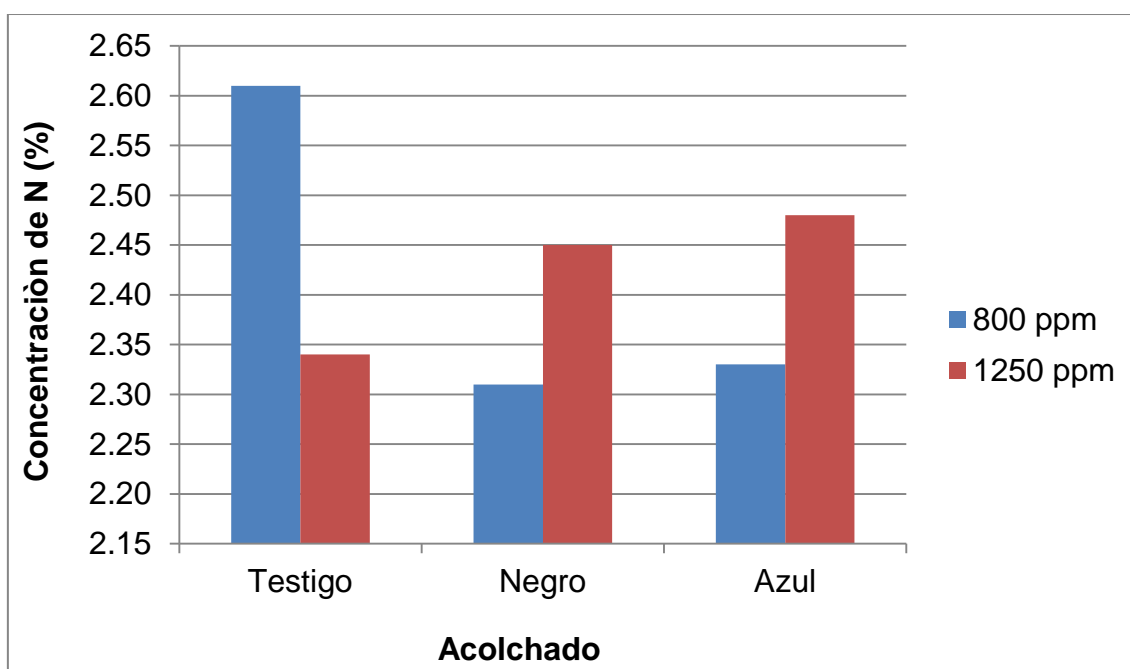


Figura 4. Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO_3^- sobre la concentración de nitrógeno N (%) en plantas de melón cv. F1 Cruiser.

La concentración de Ca es menor en plantas donde se aplicó una dosis de fertilización alta cuando estas crecieron en suelo desnudo (Figura 5). Las plantas que crecieron en acolchado negro y azul disminuyeron el contenido de Ca con una dosis de 800 ppm de NO_3^- . Las plantas con acolchado negro o azul descendieron su concentración de Ca en comparación con aquellas plantas que crecieron en el suelo desnudo (Figura 5).

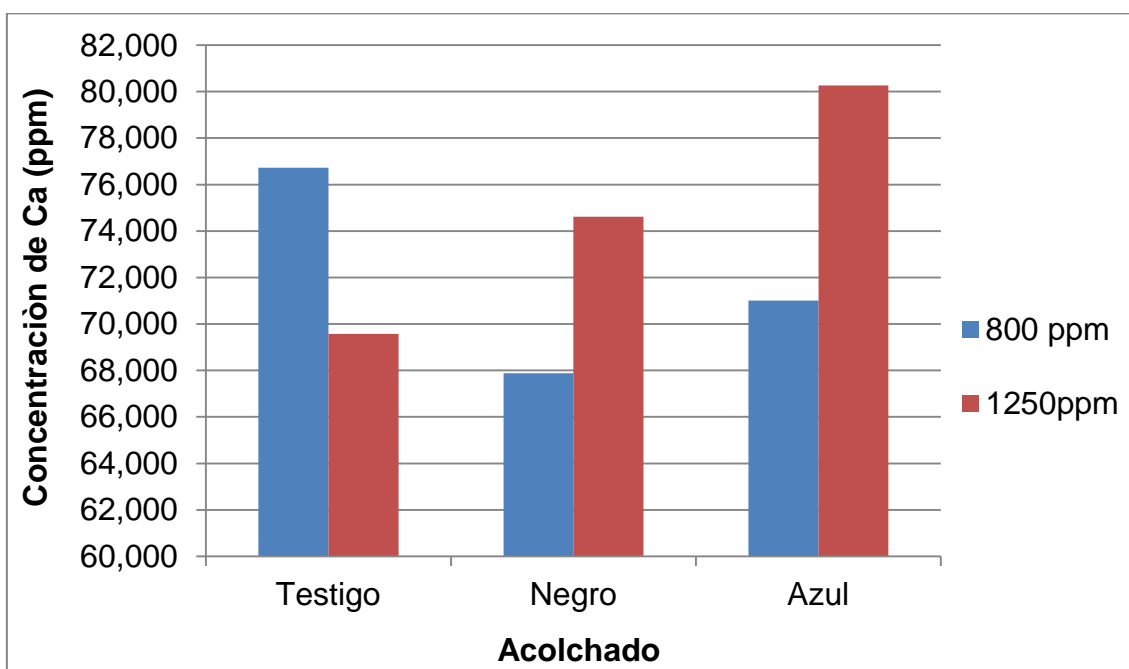


Figura 5. Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO_3^- sobre la concentración de Calcio Ca (ppm) en plantas de melón cv. F1 Cruiser.

De la misma manera, encontramos que la concentración de Mg baja en las plantas donde se aplicó una dosis alta cuando estas crecieron en suelo desnudo (Figura 6). Las plantas disminuyen su concentración de Mg con acolchado negro o azul a diferencia de las plantas de suelo desnudo. Por otra parte el cambio en la concentración de Mg cuando se aplicó una dosis de fertilización baja en el acolchado negro y azul fue mínimo cotejando con las plantas de suelo desnudo. Las tendencias fueron similares a la de N y Ca, pero un poco menos marcadas (Figura 6).

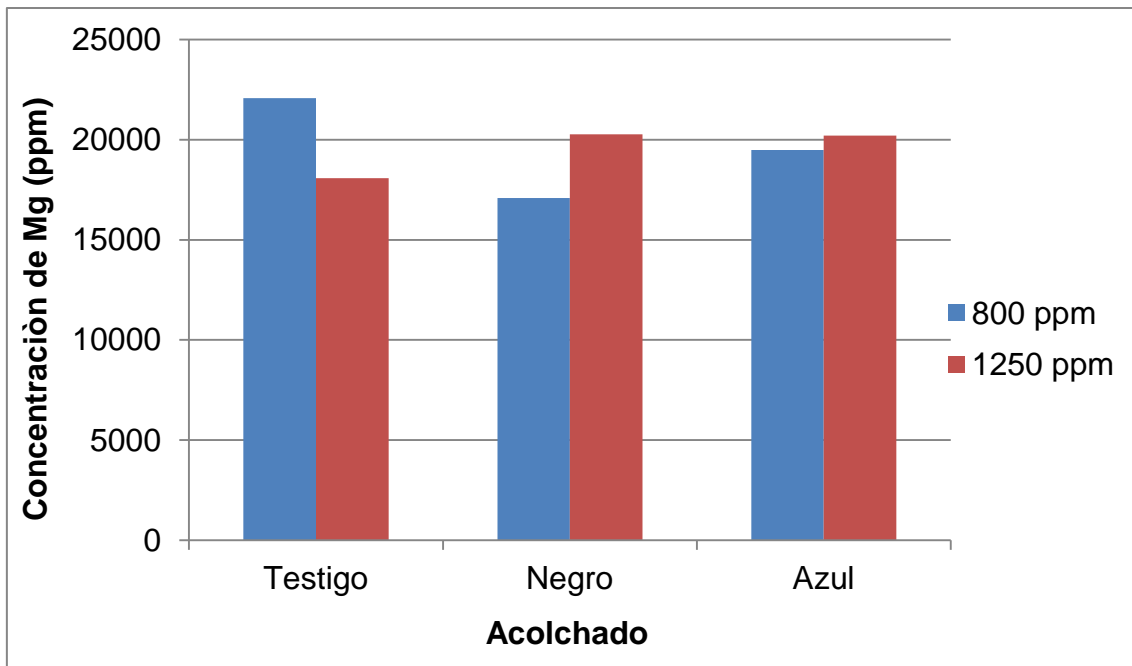


Figura 6. Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO_3^- sobre la concentración de Magnesio Mg (ppm) en plantas de melón cv. F1 Cruiser.

