

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Respuesta del Melón a la Concentración de Nitrato y Acolchado Plástico

Por:

RONAY DE JESUS CALVO UTRILLA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Octubre, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Respuesta del Melón a la Concentración de Nitrato y Acolchado Plástico

Por:

RONAY DE JESUS CALVO UTRILLA

TESIS

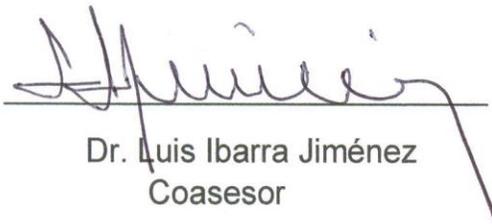
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría



Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Asesor Principal



Dr. Luis Ibarra Jiménez
Coasesor



Dr. Armando Hernández Pérez
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México
Coordinación
División de Agronomía

Octubre 2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque me regalo la vida, una familia maravillosa, amigos y compañeros que siempre los tengo presente, porque a cada paso que doy ha estado a mi lado y me da la fuerza y seguridad de realizar todo lo que me he propuesto.

A mis padres, las personas que me inspiran a lograr mis metas gracias al apoyo tanto moral como económico que siempre me han brindado.

A mi Alma Mater, la grandiosa Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme la oportunidad de formarme como profesionista, por todas las experiencias vividas durante mi estancia.

Al Dr. Luis Ibarra Jiménez, por la confianza, el apoyo, los consejos, la dedicación y paciencia que deposito en mí durante esta investigación, por compartir sus conocimientos y experiencias que me permitieron enriquecer mi formación académica.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar, por darme la oportunidad, apoyo y confianza de realizar esta investigación, por enseñarme parte de sus conocimientos que han complementado de manera importante los conocimientos con los que cuento.

Al Dr. Armando Hernández Pérez, por el apoyo, sus aportaciones y asesoría durante el trabajo de campo e investigación, que con su nobleza y amabilidad fue una pieza muy importante para la realización de este trabajo.

Al Mc. Carlos Rojas Peña, por su sincera amistad, el apoyo y recomendación para llevar a cabo esta investigación.

A mis primos Isaías Calvo Vázquez y Nicté Guadalupe Calvo Vázquez, por sus consejos y apoyo. A mi gran amigo y hermano Gamaliel López Juárez por su apoyo incondicional, a todos mis amigos y compañeros con los que compartí mis estudios universitarios, Humberto Aguilar Sánchez, Cristian Jasso Becerril, Sergio Chi Can, a mi compañera de tesis Mónica Alik, nos tocó vivir momentos únicos que siempre recordare.

DEDICATORIAS

Con Amor para mis padres:

José Belisario Calvo Hernández y Magnolia Utrilla Valdiviez, por confiar en mí, porque han estado en todo momento a mi lado regalándome amor, seguridad, apoyo y han logrado que sea una gran persona gracias a las enseñanzas que me han otorgado. El mejor regalo que me ha dado Dios MIS PADRES.

A mi hermana y su familia:

Viviana Guadalupe Calvo Utrilla, Ubel del Carmen de la Torre y mi sobrino Ángel Didiel de la Torre Calvo. Por regalarme su apoyo y confianza a pesar de la distancia.

A las familias Calvo Hernández y Utrilla Valdiviez. Y a todos los familiares que estos abarcan. Por todo lo que me han apoyado, las mejores familias del mundo y me enorgullezco de formar parte de ellos.

RESUMEN

En el cultivo de melón, se ha conocido en gran parte la producción sobre acolchado plástico, una forma de producción con grandes ventajas, que, al conjuntarla con una buena fertilización esta podría ser más notable. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del acolchado plástico y las concentraciones de nitrato (NO_3^-) en el crecimiento de las plantas de melón. Se evaluó un acolchado plástico azul, más un testigo (suelo sin acolchar) y dos concentraciones de NO_3^- : 1250 ppm y 800 ppm. Se evaluaron el contenido de clorofila a los 55 días después del trasplante, y al final del ciclo del cultivo el rendimiento, materia seca de la parte aérea de la planta y la concentración de nutrimentos como fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg) en el tejido vegetal aéreo. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 2 con tres repeticiones. Los resultados indican que las plantas desarrolladas en el acolchado azul fueron las que mejor se comportaron, pues se incrementó el rendimiento. La fertilización con dosis alta de NO_3^- también incrementó el rendimiento. Sin embargo, las plantas desarrolladas en acolchado azul y fertilización alta, disminuyen el contenido de clorofila comparando con las plantas de melón desarrolladas en acolchado azul y fertilización del testigo; sucede lo contrario en suelo sin acolchar con fertilización alta, ya que aumenta en comparación con el suelo sin acolchar con la fertilización del testigo. La interacción entre el acolchado plástico azul y la dosis de NO_3^- afectó significativamente el peso seco de tallo y aéreo de las plantas de melón; esta interacción muestra que las plantas de melón desarrolladas en el acolchado azul con fertilización alta aumenta el peso seco de tallo en comparación con las plantas desarrolladas en el acolchado azul pero con fertilización del testigo. El incremento logrado por el acolchado azul y el aumento en la dosis de NO_3^- fue aún más observada cuando se combinaron ambos factores.

Palabras clave: plasticultura, nutrición mineral, fertilización, sistemas protegidos.

Correo electrónico: ronay_93@hotmail.com. RONAY DE JESUS CALVO UTRILLA

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	3
III. OBJETIVOS	4
Objetivo general.....	4
Objetivo específico.....	4
IV. HIPOTESIS	5
V. REVISION DE LITERATURA	6
Importancia del cultivo de melón en México.....	6
Áreas de producción en México.....	6
Rendimientos de melón en México.....	7
Importancia económica.....	8
Acolchado del suelo.....	9
Ventajas y desventajas del uso de acolchados plásticos.....	11
Películas fotoselectivas.....	14
Efecto de la temperatura en el suelo.....	18
Efecto del crecimiento de las plantas.....	19
Acolchados en Melón.....	21
Nutrición y fertirriego.....	22
Nutrición.....	22
Efecto de la nutrición sobre las plantas.....	23
Fertirriego.....	25
Fórmulas que se aplican para el cultivo de melón.....	27

Curvas de extracción.....	28
Determinación de los niveles de fertilidad en base a la extracción de la solución del suelo con chupatubos.....	29
Efecto de la nutrición y el acolchado sobre la fisiología de las plantas.....	32
Fotosíntesis.....	32
Transpiración.....	33
Conductancia estomática.....	35
VI. MATERIALES Y METODOS.....	37
Localización del experimento.....	37
Material vegetal.....	37
Tratamientos.....	37
Establecimiento del experimento.....	38
Labores culturales.....	38
Variables evaluadas.....	40
Diseño experimental.....	41
VII. RESULTADOS.....	42
Rendimiento.....	42
Clorofila.....	42
Peso seco de tallo.....	42
Peso seco aéreo	43
Contenido y concentración nutrimental.....	43
VIII. DISCUSIÓN.....	52
IX. CONCLUSIONES.....	56
X. LITERATURA CITADA.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1.	Sugerencia de fertilización en melón por medio de riego presurizado en la región de Hermosillo, Sonora (Grajeda, 1999).....	27
Cuadro 2.	Fertilizantes utilizados en la fertilización del cultivo de melón cv. F1 Cruiser.....	39
Cuadro 3.	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.....	43
Cuadro 4.	Efecto del acolchado plástico y la fertilización nitrogenada sobre la extracción y la concentración de algunos macronutrientes en plantas de melón cv. F1 Cruiser.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1.	Curva de crecimiento de melón (Sánchez <i>et al.</i> , 1998).....	38
Figura 2.	Efecto de la interacción entre el acolchado plástico y las dosis de NO_3^- (alta=1250 ppm; baja=800ppm) sobre la clorofila en plantas de melón cv. F1 Cruiser Las barras indican el error estándar de la media.....	44
Figura 3.	Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO_3^- (alta=1250 ppm; baja=800ppm) sobre el peso seco de tallo en plantas de melón cv. F1 Cruiser. Las barras indican el error estándar de la media.....	44
Figura 4.	Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO_3^- (alta=1250 ppm; baja=800ppm) sobre el peso seco aéreo en plantas de melón cv. F1 Cruiser. Las barras indican el error estándar de la media.....	45
Figura 5.	Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO_3^- (alta=1250 ppm; baja=800ppm) el contenido de P en plantas de melón variedad (F1 Cruiser). Las barras indican el error estándar de la media.....	46
Figura 6.	Efecto de la concentración de P en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el contenido de clorofila.....	47
Figura 7.	Efecto de la concentración de Mg en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el contenido de clorofila.....	48

Figura 8.	Efecto de la concentración de K en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el contenido de la Clorofila.....	48
Figura 9.	Efecto de la concentración de K en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el peso seco de tallo.....	49
Figura 10.	Efecto de la concentración de K en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el peso seco de hoja.....	49
Figura 11.	Efecto de la concentración de K en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el peso seco aéreo.....	50
Figura 12.	Efecto de la concentración de Mg en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el peso seco de la hoja.....	50
Figura 13.	Efecto de la concentración de Mg en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el peso seco aéreo.....	51

I. INTRODUCCIÓN

El melón es un fruto de amplio consumo cuya demanda se incrementa en época de calor. 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 (INIFAP, 2002).