VIII. DISCUSIÓN

La utilización de acolchados plásticos ha dado buenos resultados para favorecer un rápido crecimiento e incrementar los rendimientos de melón, sin embargo la evolución de la temperatura del suelo varía considerablemente según el color del acolchado y su composición. Por consiguiente el efecto es distinto sobre las plantas. Los resultados de este trabajo nos muestran que hay un incremento en la producción de las plantas que crecieron en acolchado plástico, esto coincide con Munguía et al. (2004) quien encontró en un cultivo de melón bajo acolchado plástico que la temperatura media del suelo y del dosel vegetal fueron mayores que en el suelo desnudo; así mismo, la radiación neta y el flujo de calor latente y sensible fueron también mayores, lo que produjo precocidad en el desarrollo del cultivo. Grassi y Videla, 1979 emplearon polietileno negro como cobertura de suelo en un cultivo de zapallitos (*Cucurbita maxima* var. *zapallito*), y constataron un aumento del 105% en la producción de frutos comparado con el testigo sin acolchado (Oriolani et al., 1979). En contraste a estos resultados en Israel se logró solo un 10% a 15% de aumento en rendimiento en frutilla plantada en invierno con el uso de polietileno transparente, en relación a los rendimientos logrados con polietileno negro (Converse, 1981).

La fertilización es un aspecto de suma relevancia para el cultivo del melón; el profundizar en el conocimiento de los requerimientos de la planta permite incrementar el rendimiento y la calidad del producto (Molina, 2006). Samra y Arora (1997) describen el N como un elemento de gran influencia en el crecimiento y desarrollo de la planta al promover la producción de ramas, hojas y frutos. Las plantas fertilizadas con NO_3^- tuvieron mayor rendimiento cuando se le aplicó la dosis de 1250 ppm de este nutrimento, lo que coincide con Tapia-Vargas et al. (2010) quienes reportaron que el elemento nutritivo más importante y significativo para la calidad y producción de melón fue el N, pues la producción fue directamente proporcional a la aplicación de este nutrimento y se elevó de 1.8 y 1.5 veces más cuando se aplicó la dosis más alta de N que cuando se suprimió el elemento. Al respecto Doerge et al. (1991), encontraron que el N es el factor más importante en el rendimiento de melón, al compararse con otros elementos nutritivos.

En relación a las variables del experimento que fueron evaluadas al final del ciclo de cultivo: longitud de guía, número de hojas, diámetro de tallo, número de guías, diámetro polar, diámetro ecuatorial y peso de fruto; mostraron un comportamiento distinto entre las mismas por parte de los factores de acolchado y dosis de nitrato NO_3^- . Tolk et al. (1999) encontraron valores más altos del índice de área foliar (IAF) en cultivos con acolchado plástico que en los mismos cultivos en suelo desnudo. Este resultado lo explican por la mayor humedad en el suelo acolchado que se emplea principalmente en transpiración y por consiguiente en un mayor crecimiento de las plantas (Tolk et al., 1999).

Las variables longitud de guía y número de guías por planta fueron afectadas por el acolchado plástico, pues estas fueron mayor en las que se cultivaron sobre acolchado negro y azul, que aquellas que se sembraron en suelo desnudo, mientras que la concentración de N en forma de NO_3^- no influyeron en estas variables. Esto coincide con Ibarra y Rodríguez (1984), quienes reportan los efectos benéficos del acolchado con plásticos para el suelo, señalando que este ayuda a eliminar el daño causado por las condiciones ambientales desfavorables, lo que proporciona un cierto grado de seguridad en las cosechas, modifica las condiciones existentes del microclima local o, más precisamente hace posible la anticipación de una cosecha; mejora la productividad de los cultivos y la calidad de los productos, tan importantes en áreas pequeñas de cultivo, proporciona un plan de producción más preciso ya que limita la absorción de sales del cultivo y, finalmente mejora las condiciones de trabajo, por el control total o parcial de maleza.

El resultado del análisis hecho en este trabajo nos muestra que en las variables número de hojas y el diámetro de tallo fueron afectados por el acolchado plástico y por la concentración de NO_3^- , la interacción de estos factores afectó estas variables. El número de hojas por planta es mayor en aquellas desarrolladas en suelo sin acolchar, cuando estas recibieron 800 ppm de NO_3^- , sin embargo, el aumento de la concentración de NO_3^- a 1250 ppm disminuye esta y aumenta en aquellas plantas que fueron desarrolladas sobre acolchado negro y azul. Por lo tanto coincide con la información citada por Erenstein (2002) quien señala que el acolchado aumenta la temperatura y la humedad del suelo favoreciendo la mineralización del suelo, lo que genera una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas (entre otros el N) y un aumento de la materia orgánica del suelo. El acolchado protege el suelo de la erosión de la lluvia, de las tormentas de granizo y de la desecación del suelo por el viento (Smets y Poesen, 2009).

En contraste, la variable diámetro ecuatorial no se mostró influenciada por los tratamientos aplicados a las plantas de melón cv. F1 Cruiser; los resultados no muestran efecto significativo en acolchados ni en dosis de NO_3^- y no hay interacción entre estos factores. Por otra parte en la variable diámetro polar los resultados nos indican que este es superior en plantas de melón que crecieron en acolchado plástico (negro o azul) que aquellas del suelo desnudo, así mismo las dosis de NO_3^- influyen en esta variable. Sin embargo, no hubo significancia en la interacción entre acolchados y la dosis de NO_3^- . El peso de fruto es mayor en plantas de melón con acolchado plástico cuando se aplica una dosis alta de NO_3^- , a comparación del peso de fruto que fue menor en las plantas de melón del suelo desnudo y con dosis baja de NO_3^- . No se muestra relación entre estos factores. Por consecuencia a estos resultados podemos reafirmar lo citado por Allen et al. (1998), quienes indican que la cubierta plástica genera mayor transpiración total por lo que se aumenta la producción

de biomasa, el rendimiento del cultivo y mejora también la eficiencia del uso del agua. Por otro lado, el acolchado puede limitar el lavado de nitratos y la contaminación de las aguas subterráneas. Romic et al. (2003) realizaron un ensayo de campo de dos años de duración en un cultivo de pimiento regado por goteo para analizar el efecto de dos tipos de acolchado (polietileno negro y celulosa biodegradable) y del suelo desnudo sobre el lavado del N. El uso del polietileno negro redujo significativamente este lavado, seguido por la celulosa biodegradable en comparación con el suelo desnudo (Romic et al., 2003).

Para la concentración y contenido nutrimental de los elementos N, Ca y Mg en los tejidos de las plantas de melón no fueron afectados significativamente por los acolchados ni por la dosis de NO_3^- , mientras la interacción entre estos factores mostro significancia en el contenido de estos elementos en plantas de melón cv. F1 Cruiser. Con el acolchado plástico se forma una barrera impermeable al flujo de vapor de agua que cambia el modelo de flujo de calor y de evaporación de agua (Tripathi y Katiyar, 1984). Este sistema afecta directamente al microclima alrededor de la planta, así como a otros parámetros como la humedad, la temperatura, la rugosidad, la resistencia aerodinámica y el albedo de la superficie del suelo, como resultado hay mayor uniformidad de la humedad del suelo y en la reducción de las necesidades de agua de riego para los cultivos en zonas con alta demanda evaporativa (Tarara y Ham, 1999).

A pesar de las consideraciones establecidas anteriormente, Bertsch (2003) menciona que con la certeza de contar con los datos sobre las cantidades consumidas por un cultivo o contar con aproximaciones nutrimentales de otros sitios para variedades ya establecidas se procederá al establecimiento de un rendimiento esperado sobre el cultivo que se tiene interés transformado los datos tanto de consumo como de rendimiento a las mismas unidades por ejemplo en kg/ha.

Para hacer mayor énfasis a lo antes citado por Bertsch, (2003) también agrega que los datos provenientes de estos estudios son importantes pues constituyen una medida real, quizá la más real posible de lo que consume un cultivo desde la siembra hasta la cosecha, y por lo tanto representan las cantidades mínimas a las que debe de tener acceso un cultivo para producir un determinado rendimiento. Estos estudios son muy puntuales, son los que se refieren a requisitos totales y de cosecha, en los cuales incluyen todo el ciclo de vida del cultivo, las cuales dan origen a las llamadas curvas de absorción.

Los nutrientes minerales, una vez absorbidos, se distribuyen por toda la planta a través del xilema, impulsados por la corriente ascendente del agua que genera el flujo de transpiración (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000). Los efectos nutricionales dependen de la influencia que ejerce cada nutriente en particular sobre los procesos bioquímicos y fisiológicos de la planta (Mengel et al., 2001). El contenido de N en los tejidos de las plantas desarrolladas sobre

acolchado azul, fue mayor en comparación con las plantas desarrolladas en el acolchado negro y a suelo desnudo, en tanto a las plantas donde se aplicó una dosis alta de NO_3^- mostraron mayor contenido de N en los tejidos comparado con aquellas plantas que recibieron una dosis baja de este nutriente.

Estos resultados dan pauta a los trabajos de Fischer y Angulo (1999) quienes encontraron de forma general que las plantas deficientes en N presentan un pobre crecimiento y una baja productividad. Según Fischer y Angulo (1999), el N es el elemento que más influye en la disminución de la producción en plantas de uchuva, su deficiencia se manifiesta en una reducción en número y longitud de las ramas lo que afecta la cantidad y el tamaño de los frutos en formación.

Por otra parte está la aportación de Giller y Wilson (1991) y Carvajal (1984), quienes manifiestan que el N es uno de los factores limitativos más comunes en la producción de un cultivo, situación que se tiene que corregir mediante el suministro oportuno de este nutrimento a las plantas en forma asimilable. Pese a que el N constituye aproximadamente el 80 % de la atmósfera, en su forma molecular (N_2) es inerte y sólo es aprovechado por las plantas en forma mineral asociado a otros compuestos que dan origen a los iones amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) o cuando es fijado biológicamente por microorganismos libres o simbióticos.

El contenido de Ca en los tejidos de las plantas desarrolladas en acolchado azul fue más alto en comparación con las plantas que crecieron en el acolchado negro y aquellas del suelo desnudo. Así mismo se observa en los resultados que las plantas que se fertilizaron con dosis alta de NO_3^- tuvieron mayor contenido de Ca en los tejidos que las plantas de melón fertilizadas con dosis baja de NO_3^- . La interacción de los factores de acolchados y NO_3^- mostraron significancia sobre el contenido de Ca en los tejidos. Con estos resultados podemos afirmar lo citado por Valencia y Bonilla (2008), quienes señalan que el Ca es acumulado principalmente en las hojas, siendo cofactor de algunas enzimas. En la ausencia de este elemento no ocurre o se ve muy afectada la división mitótica, y es muy necesario en el desarrollo de los meristemas apicales. Es antagónico con el Na, K y Mg, formando parte de la lámina media de la pared celular como pectato de Ca. Participa en la síntesis de nuevas paredes celulares, especialmente en la lámina media que separa las nuevas células divididas; es muy necesario para un correcto funcionamiento de las membranas y ha sido implicado como segundo mensajero en diferentes respuestas de las plantas tanto en señales ambientales, como luz, temperatura, pH, entre otras (Bonilla, 2008, Taiz y Zeiger, 2006).

En lo que respecta al Mg, éste ocupa el centro de la molécula de clorofila (Taiz y Zeiger, 2006). En forma de ion es activador de enzimas que catalizan la respiración, es móvil y antagónico con el K, Na y Ca (Valencia, 1999). Forma parte importante de la fotosíntesis y síntesis de ADN y ARN (Taiz y Zeiger,

2006). En el presente estudio el Mg muestra mayor contenido en los tejidos de las plantas que crecieron en suelo desnudo con una mínima diferencia seguida del acolchado negro y azul. Las plantas desarrolladas con dosis de fertilización baja de NO_3^- encontramos más alto el contenido de Mg en los tejidos. El análisis nos muestra que hay significancia para este elemento en la interacción entre los acolchados y las dosis de NO_3^- .

IX. CONCLUSIONES

El acolchado negro y el azul tuvieron mayor influencia sobre las plantas del suelo desnudo, ya que estas tuvieron mayor longitud de guía, diámetro de tallo, número de guías, diámetro polar y peso de fruto.

En cuanto a la fertilización, la dosis alta de NO_3^- modificó algunas variables de las plantas de melón teniendo como efecto mayor número de hojas, diámetro de tallo, diámetro polar y peso de fruto.

La interacción entre el acolchado plástico y las dosis de NO_3^- permitió un mejor desarrollo en las plantas de melón cv. F1 Cruiser por lo que se recomienda elevar la dosis de fertilización cuando se emplean estos sistemas de producción.

La concentración de N, Ca y Mg tiende a disminuir en plantas de melón con acolchado plástico en comparación a las crecidas en suelo desnudo cuando se aplica una dosis baja de NO_3^- .

X. LITERATURA CITADA

Acosta R.G., Galván L.F., Quiñones P. y Chávez S.N. 2010. Melón. Paquete tecnológico agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias – Chihuahua. En línea: <http://sites.securemgr.com/folder11341/index.cfm?id822326&fuseaction=browse&pageid=55>.

AgroNet: Melón. Los Mochis, Sinaloa, México. [en línea] <http://www.agronet.com.mx/cgi/cultives.cgi?Valley=Valle%20del%20Yaqui&Cultive=Melón&Title=>, citada en 2005.

Agroplásticos. 1976. Guía para la aplicación de los plásticos en la agricultura. Sociedad de Ingeniería en Plásticos, A. C. México.

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D. and Smith M. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements, fao irrigation and drainage paper 56. Rome, italy: food and agriculture organization of the united nations. ISBN 92-5-104219-5.

Amberger A. 1996. Nutrición de plantas (en alemán). Verl Ulmer, Stuttgart.

Aragües R. y Millán M. 1986. Métodos de medida de la salinidad del suelo. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto de investigaciones Agrarias. Madrid. España. 172 Pp.