La producción mundial de melón se ha elevado a 31.93 millones de toneladas en el año 2012 (último año con datos mundiales disponibles), según los datos que ha elaborado Hortoinfo procedentes de Faostat, el organismo de estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). En estas cifras no están incluidas las sandías, a pesar de que algunos países las incluyen entre los melones (Hortoinfo, 2014)

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). El acolchado del suelo constituye una alternativa a los métodos tradicionales de control de malas hierbas ya que no produce contaminación del medio (suelo o aguas subterráneas) por productos fitosanitarios ni ocasiona problemas de erosión. 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). Asimismo, Walsh *et al.* (1996) indican que el acolchado controla la maleza favoreciendo su asfixia y evitando la germinación de las semillas de las malas hierbas. Para conseguir los objetivos deseados con el acolchado es necesario hacer una elección adecuada del material apropiado que puede diferir para distintas situaciones (ISA, 2009). El acolchado plástico de color negro es el estándar de la industria (Tarara, 2000), pero 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 (Kasperbauer y Hunt, 1988; Tarara, 2000).

Además del acolchado, la fertirrigación ha alcanzado en las últimas décadas, considerables avances con el mejoramiento de métodos de irrigación y en la mejor utilización del equipo, que hasta entonces solo era empleado para aplicación del agua. Hoy se sabe que el sistema de irrigación es un excelente conductor y distribuidor de cualquier producto químico. Cuando el producto aplicado es un fertilizante, la técnica se llama fertirrigación (Calvache, 2002).

La nutrición en cultivos con acolchados plásticos se suministra de manera tradicional con las mismas dosis que se aplican en suelos sin acolchado plástico. Sin embargo, puesto que se espera que la producción sea mayor en condiciones de acolchado plástico es posible que deba incrementarse la dosis y la frecuencia de aplicación de fertilizantes, y así obtener los más altos rendimientos. Por lo dicho anteriormente, es necesario generar y recabar información que nos permita saber cómo manejar la nutrición en estas condiciones, ya que las plantas se están desarrollando más rápidamente.

En esta investigación, se evaluaron las respuestas del melón al acolchado mediante el uso de una película de plástico color azul, bajo una dosis de fertilización mayor que la formula recomendada.

II. JUSTIFICACIÓN

La nutrición en cultivos con acolchados plásticos se aplica de manera tradicional con las mismas dosis que se utiliza en suelos sin acolchado. Sin embargo, puesto que se espera que la producción sea mayor en condiciones de acolchado plástico es posible que deba incrementarse la dosis y la frecuencia de aplicación de fertilizantes, para alcanzar los más altos rendimientos y la nutrición sea más eficiente. Por lo anterior, es necesario generar información que nos permita saber cómo manejar la nutrición en estas condiciones, puesto que las plantas se están desarrollando más rápidamente y es necesario que la nutrición de las mismas sea de buena manera y se puedan obtener los resultados que se pretenden alcanzar.

III. OBJETIVOS

Objetivo general

El objetivo del presente estudio fue evaluar la interacción de acolchado plástico de color azul y dos concentraciones de NO_3^- y su influencia sobre aspectos fisiológicos, rendimiento, materia seca y concentración de algunos nutrimentos en el cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) cv. F1 Cruiser.

Objetivos específicos

Determinar el efecto del color del plástico para acolchado en el crecimiento, rendimiento y estado fisiológico del melón.

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

Definir la interacción entre el acolchado plástico con la dosis de N en el cultivo del melón.

IV. HIPOTESIS

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

V. REVISION DE LITERATURA

Importancia del cultivo de melón en México

Áreas de producción en México

El melón es un fruto de amplio consumo cuya demanda se incrementa en época de calor. 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).

A finales de los sesenta se observó en el mundo un franco crecimiento en las superficies dedicadas al cultivo y el mejoramiento de diversos aspectos como el manejo y la selección de especies, y el desarrollo de sistemas modernos de ventas y distribución, manteniéndose con esa tendencia desde entonces. Es hasta la década de los setenta cuando se sitúa a esta especie en competencia en los mercados, al lograr la adaptación del cultivo a diferentes sistemas de producción (Sistema Producto Laguna, 2005).

La agricultura del melón ha logrado desarrollarse ampliamente, las mayores áreas de producción en el país se encuentran en los estados de Coahuila con una producción de 124,192.75 toneladas, con la mayor producción a nivel Nacional, le siguen Michoacán con una producción de 107,805.13 toneladas, Sonora con una producción de 102,234.23 toneladas, Guerrero con una producción de 66,574.85 toneladas, Durango con una producción de 62,555.00 toneladas, Chihuahua con una producción 38,681.34 toneladas, Oaxaca con una producción de 17,029.11

toneladas, Colima con una producción de 14,272.00 toneladas y Jalisco con una producción de 8,236.00 toneladas (SIAP, 2013).

El cultivo del melón es tradicional en la Región Lagunera en Coahuila y de suma importancia en el contexto productivo a nivel nacional ya que de las más de 20 mil hectáreas que se siembran en el país, a la Laguna le corresponde un promedio de entre 5 y 6 mil hectáreas anuales, con una media de producción que alcanzan hasta 32 toneladas por hectáreas. En el anterior ciclo productivo se tuvo un valor de la producción, por encima de los 538 millones de pesos, cerca de las 180 mil toneladas producidas, con un costo de producción de \$50,424.00 ton/Ha (Sagarpa, 2013).

Durante el periodo 1994-2007, los principales Municipios productores de Melón de la Comarca Lagunera en cuanto a superficie sembrada fueron: Mapimí con una participación del 36.56% (1,754 has) del total, Tlahualilo con un 21.08% (1,011 has), Matamoros con una participación del 15.32% (735 has) y Viesca con el 11% (527 has) respectivamente (Espinoza *et al.*, 2009).

La superficie sembrada de melón a nivel nacional es de 19,955.94 ha, de la cual los tres estados con mayor superficie sembrada son Coahuila con 4,232.50 ha, Michoacán con 3,286.00 y Guerrero con 2,987.00 según (SIAP, 2013).

Rendimiento de melón en México

El rendimiento del cultivo de melón promedio a nivel nacional fue de 28.73 ton/ha en el año 2013 y los estados con mayor rendimiento por hectárea es Colima, Chihuahua y Sonora con rendimientos de 35.72 ton/ha, 35.22 ton/ha y 34.67 ton/ha respectivamente (SIAP, 2013).

Cabe mencionar que en México la producción de melón se realiza tanto en el ciclo de primavera-verano como en el ciclo de otoño-invierno, de los cuales podemos

decir que los principales estados productores de respectivos ciclos son Coahuila, Sonora, Durango para primavera-verano y Michoacán, Guerrero, Sonora para otoño-invierno (SIAP, 2013).

Importancia económica

El melón es uno de los cultivos de mayor importancia económica y social para la región de la laguna y nuestro país. Dependiendo del precio, el valor de la producción de melón varía desde \$25,000 hasta \$120,000 pesos por hectárea y genera alrededor de 120 jornales por hectárea (ASERCA, 2000).

El cultivo del melón es de gran importancia pues genera un ingreso de \$3,865.01 pesos por tonelada (precio medio rural) con el cual se alcanzó en valor de producción la cantidad de \$2,171,953,462.0787 pesos a nivel nacional (SIAP, 2013).

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. Estados Unidos produce 1.15 millones de toneladas anuales y ocupa el tercer lugar en importancia. México se ubica en el octavo lugar mundial, con una producción de 575,000 toneladas anuales participando con el 2.2% del total (FAO, varios años).

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. También cobra gran importancia debido a la gran demanda de mano de obra. Otros usos que se le atribuyen son propiedades medicinales como diurético, alimenticio, demulcente, vomitivo y purgante (raíz) (Plants for a future: *Cucumis melo*, 2005).

Durante los últimos setenta y cinco años, el melón mexicano ha mantenido su participación en el mercado internacional por su calidad. Además de la derrama económica que representa en las zonas de cultivo, resultado de la mano de obra requerida para su manejo, empaque y comercialización, es el tercer producto agropecuario en el renglón de la captación de divisas (Sistema Producto Nacional Melón, 2012).