Arias S. F., Alcántar R. J., Tapia V. M. y Vega P. 1994. Validación comercial de un manejo integrado de organismos dañinos en la producción de melón en Michoacán, México. Rev. Méx. de Fitopatología. 12:155-161.

Arrellano J., Ríos P. y Castillo I. 2003. Utilización de tecnologías de producción modernas para obtener ventajas de mercado: los casos del acolchado plástico y semillas híbridas en melón en la comarca lagunera. Revista Mexicana de Agro negocios, 12: 582-595 Pp.

Atkin R.K, Barton G. E. y Robinson D.K. 1973. Effect of root-growing temperatura on growth substance in xilem exúdate of zea mays. J. Exp. Bot. 24 (79), 475-487.

Avilán L., Leal F. y Bautista D. 1992. Manual de Fruticultura. Principios y manejo de la producción. Segunda edición. Editorial América, C.A. Venezuela. 1469 p.

Avilán L. y Soto E. 2000. Situación de la fruticultura a nivel nacional. En: Del Valle R., Moreno F., Roa S., Briceño W., Ramírez M. Resúmenes VII Congreso Nacional de frutales. Universidad Nacional experimental del Táchira (UNET). San Cristóbal, Venezuela. p. 1-7.

- Azcón Bieto J. y Talón M. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal, Interamericana. Madrid: McGraw-Hill. Segunda edición 651 p.
- Azofeifa A y Moreira M. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. *hot*) en Alajuela, Costa Rica, Agronomía Costarricense 2004; 32: 19-29.
- Azofeifa A, Moreira M. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* cv. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica Agronomía Costarricense 2005; 29: 77-84.
- Bahia F., Magnavaca A., Schaffert R. and Alves V. 1997. Identification, utilization, and economic impact of maize germplasm tolerant to low levels of phosphorus and toxic levels of exchangeable aluminum in Brazilian soils. In: plant-soil Interactions at low pH. a.c. Moniz pág. 59-70. Brazilian soil science society. Brazil.
- Ball B.C. and Hunter R. 1988. The determination of water release characteristics of soil cores at low suctions. Geoderma 43: 195-212.
- Barriga P. y Carrasco B. 1993. Evaluación de genotipos de trigo en su eficiencia de utilización del fósforo en solución nutritiva. Agro Sur, 21:19-25.
- Barriga P. y Marambio M. 1995. Acción genética y componentes de la variación genética del contenido y eficiencia de la utilización del fósforo en trigo. Agro Sur, 23: 30-38.
- Bar-Yosef, B. 1991. Fertilization under drip irrigation. In: Fluid Fertilizer Science and Technology. Palgrave D.A., Marcel Dekker Inc., New York. pp 285-329.
- Baxter P. 1970. Orchard soil management trials: 1. Effect of a weed-free or straw mulched strip on the growth and yield of young fruit trees. Aust. J. Exp. Agr. Anim. Husb. 10:467-473.
- Benton Jones J. 1998. Plant nutrition manual. CRC press, Florida, pp. 149.
- Bertsch F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación costarricense de la ciencia del suelo. San José, Costa Rica. 307 p.
- Besold D. 1989. Efecto de la temperatura de la zona radical y de la edad del fruto sobre el desarrollo vegetativo y generativo de híbridos de pasiflora edulls (en alemán). Tesis de doctorado, TU Berlín.
- Betrán. 2006. Referencias para la fertilización nitrogenada y razonamiento del aporte del resto de nutrientes. En fertilización nitrogenada. Informaciones técnicas. Zaragoza: Gobierno de Aragón, pp. 63–77.
- Betrán. 2006. Revisión de la fertilización nitrogenada. En Fertilización nitrogenada. Informaciones técnicas. Zaragoza: Gobierno de Aragón.

- Bohning R.H and Lusanandana B. 1952. A comparison study of gradual and abrupt changes in root temperatura on wáter absorption. *Plant physiol.* 27, 475-488.
- Boll J., Steenhuis T.S. and Selker J.S. 1992. Fiberglass wicks for sampling water and solutes in the vadose zone. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 701- 707 Pp.
- Bonachela S., Granados M.R., López J.C., Hernández J., Magán J.J., Baeza E.J. and Baille A. 2012. How plastic mulches affect the thermal and radiative microclimate in an unheated low-cost greenhouse. *Agric. For. Meteorol.*152, 65–72.
- Bonilla C.R., García A., Castillo L.E. y Salazar F.E. 1994. Boro y Zinc dos elementos limitantes en Colombia. Palmira: ICA. 50p.
- Bonilla I. 2000. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. pp. 83-91. En: Azcon-Bieto J. y Talón M. *Fundamentos de fisiología vegetal*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid, España.
- Bonilla C., Sánchez M. y Perlaza D. 2007. Evaluación de métodos de propagación, fertilización nitrogenada, y fenología de estevia en condiciones del Valle de Cauca. *Redalyc.* 56(3): 131-134 pág. 73.
- Bonilla I. 2008. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. pp. 103-141. En: Azcón-Bieto J. y Talón M. *Fundamentos de fisiología vegetal*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.
- Branas J. 1969. Concerning the use of plastics. *Progr. Agric. Viticole* 86:63-73.
- Branderberger L. and Wiedenfeld B. 1997. Physical characteristics of mulches and their impact on crop response and profitability in muskmelon production. *Horttechnology* 7(2): 165-169.
- Briggss L. and McCall A. 1904. An artificial root for inducting capillary movement of soil moisture. *Science*, 20:566-569 Pp.
- Bringhurst R. and Voth V. 1990. Culture and physiological manipulation of California strawberries. *Hortscience* 25 (8): 889-892.
- Bugarín M.B., Virgen P.M., Galvis S.A., García P.D., Hernández M.T. y Bojorquez S.I. 2011. Extracción de nitrógeno en seis especies olerícolas durante su ciclo de crecimiento. *Bioagro* 2011; 23(2): 93 98.
- Burgueño H. 1999. La Fertirrigación en cultivos Hortícolas con Acolchado Plástico. Asesor independiente, Folleto Informativo BURSAG, Culiacán, Sinaloa.

- Burgueño H. 2002. La Fertirrigación. Memorias del 2° simposio nacional de horticultura. "nutrición de cultivos hortícolas". 10 y 11 de Noviembre, 2002. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Cadahía C. 1988. Fertirrigación de cultivos Hortícolas y ornamentales. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Cadahia C. 2000. Fertirrigación-cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundiprensa. Venezuela.
- Carnol M., Ineson P. and Dickinson A.L. 1997. Soil solution nitrogen and cations influenced by $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ deposition in a coniferous fores. Environmental Pollution pp. 50.
- Castellanos Oseguera L. 2007. Consumo de nutrientes y de agua en chile dulce (*capsicum annuum L.*) variedades: lírica, simpathy y zidenka, bajo condiciones de altura, en Mulacagua, Comayagua, Honduras. Proyecto especial de Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. p 19.
- Castellanos M.T. 2012. Optimización del abonado nitrogenado en el melón (*cucumis melo L.*) tipo piel de sapo. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 196: 207.
- Cenamar. 1983. Memorias. El uso de plásticos en la agricultura. Gómez Palacio, Durango México.
- Cerny A.T., Rajapkse C. and Ryu Y.O. 1999. Recent development in photoselective greenhouse covers. Proc. Nat. Agrie. Plastics congress. American society for plasticulture. Tallahassee, Florida. USA. pp: 24-26.
- Chaudhry M.R., Aziz A.M. and Sidhu, M. 2004. Mulching impact on moisture conservation, soil propeties and plant growth. Pakistan J. Water. Res., 82: 1-8 pp.
- Chellemi D.O., Olson S.M., Mitchell D.J., Secker I. and McSorley R. 1997. Adaptation of soil solarization to the integrated management of soilborne pests of tomato under humid conditions. Phytopathology 87:250-258.
- Chung S.J., Oh B.R. and Seo B.S. 1991. A study of leaf structure and growth potential as affected by blue color removing (BCR) film in protected cultivation of red pepper seedlings. J. of the Korean Soc. for Hort. Sci. 2 (3): 286-291.
- Clarke J.M., Campbell C.A., Cutforth H.W., Depauw R.M. and Winkleman G.E. 1990. Nitrogen and phosphorus uptake, translocation, and utilization efficiency of wheat in relation to environment and cultivar yield and protein levels. Can. J. Plant Sci., 70: 965-977.
- Converse R. 1981. The israeli strawberry industry. Hortscience 16 (1): 19-22.

- Cook H.F., Valdés S.B. and Lee H.C. 2006. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under *Zea mays L.* Soil till. Res., 91: 227-235.
- Coox L.M., and Boersma L. 1967. Transpiration as a function of soil temperature and soil water stresses, plant physiol. 42,550-556.
- Daza H.G. 1997. Producción de melón (*Cucumis melo*) con acolchado y micro túneles en la comarca lagunera. Tesis profesional. Uruza. UACH. Bermejillo, Durango. México.
- De Lange A.J. and Combrink N.J. 1998. The effects of soil mulch colour and nutrient solution concentration on the development of melon seedlings. Jour. South. Af. Soc. Hort. Sci. 8(1): 10-11.
- Devlin M. 1982. Fisiología vegetal. Barcelona (España): Omega, S.A, págs. 272, 273, 304,305.
- Domínguez V.A. 2001. Fertirrigación. Ed. Mundí Prensa. Madrid, España.
- Dong Z.Y. and Qian B.F. 2002. Field investigation on effects of wheat-straw/corn-stalk mulch on ecological environment of upland crop farmland. J. Zhejiang Univ. Sci., 3(2): 209-215.
- Dong H., Li W., Tang W. and Zhang D. 2008. Furrow seeding with plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in a saline field. Agron. J., 100: 1640-1646.
- Dong H., Li W., Tang W. and Zhang D. 2009. Early plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in saline fields. Field Crops Res., 111: 269-275.
- Dorffling K. 1982. El sistema hormonal de las plantas (en alemán). Verlag thieme, Stuttgart.
- Ediño O. 1999. Propiedades de los films plásticos agrícolas y principales aplicaciones. http://www.ediño.es/horticom/tem_aut/plastic/laminas.html.
- Epstein E. and Bloom A. 2005. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. Sinauer associates publishers, Sunderland.
- Erenstein O. 2002. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications.
- Espi E., Salmerón A., Fontecha A., García Y. and Real A.I. 1997. Plastic films for agricultural applications. J. plastic film sheeting. 22(2):85-102 Pp.

Espinoza A., J.J. 1998. México-U.S.-Caribbean nations melon Trade: A Simulation Análisis of Economic Forces and Government Policies. Tesis de Doctorado, Texas A&M University, College Station, TX.

Estévez C. 1996. Utilización de coberturas plásticas de suelo en cultivo de melón. II Jornadas técnicas sobre el cultivo del melón. AER media agua INTA-Centro de Educación- Escuela Aerotécnica Sarmiento. San Juan, 14/8/96. Pp. 15-20.

Fageria N.K, Baligar V.C. and Wright R.J. 1996. The effects of aluminum on growth and uptake of Al and P by Rice. *Pesc. Agropec. Bras.*, 24: 677-682.

Farias L.J., Orozco S.M. and Pérez J. 1997. Effect of plastic mulch, floating row covers and microtunnels on insect population and yield of muskmelon. *Proc. Natl. Agri. Plast. Congr.* 27: 76–83.

Fertica 2000. Curvas de absorción de nutrientes grupo fertica Costa Rica.

Fischer G. and Karnatz A. 1992. Effect of soil temperatura on growth and carbohydrates of two sweet potato (*ipomoea batata*) varieties from papua- new quinea, *plant research and development* 35, 64-72.

Fischer G. 1998. La absorción foliar en los cultivos de la rosa. Diagnostico fisiológico sobre sus posibles causas. *Revista acopaflor* 5(5), 4- 16.

Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO. Anuarios de Producción. Varios años. Roma, Italia.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO.1986.

Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. FAOSTAT, 2012.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. 2012.

Gabriel E., Cañadas M. y Benito R. 1994. Evaluación de la cobertura plástica de suelo en la producción temprana de melón (*cucumis melo L.*). *Hort. Arg.* 13: 7-12.

Gaikwad S.C., Ingle H.V., Panchbhai D.M. and Ingle S.H. 2004. Effect of different types of mulches on soil moisture, soil temperature and fruit drop in Nagpur Mandarin. *Agric. Sci. Digest* 24:71-72.

García A.N. 2008. 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. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

García D. 2008. The effects of saline irrigation water on the growth and development of bell pepper (*Capsicum annuum L.*) grown using a plasticulture

system. PhD Thesis. Department of Plant Science. McGill University. Montreal. Canadá.

García-Serrano P. 2010. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. 1a parte. En guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Madrid: Ministerio de medioambiente, rural y marino.

Gautier H., Rocci A., Buret M., Grasselly D., Dumas Y. and Causse M. 2005. Effect of photoselective filters on the physical and chemical traits of vine-ripened tomato fruits. *Canadian Journal of Plant Science* 852: 439-446.

Geraldson C.M. and Tyler K.B. 1990. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. 1990. In: Westerman R. Soil testing and plant analysis 3th ed. SSSA. Book series, No. 3. Madison, WI. p. 549-562.

Giller K.E. and Wilson K.J. 1991. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. CAB International. Oxon, UK.

Gómez J. 1990. Programación y manejo del riego y abonado en frutales. ITEA, 86V, pp.155–166.

Gómez J. and Lorén J. 1999. Establecimiento de las fenologías de las especies leñosas y su relación con las necesidades hídricas. Plan hidrológico. Cuenca del Ebro.

Gómez J. and Lorén J. 2004. Evaluación de la influencia de la aplicación de N en forma amoniacal y nítrica en cultivo de melocotonero «Miraflores» en Valdejalón, Zaragoza: EUPLA.

González A., Romero E., Orihuela D., Garrido R., Carpena R.M., Rodríguez A.R. y Rodríguez C.T. 1999. Evaluación de toma muestras de agua de suelo en la parcela experimental de la Rábida, Palos de la frontera, Huelva. Estudios de la Zona no Saturada, Valle Guerra, Tenerife. 3-5 Nov. 99, 19-24; 15 Pp.

González A., Rodríguez R., Banón S., Franco J.A. and Fernández J.A. 2001. The influence of photoselective plastic films as greenhouse cover on sweet pepper yield and on insect pest levels. *Acta Hort.* 559: 233- 238.

Gur A., Eravdo B. y Mizrahi. 1972. Physiological response of Apple trees to supraoptimal root temperature, *Physiol. Plant.* 27, 130-138.

Gutiérrez M., Villa F., Cotrina F., Albalat A., Macua J., Romero J., Sanz J., Uribarri A., Sábada S., Aguado G. y Del Castillo J. 2003. Utilización de los plásticos en la horticultura del valle medio del Ebro. Dirección General de Tecnología Agraria. Infor. Téc. 130.

Guzmán M. 2000. Fertilización, población, agua, suelo y fertilizante, Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el Desarrollo. Almería, España.

Haines B.L., Waide J.B. and Todd R.L. 1982. Soil solution nutrient concentrations sampled with tension and zero-tension lysimeters: report of discrepancies.