Una de las ventajas competitivas adicionales de nuestro país, es que la cosecha se lleva a cabo en la época en la que otros países competidores están fuera del mercado por su ubicación geográfica. Algunas de nuestras 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. Ya que el melón mexicano es capaz de soportar altas temperaturas, se ha convertido en una excelente alternativa de cultivo para las zonas de calor excesivo y sequías constantes (Sistema Producto Nacional Melón, 2012).

Acolchado del suelo

El acolchado plástico es una técnica empleada en agricultura, en la que se utiliza película de polietileno en los cultivos sobre los surcos o en las “camas” con la cual se modifica el ambiente natural de las plantas con la finalidad de obtener un crecimiento óptimo del cultivo (ENRES, 2014).

Una de las alternativas más importantes hoy en día es la de disminuir los efectos ambientales que directamente influyen sobre el cultivo de melón, principalmente los relacionados con las temperaturas; y así permitir al productor adelantar las fechas de siembra, tratando de tener una precocidad en la cosecha para que la producción alcance un buen precio en el mercado e incrementar las ganancias.

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).

Además los acolchados plásticos se han utilizado comercialmente desde los años sesenta para mejorar la producción de hortalizas (Lamont, 1993).

El acolchado plástico de color negro es el estándar de la industria (Tarara, 2000), pero 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 (Kasperbauer y Hunt, 1988; Tarara, 2000).

Un poco más del 50 % del territorio de México presenta un clima semiárido y árido, con una pluviosidad escasa, y suelos salinos. Ante este panorama es necesario mejorar las técnicas de utilización del agua y fertilizantes con la finalidad de incrementar la superficie cultivable aumentando los rendimientos. Esto es posible adaptando nuevas metodologías; de ahí el interés en desarrollar la práctica y utilización de cultivos acolchados, manejados con sistemas de riego conducido y fertigación (Burgueño, 1994).

Por su sistema de producción, el cultivo de melón se efectúa con alta tecnología de producción en el 85 % de la superficie (Anónimo, 2007), la cual consiste en acolchado plástico, fertirrigación, uso intensivo del suelo y nutrientes y alta inversión económica. El acolchado en este cultivo, es indispensable porque impide el arribo de vectores de enfermedades (Stapleton y Summers, 2002) y mejora las condiciones fitosanitarias y de inocuidad (Hernández *et al.*, 2006).

El polietileno es el principal tipo de plástico utilizado en la actualidad para el acolchado, debido a que es fácil de procesar, tiene excelente resistencia física y química, alta durabilidad y flexibilidad. El polietileno agrupa una familia numerosa de polímeros de distintas estructuras moleculares, que confieren distintas características. Tenemos: polietileno de Alta Densidad (PEAD), Polietileno de Baja Densidad (PEBD) y Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD) (butano, hexeno, octeno) (Espí *et al.*, 2006; González-Viñas & Mancini, 2003).

Los plásticos para acolchados constituyen la segunda aplicación en importancia (luego de invernaderos), por el volumen de los plásticos en las aplicaciones agrícolas; la superficie mundial bajo esta modalidad es de 4.530.000 ha. Detallando por países, se destaca China, con 2.000.000 ha; Japón, con 150.000 ha y, Francia y España, con 100.000 ha, cada uno. En Latinoamérica esta aplicación se ha desarrollado principalmente en Centroamérica y en México, superando este último país las 9000 ha (Thompson et al., 2009).

Mulching o cobertura plástica del suelo tiene la finalidad de evitar el crecimiento de malezas, disminuir la evaporación del agua de riego mejorando la retención de humedad y evitar el contacto de los frutos con el suelo, y por consecuencia obtener una mayor y mejor producción; su mayor aplicación se tiene en la actualidad para el cultivo de fresa (Santos & Obregón, 2009; Yuri et al., 2012); otra especie vegetal que es cultivada bajo estas condiciones es el melón (Medeiros et al., 2006; Silva et al., 2005).

Ventajas y desventajas del uso de acolchados plásticos

Entre las principales ventajas de los acolchados están:

Control de malezas: el acolchado del suelo constituye una alternativa a los métodos tradicionales de control de malas hierbas ya que no produce contaminación del medio (suelo o aguas subterráneas) por productos fitosanitarios ni ocasiona problemas de erosión. 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). Asimismo, Walsh *et al.* (1996) indican que el acolchado controla la maleza favoreciendo su asfixia y evitando la germinación de las semillas de las malas hierbas.

Eficiencia en el uso de agua: el acolchado puede debilitar 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.

El acolchado aumenta significativamente la humedad del suelo en la capa superficial (0 - 5 cm) en comparación con el suelo desnudo (Zhang *et al.*, 2008). Chaudhry *et al.* (2004) indican que la tasa de infiltración de agua en el suelo cubierto con diferentes tipos de acolchados permeables aumentó un 30% en comparación con el suelo desnudo.

La utilización de acolchado plástico de polietileno logra los mayores efectos en la economía del agua ya que su gran impermeabilidad impide la evaporación desde la superficie del suelo, quedando el agua a disposición del cultivo que se beneficia de un suministro más constante y regular (Maurya y Lal, 1981; 2003; Jia *et al.*, 2006; Ramakrishna *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2009).

Efectos sobre la temperatura: el acolchado modifica la energía que llega al suelo, el intercambio de calor, el balance de energía y el régimen térmico (Gonzalo, 2009). Un aspecto positivo del acolchado es la disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo, amortiguando los 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; Foshee *et al.*, 1996; Lalitha *et al.*, 2001).

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).

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.

Incremento en el rendimiento y la precocidad: El uso de plásticos en la agricultura responde a la necesidad de lograr incrementos en calidad y cantidad de producción agrícola. Su uso favorece una disminución del consumo de agua y consigue un microclima en la zona de crecimiento de las plantas, con lo que se incrementa la productividad (Ibarra *et al.*, 2011).

El acolchado con películas plásticas hechas de polietileno de baja densidad son usadas en la agricultura para incrementar el rendimiento (Wang *et al.*, 2004; Berglund *et al.*, 2006; Kapanen *et al.*, 2008) y mejorar la calidad de los productos hortícolas.

La aplicación de acolchado plástico en materiales híbridos de melón el 40 % de la cosecha se obtiene en la primera semana; mientras que, aproximadamente el 30 % en la segunda semana, por consiguiente en estas dos semanas se cosecha el 70 %. Es decir, en términos generales se ha visto que con el uso de híbridos se obtiene una cosecha temprana. El inicio de la cosecha puede adelantarse entre 7 y 14 días, dependiendo de las condiciones del clima (Espinoza *et al.*, 2003).

Zermeño-González *et al.* (2009), obtuvieron el mayor rendimiento de frutos de primera calidad (16.51 ton/ha) y rendimiento total (38.47 ton/ha) en el acolchado de color azul.

Entre las desventajas de los acolchados plásticos se puede citar:

Costos elevados del material: implica un incremento de los costes de producción debido al elevado precio de algunos materiales usados como acolchados (Shenk, 1996) y al costo de transporte, instalación y manejo de los mismos.

Riesgos para el medio ambiente: el uso de acolchados también puede tener desventajas como son los riesgos medioambientales originados por algunos acolchados de material plástico no biodegradable cuyos residuos pueden contaminar los campos donde se instalaron (Lamont, 1993; Briassoulis, 2006). La recogida de estos residuos y su reciclaje es complicada ya que se encuentran mezclados con el suelo, lo cual dificulta su separación (González *et al.*, 2003).

Proliferación de plagas: otros inconvenientes son la posible proliferación de roedores (Zaragoza, 2003), el aumento de algunas plagas (Shenk, 1996) y los riesgos de incendios en el caso de los materiales orgánicos.

Películas fotoselectivas

Los plásticos foto selectivos modifican la cantidad y calidad de la radiación. En la zona del infrarrojo cercano (700 – 1000 nm) se induce un alargamiento en la planta. Estudios sobre la fotomorfogénesis han mostrado la gran influencia que ejerce la calidad espectral de la radiación sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. La relación de los flujos de fotones rojo / rojo lejano (610 – 700 / 700 – 800 nm) actúa sobre un alargamiento de los tallos. En el rojo (610 – 700 nm) y azul (410 – 510 nm) es donde se concentra la mayor radiación aprovechada en fotosíntesis o radiación PAR.

Así se han formulado plásticos que permiten seleccionar estas longitudes de onda del infrarrojo y por tanto adaptarlas a las necesidades lumínicas de la planta durante su desarrollo fenológico, fomentando así los niveles de producción.