Henao F. 2001. Acolchamiento de suelos con polietileno. <http://www.agroterra.com/profesionales/articulos.asp?IdArticulo=180>.

Hochmuth G. J. 1992. Fertilizer management for drip-irrigated vegetables in Florida. Hort Technology. 2:27-32.

Hogue E.J. and Neilsen G.H. 1987. Orchard floor vegetation management. Hort. Rev. 9:377-430.

Hollan D.F., Yitayew M. and Warrich A.W. 2000. Measurement of subsurface unsaturated hydraulic conductivity. Journals of Irrigation and Drainage Engineering. 126: 1, 21-27; 19 pp.

Hort.uconn. 2002. The use of different colored mulches for yield and earliness. <http://www.hort.uconn.edu/imp/veg/htms/colrmulch.htm>.

Hou X.Y., Wang F.X., Han J.J., Kang S.Z. and Fena S.H. 2010. Duration of plastic mulch for potato growth under drip irrigation in an arid region of Northwest China. Agric. For. Meteorol. 150:115-121.

Ibarra L. y Rodríguez A. 1984. Manual de agroplásticos vol. 1. Acolchado de cultivos agrícolas. Centro de Investigación Química Aplicada. Saltillo, Coahuila. 20p.

Ibarra J.L. y Rodríguez A. 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas. ed. LIMUSA. México.

Ibarra-Jiménez L., Quezada-Martín M.R. and De la Rosa-Ibarra M. 2004. The effect of plastic mulch and row covers on the growth and physiology of cucumber. Austral. J. of Experim. Agri. 44: 91-94.

Imas P., Bar-Yosef B., Kafkafi U. and Ganmore-Neumann R. 1999. Release of carboxylic anions and protons by tomato roots in response to ammonium nitrate ratio and pH in nutrient solution. Plant and Soil 191: 27-34.

Infoagro 2005. Cubiertas para invernadero. Internet. www.infoagro.com

Infoaserca 2000. Revista mensual producida y editada por Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria, órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (El melón mexicano; ejemplo de tecnología aplicada) <http://www.infoaserca.gob.mx>.

Inifap 1996. Folleto para cultivar melón en Nayarit. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Inifap 1998. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Sonora.

Inifap 2015. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Chihuahua 2015.

Inia 2005. Instituto nacional de tecnología Argentina.

ITESM 2002. Generalidades de acolchado. <http://wwwqro.itesm.mx/agronomía2/extensivos/DaacolchadoGeneralidades.html>. Diciembre, 2006.

Janes B.E. 1973. Variations in transpiration, net CO₂ assimilation and leaf water potential of papper plants produced by changes in the root and top enviroment. En slayer, R.O. Plant response to climatic factors, proc. Uppsala symp. 1970, unesco paris, 193-199.

Jaynes D.F. and Rice R. 1993. Transport of solutes as affected by irrigation method. Soil science society of America. Madison. 57 (5) 1348-1353 Pp.

Kant S. and Kafkafi U. 2002. Potassium and abiotic stresses in plants. *In*: pasricha, n.s. and s.k. bansal: plant roots: the hidden half. marcel dekker incorporated, New York. p. 435-449.

Kasperbauer M.J. 1999. Colored mulch for food crops. Amer. Chem. Soc. Chem. 29: 45-50.

Knowles L., Trimble R. and Knowles R. 2001. Phosphorus status affects postharvest respiration, membrane permeability and lipid chemistry of European seedless cucumber fruit (*cucumis sativus* L.). Postharv. Biol. Technol. 21, 179-188 Pp.

Kovacik J. and Backor M. 2007. Phenylalanine ammonia-lyase and phenolic compounds in chamomile tolerance to cadmium and copper excess. Water Air Soil Pollut. 185:185–193 Pp.

Kramer P.J. 1989. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Harla Mèxico.

Krístkova E., Lebada A., Vinter V. and Blahousek O. 2003. Genetic resources of the genus *Cucumis* and their morphological description. Horticultural Science (Prague), Volumen 30, Número 1.

Lamont W.J. 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. HortTech., 3: 35-39 Pp.

Lamont W.J., Hensley D., Wiest S. and Gaussoin R. 1993. Relay intercropping muskmelons with Scots pine Christmas trees using plastic mulch and drip irrigation. Hortscience 28: 177-178 Pp.

- Lao M.T., Jiménez S. y Del Moral F. 1996. Aplicación de las sondas de succión. Hort. Inform. N° 73(4): 39-42.
- Layne R.E., Tan C.S. and Perry R.L. 1986. Characterization of peach roots in fox sand as influenced by sprinkler irrigation and tree density. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 111:670-677.
- Layne R.E.C. and Tan C.S. 1988. Influence of cultivars, ground covers, and trickle irrigation on early growth, yield, and cold hardiness of peaches on fox sand. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 113:518-525.
- Layne D.R., Jiang Z. and Rushing J.W. 2001. Tree fruit reflective film improves red skin coloration and advances maturity in peach. Hort. Technology 11:234-242.
- Leal G.R. 2007. Influence of reflective mulch on pinot noir grape and wine quality. Master of applied science, Lincoln University. New Zealand.
- Lemus Y. y Hernández S. 2003. Situación actual del mejoramiento genético del melón para la resistencia al mildiu pulverulento de las cucurbitáceas. Temas de ciencia y tecnología, Volumen 7, Número 19.
- Lenz F. 1979. Crecimiento y consumo de agua en plantas jóvenes de fresa (var. senga. sengana) en dependencia de la temperatura radical (en alemán). Erwerbsobstbau 21. 146-148.
- Li S., Rajapakse N.C., Young R.E. 2003 Far-red light absorbing photoselective plastic films affect growth and flowering of chrysanthemum cultivars. Horticultural Science 38: 284-287.
- Loomis W.D. y Durst R.W. 1992. Chemistry and biology of boron. BioFactors 3, 229-239.
- Márquez Q.C., Robledo T.V., Benavides M.A. y Vázquez B.M. 2010. Respuesta en la calidad de tomate cherry, al uso de macrotúneles con película fotoselectiva. En: tópicos selectos en agronomía tropical. Maximiano Antonio Estrada-Botello, Rodolfo Osorio-Osorio, Nancy Patricia Brito-Manzano y Rufo Sánchez-Hernández. Villahermosa, Tabasco. México, pp: 79-84.
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. second edition. 889 Pp. London: Academic Press, 29.95 paperback.
- Marschner H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Londres. 889 p.
- Martí F.G. 1997. Productividad del melón. Revista. Productores de Hortalizas.

Martín R.P., Navas G.L., Hernández N.S., Correa G.A., Martín G.J., Martín B.E., Chamorro P.P. y Durán A.J.M. 2013. Diodos emisores de luz para la irradiación de plantas. ETSI Agrarias. 17: 3-4.

Martínez S.J. y Villa C.M. 1982. Plásticos en la agricultura acolchados y túneles. SARH. Coah. y Dgo. CENAMAR, Dgo, México.

Mascarini L., Lorenzo G.A., Burgos M.L. 2013. Foto control de la productividad y elongación de tallos de tres cultivares de rosa x híbrida L. bajo cubiertas de polietileno foto selectivas. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 45(1): 11-25.

Matzner E., Pijpers M., Hollanda W. and Manderscheid B. 1998. Aluminum in soil solutions of forest soils: influence of water flow and soil aluminum pools. Soil science society of America. Madison. 62 445-454 Pp.

McCraw D. and Motes J. 2000. "Use of plastic mulch and row covers in vegetable production." Division of agricultural sciences and natural resources. Oklahoma State University. Oklahoma, U.S.A.

Melgar R. 2005. Nuevos productos de fertilizantes. Resumen de los principales conceptos e información presentada en el Taller Internacional de Fertilizantes de Eficiencia Mejorada. IFA. Alemania. www.fertilizar.org. Available at: www.fertilizar.org.ar/vertext.php?id_nota=134.

Mendieta M.L. 2011. Distribución espacial de nutrientes en solución del suelo para la producción intensiva de fresa. Colegio de posgraduados.

Mengel K. y Kirkby E. 2000. Principios de nutrición vegetal. International Potash Institute. Basel, Switzerland. 692 p.

Mengel K., Kirkby E, Kosegarten H. and Appel T. 2001. Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Molina E. 2006. Efecto de la nutrición mineral en la calidad del melón. Informaciones Agronómicas, 63: 1-7.

Monge E., Sanz M., Blanco A. and Montañés L. 1994. Calcium as a nutrient for plants. The bitter pit in apple. An. Estac.Exp. Aula Dei Zaragoza 21: 189- 201. [En línea] http://www.eead.csic.es/fileadmin/publicaciones_pdf/21_3.pdf#page=81.

Moreno M.M., Moreno A., Mancebo I., Meco R. y López J.A. 2004. Comparación de diferentes materiales de acolchado en cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Producción de plantas y prácticas culturales.

Moya J. 2002. Riego localizado y fertirrigación 3ª ed., Madrid: Mundiprensa.

Munguía J., Zermeño A., Quezada R., De La Rosa M.L. y Torres A. 2004. Relación entre los componentes del balance de energía y la resistencia estomática en el cultivo de melón bajo acolchado plástico. *Revista internacional de botánica experimental.*, 73: 181-19 pp.

Nielsen K.F. and Humphries E.C. 1966. Effects of root temperature on plant growth. *Soils and fertilizers* 291, 1-7.

Novak M., Bottrell S., Groscheova H., Buzek F. and Cerny J. 1995. Sulphur isotope characteristics of two north Bohemian forest catchments. 5th International Conference on Acidic Deposition: Science and Policy, Goteborg, Sweden. *Water, Air and Soil Pollution*. 85:3, 1641-1646; 10 pp.

Oriolani M., Torrontegui A. y Martin G. 1979. Uso de película de polietileno como cobertura de suelo. Folleto No. 57. INTA.

Orozco-Santos M., Pérez-Zamora O. and López-Arriaga O. 1995. Floating row cover and transparent mulch to reduce insect populations, virus diseases and increase yield in cantaloupe. *Florida Entomol.* 78:493-501.

Orzolek M.D. 1993. The effect of colored polyethylene mulch on the yield of squash and pepper. *Proc. Natl. Agr. Plastic Congr.* 24:157-161.

Otani T. and AE N. 1996. Phosphorus (P) uptake mechanisms of crops grown in soils with low P status. I. Screening of crops for efficient P uptake. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 42: 155-163.

Otani T., AE N. and Tanaka H. 1996. Phosphorus (P) uptake mechanisms of crops grown in soils with low P status. II. Significance of organic acids in root exudates of pigeonpea. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 42: 553-560.

Pérez Z.O., Cigales R.M., Orozco S.M. y Pérez C.E. 2008. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en melón Cantaloupe. Parte II. *Agro ciencia*. 38:261-272 Pp.

Perriganier C., Schiavon M., Portal J., Breuzin C. and Babut M. 1997. Porous cups for pesticides monitoring in soil solution laboratory tests. *Chemosphere*. 26: 2231-2239 Pp.

Philips, *Artificial Lighting in Horticulture*, Philips, The Netherlands. 1992.

Pineda-Pineda J., Avitia-García E., Castillo-González A.M., Corona-Torres T., Valdez-Aguilar L.A. y Gómez-Hernández J. 2008. Extracción de macro nutrientes en frambueso rojo. *Terra Latinoamericana* 2008; 26: 333-340.

Pizarro F. 1987. Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, micro aspersion y exudación, Madrid: Mundiprensa.

Quero E. y Hernández D. 1984. Manual de agro plásticos. Volumen II. Uso y construcción de túneles para la agricultura. Centro de Investigación Química Aplicada. Saltillo, Coah. México.

Quezada M.R., Munguía J.P., Ibarra J.L., Arellano G.M., Valdez A.L. y Cedeño R.B. 2011. Fisiología y producción de pimiento morrón cultivado con diferentes colores de acolchado. Rev. Terra. Lat. 29: 421-430.

Rahman M.J., Uddin M.S., Bagum S.A., Mondol A. and Zaman M.M. 2006. Effect of mulches on the growth and yield of tomato in the costal area of Bangladesh under rainfed condition. Int. J. Sustain. Crop. Prod., 1: 06-10.

Ramakrishna A., Tam H.M., Wani S.P. and Long T.D. 2006. Effects of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. Field. Crops. Res. 95: 115-125.

Rao I.M. 2009. Essential plant nutrients and their functions. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Working Document No. 36. Cali, Colombia. 36 p.

Rhizon SMS. 2003. Operating instructions. Sección 19.21 Rhizon soil moisture sampler. Eijkelkamp, Agrisearch Equipment. Disponible en [www.eijkelkamp.com/files/50891M2-1921e Rhizon soil moisture sampler.pdf](http://www.eijkelkamp.com/files/50891M2-1921e%20Rhizon%20soil%20moisture%20sampler.pdf).

Rhoades J.D., Raats P.A. and Prather R.J. 1976. Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 651-655.

Rhoades J.D. and Oster J.D. 1986. Solute content. pags.: 985-1006. En: Klute, A. (ed.), Methods of Soil Analysis: Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2ª Ed. ASA-SSSA, Madison, Wisconsin.

Rhoades J.D., Manteghi N.A, Shouse P.J. and Alves W.J. 1989. Soil electrical conductivity and soil salinity: new formulations and calibrations. Soil Science Society of America Journal 53: 433-439.

Robinson D. 1988. Mulches and herbicides in ornamental plantings. Hortscience., 23: 547-552 Pp.

Robledo P.F., y Vicente L.M. 1981. Aplicación de los Plásticos en la Agricultura. ed. mundi-prensa. Madrid España.

Robledo T.V., López J.M., Godina F.R., Dávila J.H., Mendoza A.B. and Maiti R.K. 2004. Responses of yield and xilem vessel to the use of photo-selective films as soil covers. Crop. Res. 27: 250-257.

- Romic D., Romic M., Borosic J. and Poljak M. 2003. Mulching decrease nitrate leaching in bell pepper (*Capsicum annuum L.*) cultivation. *Agric. Water Manage.* 60:87-97.
- Ryu O.Y., Kohgo M.O, Iwata M., and Ikado S. 1999. Practical approach for photoselective plastics. In: *Proc. Nat. Agric. Plastics Congress.* American Society for Plastics. May 19-22, 1999. Tallahassee, Florida. 80 p.
- Samra, J.S. and Arora Y.K. 1997. Mineral nutrition. pp. 175-201. En: Litz, R.E. *The mango: botany, production and uses.* CAB International. 587 p.
- Sanchez-diaz M. y Aguirreolea J. 2000. Relaciones hídricas. In: *fundamentos de fisiología vegetal.* Azcon-bieto J. y Talón M. Mcgraw-hill/interamericana. Madrid, España. Pp. 17-64.
- Sanz, Pascual J. y Machín J. 1997. Predicción mediante análisis floral de la clorosis férrica en melocotoneros. Corrección e influencia en la calidad del fruto. *ITEA*, 93V, pp.177–182.
- Sanz 1999. Evaluation of interpretation of DRIS system during growing season of the peach tree: Comparison with DOP method. *Soil Science and Plant Analysis*, 30, pp.1025– 1036. 243
- Sanz 2005. Abonado de fondo o fertirrigación. ¿Incompatibles o complementarios? *Horticultura, Extra*, pp.67–70.
- SCCS Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 2010. *Ciencia del suelo principios básicos.* Ed. Guadalupe .1ra edición Bogotá, D.C.594 p.
- Schales F.D. 1994. Response of two muskmelon cultivars to six kinds of plastic mulch. *Proc. Nat. Agr. Plastics Congr.* 25:233. University of Kentucky; Lexington, Kentucky. August 1994.
- Schopfer P. and Brennicke A. 2006. *Pflanzenphysiologie.* Elsevier GmbH, Munich. 700 p.
- Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación SAGARPA-Laguna. 2008. Delegación Federal en la Comarca Lagunera. *Anuarios Estadísticos 1980-2007.* 14.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA, 2010.
- Segura M.L., Cadahia C., Abad M., López A. and Muñoz R. 1998. Fertigation of a melón crop grown in black sedge peat-based soilless media under saline conditions. *Acta Horticulturae* 458: 369-375.