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).

La calidad de la luz tiene un efecto determinante en la morfogénesis vegetal y sus efectos se han utilizado con fines comerciales en plantaciones hortícolas (Rajapakse y Shahak, 2007). El uso de materiales plásticos en las actividades agrícolas inició una modificación profunda en la tecnificación de la producción de

frutas, hortalizas y plantas ornamentales (Hallidri, 2001). Esta tecnología se implementa para incrementar la eficiencia de los cultivos en el uso de los insumos de producción, como nutrimentos, agua de riego y agroquímicos principalmente, con el fin de maximizar rendimientos, mejorar la calidad del fruto y aumentar la precocidad de la cosecha (Fan *et al.*, 2005).

Al probar el efecto de tres colores de acolchado y suelo desnudo, en *Physalis ixocarpa* Brot. Díaz *et al.* (2005) encontraron que la temperatura de la zona radical fue modificada por el color del acolchado, lo que mejoró el crecimiento y rendimiento de fruto, tanto en verano como en primavera. La modificación de la temperatura del suelo por el uso de acolchado plástico de colores, también aumenta el contenido de algunos minerales en hojas y semilla. Con el uso de acolchados plásticos, además de mejorar el manejo y control de malezas, hay un mejoramiento total del sistema de producción (Rangarajan e Ingall, 2001).

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).

Decoteau *et al.* (1989) reportaron que también los acolchados de colores afectan el desarrollo y crecimiento de plantas de tomate y que los acolchados blancos o plata reflejan más luz total, y una baja relación de luz rojo-lejano relativo a la luz roja que los acolchados negros o rojos. Sin embargo, la temperatura del suelo fue más alta en el rojo y negro, las plantas desarrolladas en acolchado rojo generalmente tuvieron una producción más temprana y de mayor calidad y produjeron menos follaje, también mencionan que las plantas en acolchado blanco y plata tuvieron una baja producción temprana y comercial pero produjeron más follaje. Los resultados sugieren que los acolchados de colores pueden inducir cambios en el microclima de la planta (por ejemplo, balance espectral, cantidad de luz, temperatura de la zona radical) y que pueden actuar a través de un sistema

regulatorio natural dentro del crecimiento de la planta y afectar el crecimiento y la producción de fruto.

El color del acolchado plástico determina su comportamiento de energía radiante y su influencia sobre el microclima alrededor del cultivo. La respuesta de las plantas está en función de la interacción de la calidad de la luz reflejada por la superficie del acolchado y por la capacidad de cada color para permitir el paso de la radiación solar e incrementar la temperatura del suelo (Munguía, 2004).

Una de las características de las cubiertas plateadas es absorber solo una pequeña parte de la radiación visible, puesto que la mayor parte la reflejan. La poca energía absorbida la transmite por radiación hacia el suelo y la detiene en casi su totalidad por ser de color negro en su parte inferior, esta capa sobrepuesta hace que se forme un microclima bajo la cubierta plástica (Robledo, 1988).

La cubierta de color blanco refleja gran parte de la radiación visible, estas cubiertas no presentan peligro alguno para los cultivos ya que la temperatura es baja en comparación a otras cubiertas plásticas. Lo cual desalienta el desarrollo de malezas, la mayor aportación de energía para las plantas se presenta en la noche (Iavecchia, 1994).

Las películas plata/negro tienen gran reflexión foto lumínica hacia el follaje de las plantas, incrementando el proceso de fotosíntesis y alejando los insectos cuando la cara blanca va hacia afuera. La transmisión de la luz al suelo es mínima, por lo tanto, evita el calentamiento excesivo del suelo y el desarrollo de malezas debajo de la película. Cuando la cara negra va hacia arriba absorbe en gran medida la energía calorífica recibida; debido a esto no se recomienda su uso en esta forma en meses muy calientes, porque puede provocar quemaduras en las parte aérea de los cultivos jóvenes (Díaz, 2002).

Las películas blanco/plata transmiten al suelo del 40 al 70% de la luz recibida, por lo tanto, tiene la propiedad de calentar el suelo más que el negro y menos que el transparente, este material es efectivo para los meses templados ya que la

reflexión de la luz de los plásticos plata y blanco reflejan la luz solar proporcionando luz en ambas partes de la hoja, con lo cual se estimula la fotosíntesis (Levecchia, 1994).

El plástico verde ideal para cultivos tempranos, mantiene temperatura en el surco igual que la intemperie, controla eficazmente malezas, aumenta calor en la raíz, mantiene el fruto limpio y fuera del contacto con la tierra. Las respuestas del melón en el acolchado verde o azul, fuertemente incrementaron un promedio de 35% la producción comercial de frutos sobre un periodo de tres años en comparación con el plástico negro (Orzolek, 1993).

El acolchado transparente es el que proporciona mayor precocidad en los cultivos y también el que puede evitar los daños de helada producidos por bajas temperaturas, alrededor de 0°C. Se debe a que el plástico transparente permite el paso de la radiación (más del 80%), por lo que durante el día, el suelo y la parte radicular de las plantas se calienta mucho, y al calentarse, hay una evaporación constante, y en la parte interna del plástico se produce un fenómeno llamado condensación, con esto se logra tener una pantalla y el suelo no se enfría rápidamente logrando así que durante la noche se evite la pérdida rápida del calor del suelo y se libere lentamente en la parte foliar de la planta. El inconveniente es el crecimiento de malezas abajo del plástico, que puede levantar el plástico, crea competencia por nutrientes y humedad. Al haber más evaporación provoca mayor acumulación de sales en la superficie del suelo (Itesm, 2002).

El acolchado negro absorbe la mayor parte de UV, las longitudes de onda visible e infrarrojos de la radiación solar y re irradia en forma de calor la energía absorbida. Mucha de la energía solar absorbida en forma de calor por el acolchado plástico negro es perdida a la atmósfera por convección (Hort.uconn, 2002).

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 (Hort.uconn, 2002).

El acolchado de color rojo se ha visto que mejora y acelera la madurez del fruto en tomate, además reduce la incidencia por ataque temprana de plagas y disminuye los riesgos por enfermedades transmitidas por algunos insectos (Hort.uconn, 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 (Henao, 2001).

Efecto de la temperatura en el suelo

La temperatura afecta la tasa de desarrollo de la planta a través de sus distintas fases y la producción de hojas, tallos y otros componentes. Todos los procesos

fisiológicos de la planta ocurren más rápidamente a medida que la temperatura aumenta entre una temperatura base y una temperatura óptima; más adelante se discute la estimación de estos efectos. Un buen manejo del cultivo puede contrarrestar más fácilmente los efectos negativos de las altas temperaturas que los de las bajas temperaturas, especialmente de las heladas.

El acolchado modifica la energía que llega al suelo, el intercambio de calor, el balance de energía y el régimen térmico (Gonzalo, 2009). Un aspecto positivo del acolchado es la disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo, amortiguando los picos máximos y mínimos principalmente en los primeros 15 cm de profundidad (Leal, 2007).

El efecto del acolchado en la temperatura del suelo depende de las características del material de acolchado, 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, la película plástica detiene, en cierto grado, el paso de la radiación de onda larga (calor) del suelo a la atmósfera (Valenzuela y Gutiérrez, 2003).

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

Efecto del crecimiento de las plantas

Debido al calentamiento del suelo, el uso del acolchado sobre todo los de material plástico, proporciona al productor una herramienta de gran interés para aumentar la precocidad de los cultivos especialmente en variedades tempranas. Asimismo, la utilización de acolchados plásticos favorece un rápido crecimiento y un

incremento del rendimiento en productos hortícolas y frutícolas como en el melón (Lamont et al., 1993, Munguía *et al.*, 2004).

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

Asimismo, Arrellano *et al.* (2003) observaron un adelanto de la cosecha del melón en suelo bajo acolchado plástico que se inició a partir de la segunda semana de mayo, mientras que en el sistema tradicional (suelo desnudo) se inició 3 semanas después, incrementándose significativamente el precio de venta del melón temprano. Dada la creciente competitividad de los mercados alimentarios y los elevados precios de productos tempranos, el acolchado del suelo puede constituir un factor de éxito económico muy relevante para el productor hortofrutícola.

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).

En sandía (*Citrullus lanatus*) el acolchado plástico permitió superar el rendimiento medio regional en 150 % (Mendoza *et al.*, 2005), porque el incremento de la temperatura del suelo favoreció la producción y precocidad del cultivo, lo que coincide con lo señalado por Cenobio *et al.* (2004) también en sandía. Con el uso de acolchados plásticos de colores contrastantes, Schmidt y Worthington (1998) encontraron que la acumulación de unidades calor en el suelo fue significativamente mayor con el acolchado blanco que con el acolchado negro, lo cual permitió atrasar o adelantar la fecha de producción para lograr una mejor adaptación del cultivo, así como incrementar la producción.

Al probar el efecto de tres colores de acolchado y suelo desnudo, en *Physalis ixocarpa* Brot. Díaz *et al.* (2005) encontraron que la temperatura de la zona radical

fue modificada por el color del acolchado, lo que mejoró el crecimiento y rendimiento de fruto, tanto en verano como en primavera. La modificación de la temperatura del suelo por el uso de acolchado plástico de colores, también aumenta el contenido de algunos minerales en hojas y semilla. Con el uso de acolchados plásticos, además de mejorar el manejo y control de malezas, hay un mejoramiento total del sistema de producción (Rangarajan e Ingall, 2001)

Eichin y Deiser (1991) trabajando en lechuga, encontraron que con acolchado de papel negro y café y con polietileno negro, el crecimiento y desarrollo no fue afectado, pero se obtuvo un producto limpio, con reducida incidencia de pudriciones en las hojas externas. Además lograron buen control de malezas.

Un aspecto positivo del acolchado es la disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo, amortiguando los 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; Foshee *et al.*, 1996; Lalitha *et al.*, 2001).

Acolchados en Melón

El acolchado ha demostrado su efectividad en el incremento del rendimiento en melón (Pérez *et al.*, 2004). El acolchado se define como cualquier sustancia orgánica o inorgánica aplicada a la superficie del suelo, con el propósito de modificar el microambiente justo, abajo o arriba de la superficie en beneficio de las plantas (Vargas, 2000). El uso de estos materiales tiene la finalidad de conservar humedad del suelo, estabilizar la temperatura, prevenir erosión y controlar malezas (Dianullo y Cotner citados por Cuellar, 1991). Martínez (1997) al realizar un trabajo donde probó diferentes técnicas de acolchado en melón obtuvo resultados en cuanto a la aplicación agua, rendimientos y eficiencia de agua. Vargas (2000), al evaluar la producción de melón mediante acolchado plástico y riego por cintilla y utilizando el híbrido Caravell encontró que el rendimiento del cultivo de melón bajo las condiciones de acolchado con cintilla es más precoz.

La alta inversión económica que efectúa el productor, asegura las mejores condiciones para máxima productividad del cultivo, el acolchado ha demostrado su efectividad en el incremento del rendimiento (Pérez *et al.*, 2004), como barrera que impide arribo de vectores de enfermedades (Stapleton y Summers, 2002), para favorecer mayor producción de biomasa aérea (Ibarra *et al.*, 2001) y para mejores condiciones fitosanitarias y de inocuidad (Hernández *et al.*, 2006).

Martínez (1997) al realizar un trabajo donde probó diferentes técnicas de acolchado en melón obtuvo resultados en cuanto a la aplicación agua, rendimientos y eficiencia de agua.

En 1991 el CAR-IV-UACH, citado por Daza (1997) reporta en Mexicali la producción de melón con acolchado y microtúnel (con riego por goteo) que permite la competencia favorable del producto en el mercado, principalmente de exportación, los rendimientos normalmente obtenidos oscilan alrededor de 1,200 cajas por hectárea.

Martí (1997) indica que la adaptación de esta nueva tecnología, que incluye el uso de acolchados o microtúneles, y sistemas de microirrigación (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. 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.

Nutrición y fertirriego

Nutrición

Cada organismo es un sistema abierto conectado con su medio ambiente e influenciado por éste en un intercambio permanente de materia y energía. Las

plantas aumentan su biomasa usando dióxido de carbono del aire, la energía del sol y los nutrientes que toman del suelo y del agua (Jones y Jacobsen 2001).

Cada genotipo y especie de planta requiere una nutrición mineral óptima para su normal crecimiento y desarrollo (Kovacik *et ál.* 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).

Existen más de 100 elementos químicos en la naturaleza, de los cuales solamente 17 se consideran esenciales para la vida de las plantas. De los “elementos esenciales”, algunos se consideran no minerales, debido a que son tomados por la planta principalmente a partir del aire o del agua. Los otros nutrientes minerales se clasifican en macronutrientes y micronutrientes, dependiendo de la concentración en las plantas.

Dentro de los macronutrientes 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).

La movilidad de los nutrientes en el suelo es importante porque permite planificar su disponibilidad para las plantas. Este conocimiento influye en las decisiones de fertilización como dosis, frecuencia y tipo de fertilizante, así como del método de aplicación correcto. La movilidad de los nutrientes en el suelo en su forma iónica depende de su carga, y del pH, la temperatura y la humedad del suelo (Jones y Jacobsen 2001).

Efecto de la nutrición sobre las plantas

El manejo nutrimental a través de la fertilización es un control cultural importante en las enfermedades de las plantas y un componente integral de la producción agrícola (Huber, 1989; Fageria *et al.*, 1997). Las plantas que reciben una nutrición

mineral balanceada son más tolerantes a las enfermedades; es decir, tienen mayor capacidad para protegerse de nuevas infecciones y de limitar las ya existentes, que cuando uno o más nutrimentos son abastecidos en cantidades excesivas o deficientes.

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).

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

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.

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).

De acuerdo con Samra y Arora (1997), el potasio mejora la calidad y duración del cultivo y también alivia las condiciones de estrés. El potasio es activador de muchas enzimas que son esenciales en la fotosíntesis y en la respiración, además activa enzimas necesarias para formar almidón y proteínas y es involucrado en el

transporte de los fotoasimilados (Swietlik, 2003). Asimismo, el K es un ión que desempeña un papel fundamental en la osmorregulación celular y su deficiencia produce pérdida de turgencia y marchitamiento, más acentuado cuando hay déficit hídrico (Bonilla, 2000).

El calcio (Ca) se usa en la síntesis de nuevas paredes celulares, particularmente en la lámina media que separa las nuevas células divididas; se requiere para un normal funcionamiento de las membranas vegetales y ha sido implicado como segundo mensajero en diferentes respuestas de las plantas tanto en señales ambientales como 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).

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).

Fertirriego

Un buen manejo de la nutrición mineral es fundamental pues determina en gran medida la capacidad productiva de la planta de tomate (Snyder 2006).

El fertirriego garantiza un suministro de nutrimentos directamente en el bulbo de humedecimiento, sitio donde se encuentra el mayor volumen de raíces absorbentes (Imas 2009). Esto favorece la eficiencia en el uso del agua y los fertilizantes, lo que mejora su distribución y localización. Si se emplea este recurso en forma adecuada, con el aporte de los nutrimentos que la planta demanda en el tiempo y la cantidad precisa para cada etapa fenológica, la mejora en el

rendimiento alcanzado y en parámetros de calidad de la fruta (tamaño, firmeza, sanidad, sólidos solubles) es notable (Alcántar *et al.* 1999).

El fertirriego es una técnica exitosa; no obstante existen problemas que es necesario resolver, entre ellos la dosis de los fertilizantes y el momento de aplicación tal y como lo informan Bugarin *et al.* (2002).

Cadahia (2000), Guzmán (2004), Peña (1998), afirman que la combinación de la irrigación con la fertilización está bien reconocida como el más efectivo y conveniente modo de mantener un nivel óptimo de fertilidad y provisión de agua, de acuerdo a las exigencias específicas de cada planta y tipo de suelo, dando como resultado elevadas producciones y mejores calidades de cultivo.

Harfa Chemicals (1993) menciona entre las ventajas de la fertirrigación las siguientes:

- Mejora la disponibilidad de los nutrientes y su absorción por las raíces ya que tanto el agua, como los nutrientes se suministran directamente a las raíces, creando una zona húmeda de gran concentración radicular.
- Es considerado como un método de aplicación seguro que elimina los riesgos de quemadura en el sistema radicular de las plantas, ya que el fertilizante está muy diluido en el agua.
- Mejora la eficiencia, pues la cantidad de fertilizante presente en el suelo en cualquier momento es pequeña, y por eso se producen menores pérdidas por lixiviación y escorrentía durante las lluvias.
- Permite a las plantas crecimientos en zonas marginales donde el correcto control del agua y los iones en la cercanía de las raíces de las plantas es crítico.

En fertirriego se ha visto un incremento importante de la eficiencia de uso de los nutrientes de los fertilizantes por los cultivos. Ello se debe a que estos son inyectados directamente al sector donde se encuentra el 90% de las raíces y porque al ir en el agua tiene un vehículo de llegada directo a las raíces (Calvache,

1999; Mejía y Calvache, 2002). La irrigación ayuda a obtener mejores rendimientos y mayor calidad de frutos (Solórzano, 2003).