Selker J.S. 2002. Passive capillary samplers. Sección 6.1.3.2. pags.: 1266-1269. En: Dane, J.H y G.C. Topp, Methods of Soils Analysis, Part 4. SSSA Book Series: 5.

Servicio de Información Y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) SAGARPA. 2008. Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola. México, D.F.

Shishido Y. and Kumakura H. 1994. Effect of root temperatura on photosynthesis, transpiration, translocation and distribution of cphotassimilates and root respiration in tomato J. Japan. Soc. Hort Sci. 63, 81-89.

SIAP, 2008. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA. Producción nacional de melón. (<http://siap.sagarpa.gob.mx/modelos/Cadenas/melon/prodnal.pdf>) (10/12/05).

SIAP-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2010. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

SIAP, 2014. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. (18 de septiembre 2014, 11:41 am).

Sistema producto laguna 2005. Inca rural de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA.

Sistema Producto Melón Región Lagunera 2005. Diagnóstico. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. En línea: http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Publicaciones/SistemaProducto/Lists/MeIn/Attachments/6/pr_rl.pdf.

Sistema Producto Nacional Melón 2012. Plan rector sistema nacional producto melón. Inca rural. SAGARPA.

Smets T. and Poesen J. 2009. Impacts of soil tilth on the effectiveness of biological geotextiles in reducing runoff and interrill erosion. Soil Till. Res., 103: 356-363.

Stewart D. 2005. The effect of soil and irrigation management on grapevine performance. PhD Thesis, University of Adelaide, Australia.

Szewczuk A. and Gudarowska E. 2004. The effect of soil mulching and irrigation on yielding of apple trees in ridge planting. J. Fruit Ornam. Plant Res. 12:139-140.

Szewczuk A. and Gudarowska F. 2006. Effects of mulching in a nectarine orchard in sustainable fruit production. J. Fruit Ornam. Plant Res. 14:217-223.

Taber H.G. 1993. Effects of plastic soil and plant covers on Iowa tomato and muskmelon production. Proc. Natl. Agr. Plastics. Congr. 17: 37-45.

Tahir M. and Taha Y. 2004. Indigenous melons (*Cucumis melo* L.) in Sudan: a review of their genetic resources and prospects for use as sources of disease and insect resistance. Plant Genetic Resources Newsletter, Número 138.

Taiz L. and Zeiger A. 2006. Plant physiology. 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 764 p.

Tapia-Vargas L.M., Rico-Ponce H.R., Larios-Guzmán A., Toledo B.R., Moreno P.R. y Castellanos R.J. 2008. Nutri-riego de melón cantaloupe (*Cucumis Melo* cv. cruiser) con alta tecnología de producción en Michoacán. Folleto Técnico No. 8. INIFAP–CIRPAC. Guadalajara, Jalisco, México.

Tapia-Vargas L.M., Rico-Ponce H.R., Larios-Guzmán A., Vidales-Fernández I. y Pedraza-Santos M.E. 2010. Manejo nutrimental en relación con la calidad de fruto y estado nutricional del melón cantaloupe. Rev. Chap. Serie Hort. 16: 49-55.

Tarara J.M. and Ham J.M. 1999. Measuring the sensible heat flux in plastic mulch culture with aerodynamic conductance sensors. Agric. For. Meteorol. 95:1-13.

Tarara J.M. 2000. Microclimate modification with plastic mulch. Hortscience 35:169-180.

Teasdale J. 2003. Principles and practices of using cover crops in weed management systems En: Weed management for developing countries. Addendum.

Terbe I., Szabó Z.S. and Kappel N. 2006. Macronutrient accumulation in green pepper (*Capsicum annum* L.) as affected by different production Technologies. International Journal of Horticultural Science 2006; 12: 13–19.

Tiwari K.N., Mal P.K., Singh R.M., Chattopadhyay A. 1998. Response of okra to drip irrigation under mulch and non-mulch conditions. Agric. Water Manage. 38:91-102.

Tolk J.A., Howell T.A., Evett S.R. 1999. Effect of mulch, irrigation and soil type on water use and yield of maize. Soil Tillage Res. 50:137-147.

Trentini L. and Piazza, R. 1998. Global productions of melons. Informatore Agrario Supplemento 54: 7-12.

Tripathi R. and Katiyar T. 1984. Effect of mulches on the thermal regime of Soil. Soil Till. Res., 4: 381-390.

Turney J. and Menge J. 1994. Root health: Mulching to control root disease in avocado and citrus. Riverside, California Avocado Society, Inc. California Avocado Comission and Citrus Research Board. 8 p.

- UNAL Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 2009. Vademecum de Plantas Medicinales. Colombia Palmira.
- Valadez A.L. 1994. Producción de hortalizas, Ed. Limusa, México. D.F.
- Valencia A.G. 1999. Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto. Chinchiná, Colombia, Agro insumos del café S.A. Cenicafé, 94 Pág.
- Valenzuela P.A. y Gutiérrez, H.C. 2003. Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. [http:// www.biblioteca.org.ar/libros/8862.pdf](http://www.biblioteca.org.ar/libros/8862.pdf)
- Van Der P. and Beese A. 1977. Model calculations for the extractions of soil wáter by ceramic cups and pates. Sol sciences society american journal.
- Vang-Petersen O., Poulsen E. and Hansen P. 1973 the nutritional state of Danish fruit orchards as shown by leaf analysis. I. Tidsskr. Planteavl. 77: 37-47.
- Villalobos E. 2001. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. Ed. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica
- Villamizar F. y Ospina J. 1995. Frutas y hortalizas. Manejo tecnológico en pos cosecha. SENA, Bogotá. pp. 19-21.
- Walker J.W. 1970. Aperture evolltion in the pollen of primitive angiosperms. Amer. 1. BoL 61: 1112-1137.
- Walsh B.D., Salmins S., Buszard D.J. and MacKenzie A.F. 1996. Impact of soil management systems on organic dwarf apple orchards and soil aggregate stability, bulk density, temperature and water content. Can. J. Soil Sci., 203-209 pp.
- Yang Y.M., Liu X.J., Li W.Q. and Li C.Z. 2006. Effect of different mulch materials on winter wheat production in desalinized soil in Heilonggang region of North China. J. Zhejiang Univ-Sc., 7: 858-867.
- Zapata N.M. 1989. EL Melón. MundiPrensa. España.
- Zhang Q.T., Inoue M., Inosako K., Irshad M., Kondo K., Qui G.Y. and Wang S.H. 2008. Ameliorative effect of mulching on water use efficiency of swiss chard salt accumulation under saline irrigation. J. Food. Agric. Environ. 3-4: 480-485.