Fórmulas que se aplican para el cultivo de melón

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. En siembras de temporal se sugiere aplicar lo mismo que en sandía: la mitad de nitrógeno y todo el fósforo y el potasio al momento de la siembra o a la borra; el resto del nitrógeno a los 35 a 40 días después de la borra (INIFAP SINALOA, 2010).

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 CHIHUAHUA, 2015).

Cuadro 1. Sugerencia de fertilización en melón, por medio de riego prezurizado en la región de Hermosillo, Sonora.

Etapa de desarrollo del cultivo.	Nitrógeno kg/ha/día	Potasio (K ₂ O) kg/ha/día
Trasplante - primeras guías.	1.1	0.9
Primeras guías - floración masculina.	1.7	1.4

Floración masculina – inicio amarre de fruto.	2.2	1.8
Inicio amarre fruto – formación de red	1.7	1.4
Formación de red – cosecha.	1.1	0.9

Grajeda, 1999.

De manera general, se recomienda utilizar la fórmula 180-60-00. La mitad de 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).

Curvas de extracción

La curva de absorción de nutrientes determina las cantidades extraídas por la planta, a través de su ciclo de vida y permite definir un programa de fertilización adecuado para el cultivo, que considere tanto la cantidad de abono, como la época idónea para hacer las aplicaciones (Molina, *et al.*, 1993, Sancho, 1999, Mislé 2006, Rincón, *et al.*, 1998).

Los estudios de demanda nutrimental contabilizan los requisitos de cosecha, la extracción total o el consumo de nutrientes que efectúa un cultivo en particular para completar su ciclo de producción. Las curvas de extracción son parte de estos estudios y permiten el conocimiento de la demanda de nutrientes 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).

Las curvas de absorción no constituyen una herramienta de diagnóstico como el análisis foliar porque contribuyen en forma cualitativa a la recomendación de programas de fertilización y permiten conocer la cantidad de nutrimento en kg/ha que es absorbida por un cultivo para producir un rendimiento dado en un tiempo definido. La cantidad consumida, absorbida o requerida por una planta se obtiene del asocio del peso seco de los tejidos, con las concentraciones de nutrimentos totales presentes en esos tejidos (Bertsch 2003).

Este estudio se puede hacer una vez por ciclo, preferiblemente al final del mismo cuando la absorción ha llegado a su nivel máximo o también donde se pueda contemplar varias etapas asociadas a cambios fenológicos importantes durante el ciclo de vida del cultivo, con lo que se puede elaborar curvas de absorción. Otra manera de realizar este estudio es contemplar la planta entera como un todo subdividiendo por tejidos. En cualquiera de los casos, es indispensable contar con el rendimiento comercial obtenido para ese cultivo que pueda ser asociado a ese consumo (Bertsch 2003).

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

Diferentes métodos han sido propuestos para extraer la solución del suelo: gravedad, muestreadores pasivos por capilaridad, cápsulas cerámicas de succión, extractores de solución tipo Rhizon y centrifugación, entre otros. En general todos

estos métodos presentan ventajas e inconvenientes por lo que deben ser cuidadosamente elegidos de acuerdo con la aplicación para la que van a ser destinados. Los métodos pasivos y de gravedad o lisimétricos presentan la ventaja de 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).

Uno de los avances más importantes que se ha dado en la agricultura es el paso de los sistemas de riego por gravedad a los sistemas de riego por goteo o de alta precisión con empleo de soluciones nutritivas. Una solución nutritiva es aquella que contiene los elementos esenciales para la nutrición de las plantas, a una concentración ideal y relaciones óptimas entre los elementos, de tal manera que favorecen la absorción nutrimental por el cultivo. El empleo de soluciones nutritivas permite hacer un manejo eficiente de los insumos, además de disminuir la contaminación del suelo y mantos freáticos. Con este método es posible proporcionarle a las plantas las cantidades necesarias de nutrimentos de acuerdo a su estado fenológico y sus características genotípicas (COFUPRO, 2013).

Alcántar (2007) menciona que la fracción soluble de los elementos presentes en el suelo puede medirse de varias maneras:

- a. Directamente, extrayendo la solución de suelo con “chupatubos”;
- b. Extrayendo la solución de equilibrio de una pasta de saturación de suelo secado al aire;
- c. En solución acuosa obtenida por extracción del suelo seco al aire, empleando diversas relaciones suelo: solución.

Otro sistema utilizado comúnmente es el sistema de lisímetros de tensión cero que permiten recoger el agua del suelo por gravedad (Haines *et al.*, 1982; Jeminson y Fox, 1994).

La extracción de la solución del suelo (ESS) permite caracterizar la composición iónica de la misma. Un método muy extendido consiste en tomar muestras del

suelo y analizar el extracto de saturación del mismo. Este procedimiento altera la estructura del suelo y favorece los procesos fitopatológicos aunque cuenta con numerosas referencias técnicas y recomendaciones agronómicas.

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, 1997), 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 R., 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^{3+} 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 (Perranganier *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 capsula 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.

Efecto de la nutrición y el acolchado sobre la fisiología de la planta

Fotosíntesis

El proceso mediante el cual se realiza la conversión de la energía lumínica en los alimentos, se conoce como fotosíntesis. La luz solar al incidir sobre las hojas y activar las funciones de los cloroplastos, desencadenan una serie de reacciones de gran complejidad, en las cuales a partir de bióxido de carbono y el agua, se forman diversos tipos de azúcares que son el resultante de este proceso y componente de las partes comestibles de las especies vegetales (Castaños, 1993).

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

La velocidad a la que ocurre la fotosíntesis no siempre es la misma, a medida que aumenta la intensidad de la luz, ocurre un aumento en la velocidad de la fotosíntesis. Al aumentar la luz solar se aumenta la cantidad de energía lumínica disponible para la fotosíntesis hasta cierto punto, ya que al llegar a cierta intensidad la velocidad ya no aumenta (Alexander, 1992).

Chermnykh y Kosobrukhov (1988), estudiaron el efecto de varias intensidades de luz, CO₂ y temperatura sobre la actividad fotosintética de las plantas de pepino bajo condiciones de invernadero y observaron un aumento en la temperatura de fotosíntesis máxima cuando se incrementaba la intensidad lumínica; incrementando simultáneamente los niveles de radiación y temperatura se incrementó el efecto de CO₂ en forma positiva en la fotosíntesis.

Hernández (1992) atribuye al acolchado plástico las siguientes características: a) el proceso fotosintético se optimiza debido a una mayor apertura estomática, b) el crecimiento de las plantas se va favorecido por un mayor potencial de agua en las hojas, c) la temperatura de las hojas se mantiene estable evitando el sobrecalentamiento que afecta el desarrollo del cultivo en general, y d) se promueve la elongación y el crecimiento celular debido a una mayor presión de turgencia en el interior de las células.

La luz desempeña un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas ya que estas dependen de la energía que les suministra la radiación solar para la fotosíntesis. Es por eso que las mediciones realizadas de energía radiante para cada color de plástico indican una mayor reflectancia para los colores aluminio y azul. La calidad de la luz, considerando el espectro PAR que reciben las plantas entre los 420 y 520 nm (Burgueño, 1999).

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

Transpiración

La transpiración es el proceso mediante el cual la planta regula su temperatura, que consiste en la evaporación de agua a través de los estomas y cutículas o

lenticelas hacia una atmósfera no saturada de humedad. Tomando en consideración que 1 gramo de agua líquida consume más de 2083 joule para pasar al estado de vapor, se comprende el efecto refrescante de la transpiración. De no ser este efecto refrescante, las hojas sometidas a una inmensa carga de radiación no podría evitar daños por sobrecalentamiento. (Urquiza *et al.*, 1988, Salisbury y Ross, 1992) indican que por cada kilogramo de sacarosa producida, en las plantas de remolacha se transpiraron 450 kg de agua; además observaron que transpiraron 230 kg de agua para producir 1 kg de masa seca, incluyendo tallos, hojas y raíces.

La transpiración es otra vía por la cual el agua pasa a la atmósfera, a diferencia de la evaporación, la transpiración es realizada por las plantas y es el proceso por el que las plantas emiten agua por medio de sus estomas pequeños orificios en el anverso de las hojas que están conectados por el tejido vascular. Ocurre principalmente durante la fotosíntesis, cuando las estomas de las hojas están abiertas para la transferencia de dióxido de carbono y oxígeno (Davis & Masten, 2005).

La velocidad de transpiración es más baja durante la noche ya que los estomas suelen estar cerrados y la temperatura más baja reduce la velocidad de evaporación de agua de las células del mesófilo (Alexander, 1992).

La transpiración es el determinante principal del balance de energía de la hoja y del estado hídrico de la planta y, junto con el intercambio de CO₂, determina la eficiencia del uso del agua (Percy *et al.*, 1991). Ésta juega un papel importante no solamente en el mantenimiento de la turgencia de los tejidos, sino también en la regulación de la temperatura de la hoja (Hatfield y Burke., 1991), y en el transporte y asimilación de nutrientes (Jolliet., 1993), determinando, por tanto, en gran medida el desarrollo de los cultivos y la formación de frutos. El control estomático de la conductancia de la hoja es una de las formas que los vegetales tienen para controlar la pérdida de agua por transpiración. A menudo se utiliza la medida de esta conductancia o su inversa, la resistencia estomática, como un indicador del estrés. Todos los factores del agua (Richter, 1972).

Conductancia estomática

La conductancia climáticos influyen en la transpiración produciendo variaciones en la apertura estomática, pero son especialmente importantes la radiación y la humedad relativa (Kitano *et al.*, 1983; Jolliet, 1993).

La transpiración es determinante en el balance energético a nivel foliar y en el estado hídrico de la planta; junto con la fijación de CO₂ se determina el uso eficiente estomática, que tiene que ver con el grado de apertura de los estomas, se mide con instrumentos que hoy están disponibles en el mercado y que poco a poco se han ido incorporando a la producción comercial de fruta. Con esta técnica se relaciona el nivel de apertura de los estomas con la disponibilidad de agua en las plantas.

El estoma tiene como función, proveer de alimento (CO₂) a la planta y al mismo tiempo actúa como termorregulador y evita la deshidratación. Más del 90% del agua que recibe una planta se pierde a través de las hojas. El vapor de agua se mueve por difusión, a través de los espacios del mesófilo hacia los estomas. Entonces el agua se difunde a través del estoma, directamente de la atmósfera, mientras el vapor de agua se mueve hacia fuera del estoma el CO₂ de la atmósfera entra a la hoja por el estoma (Alexander, 1992).

Los estomas juegan un papel central en el control del balance entre la asimilación de CO₂ y la transpiración. El grado de apertura estomatal y la conductancia estomática regulan el flujo de CO₂ y de vapor de agua, siendo estos proporcionales a la conductancia, es decir, el estoma responde directamente a un déficit hídrico mediante el cierre estomático, para evitar la pérdida excesiva de agua por transpiración (Ludlow, 1985; citado por Solarte, 1992).

En este control de la apertura y cierre de estomas, el ácido abscísico (ABA) participa en la adaptación al déficit hídrico y a otros estrés, tales como el salino, además que induce el cierre de estomas ya que su función principal es la de proteger a las plantas frente al estrés hídrico y de inducir la síntesis de proteína que favorecen la resistencia a la desecación durante la sequía, porque aumenta

su concentración muy rápidamente en plantas estresadas (Zacarías y Lafuente, 2000).

Fernández (1992) menciona que a través de los estomas, las plantas toman CO₂ atmosférico necesario para efectuar la fotosíntesis. El cierre de los estomas, reflejado como una disminución de la conductancia estomática, es de importancia en la disminución de la tasa transpiratoria, por lo tanto también del agua consumida, lo que produce una caída de la asimilación de CO₂ y algunos efectos asociados como acumulación de poder reductor y susceptibilidad a la fotoinhibición (Lawlor, 2002).

VI. MATERIALES Y METODOS

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 son 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 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 de Steiner (1961), la cual durante las primeras 2 semanas después de la emergencia se le suministró un 50 % de la concentración y para la 3er y 4a semanas se aumentó esta concentración a un 75%.

Tratamientos

En total se evaluaron 4 tratamientos, los cuales fue un acolchado plástico de color azul más un testigo (suelo sin acolchar) y dos concentraciones de nitrato (NO_3^-): dosis alta (1250 ppm) y testigo (800 ppm); esta última fue determinada en base a la curva de crecimiento del melón (Figura 1).

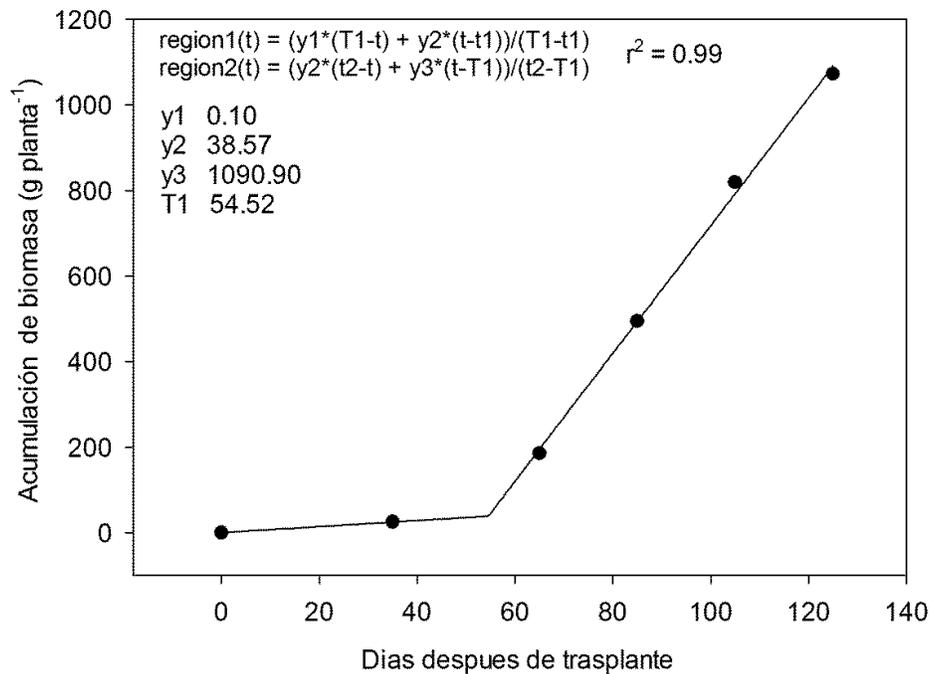


Figura 1. Curva de crecimiento de melón (Sánchez *et al.*, 1998)

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 películas de polietileno de color azul de 1.20 m de ancho y 0.03 mm de espesor, a excepción del testigo (suelo desnudo). 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 colocaron 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 colocadas 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 centibares, estos fueron colocadas 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 del NO_3^- fueron preparadas con sales grado fertilizante (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fertilizantes utilizados en la fertilización del cultivo de melón cv. F1 Cruiser.

Fertilizantes	Formula	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 empleadas 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; fisiológica, rendimiento, materia seca y concentración de nutrientes. La mayoría de estas variables se tomaron al final del ciclo del cultivo, a excepción de las fisiológicas.

Fisiológica

El contenido de clorofila en la planta se realizó a los 60 días después de trasplante utilizando el clorofilímetro Chlorophyll Meter SPAD 502, la lectura se tomó en un periodo de las 11:30 a 12:30 horas tomadas en hojas jóvenes completamente desarrolladas (la cuarta o quinta hoja), con tres mediciones por unidad experimental representativa de la misma.

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. De estos pesos se procedieron 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 K, P, y Mg. El tejido aéreo fue digerido en una mezcla de 2:1 de H₂SO₄:HClO₄ y 2 ml de H₂O₂ al 30% y las muestras digeridas fueron analizadas para la concentración de K, P y Mg se realizó con espectrómetro de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES, model Liberty, VARIAN, Santa Clara, CA) (Soltanpour et al., 1996).

Contenido nutrimental

Para calcular el contenido de los nutrimentos se multiplicó las ppm del elemento por el peso seco de la planta esto se dividió entre 1000 y luego todo esto se dividió entre el peso atómico del elemento.

Diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 2, con un total de cuatro tratamientos y tres repeticiones y con 24 plantas por unidad experimental de los cuales solo fueron evaluadas 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

El contenido de clorofila y materia seca tanto de tallo, hoja y aéreo no fueron afectados significativamente por el acolchado plástico ni por la dosis de fertilización; sin embargo, la interacción de estos factores afectó a la mayoría de las variables antes descritas a excepción del peso seco de hoja (Cuadro 3).

Rendimiento

El rendimiento de las plantas desarrolladas sobre acolchado azul fue mayor que en aquellas crecidas en el suelo desnudo (Cuadro 3). La dosis de NO_3^- igual a 1250 ppm disminuyó el rendimiento de las plantas en comparación con la fertilización del testigo (Cuadro 3).

Clorofila

La clorofila fue influenciada por la interacción entre el acolchado y la dosis de NO_3^- (Figura 2). Las plantas desarrolladas en acolchado azul y fertilización alta, disminuyen el contenido de clorofila comparando con las plantas de melón desarrolladas en acolchado azul y fertilización del testigo; sucede lo contrario en suelo sin acolchar con fertilización alta, que, aumenta en comparación con el suelo sin acolchar con la fertilización del testigo (Figura 2).

Peso seco de tallo

La interacción entre el acolchado plástico azul y las dosis de NO_3^- afectaron significativamente el peso seco de tallo de las plantas de melón (Figura 3). La interacción muestra que las plantas de melón desarrolladas en el acolchado azul con fertilización alta aumenta el peso seco de tallo en comparación con las plantas desarrolladas en el acolchado azul pero con fertilización del testigo (Figura 3). Las plantas desarrolladas en suelo desnudo se comportan diferente pues no se detecta un efecto de la dosis de fertilización.

Peso seco aéreo

El peso seco aéreo muestra que en plantas que se cultivaron en suelo desnudo la fertilización alta disminuye el peso seco aéreo de las mismas en comparación con la fertilización testigo, que en este caso tiende a aumentar (Figura 4). En plantas que se desarrollaron en el acolchado de color azul sucede lo inverso al suelo desnudo, ya que se observa que la fertilización con 1250 ppm aumenta el peso seco aéreo de las plantas en comparación a la fertilización testigo (Figura 4).

Contenido y concentración nutrimental

Cuadro 3. Respuestas del melón a la concentración de nitrato (alta = 1250 ppm de NO₃, baja = 800 ppm de NO₃) y acolchado plástico en plantas de melón cv. F1 Cruiser.

Acolchado	Clorofila unidades SPAD	Peso seco de tallo g planta ⁻¹	Peso seco de hoja g planta ⁻¹	Peso seco aéreo g planta ⁻¹	Rendimiento Kg planta ⁻¹
Azul	48.40 a	69.67 a	78.96 a	148.63 a	2.23 a
Suelo	44.90 a	62.25 a	79.79 a	142.05 a	1.24 b
Anova ($P \leq$)	ns	ns	ns	ns	.05
Fertilización					
Alta	46.22 a	68.53 a	79.07 a	147.61 a	1.50 a
Testigo	47.09 a	63.40 a	79.68 a	143.07 a	1.96 b
Anova ($P \leq$)	ns	ns	ns	ns	ns
Interacción	$P \leq 0.02$	$P \leq 0.05$	ns	$P \leq 0.05$	ns

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

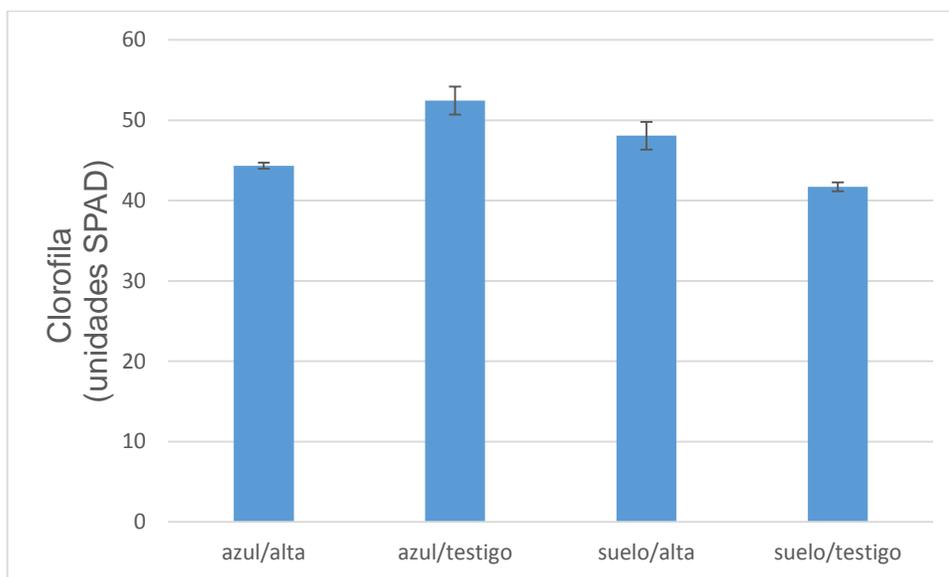


Figura 2. Efecto de la interacción entre el acolchado plástico y las dosis de NO_3^- (alta=1250 ppm; baja=800ppm) sobre la clorofila en plantas de melón cv. F1 Cruiser Las barras indican el error estándar de la media.

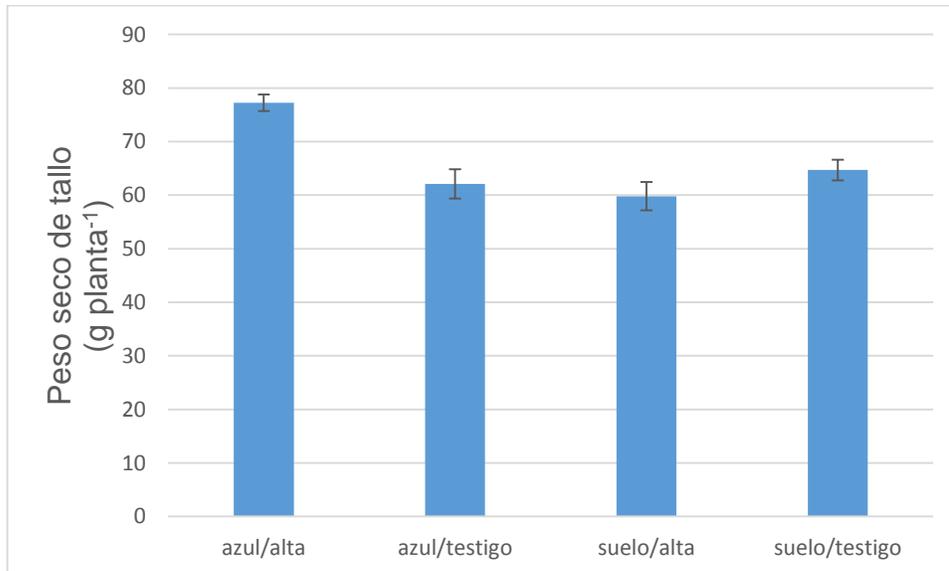


Figura 3. Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO_3^- (alta=1250 ppm; baja=800ppm) sobre el peso seco de tallo en plantas de melón cv. F1 Cruiser. Las barras indican el error estándar de la media.

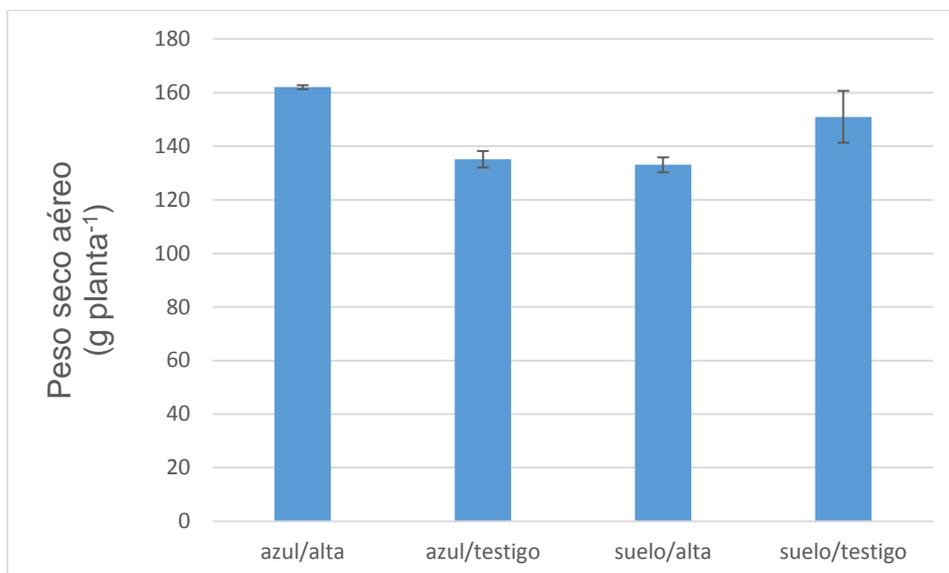


Figura 4. Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO_3^- (alta=1250 ppm; baja=800ppm) sobre el peso seco aéreo en plantas de melón cv. F1 Cruiser. Las barras indican el error estándar de la media.

Concentración y contenido nutrimental

La concentración de P, K y Mg en los tejidos de las plantas de melón no fueron afectadas significativamente por el acolchado de color azul y testigo (Cuadro 4); este mismo efecto se registró en las plantas con las dosis de NO_3^- . Sin embargo, la interacción de estos factores afectó al contenido de P (Cuadro 4).

El contenido de P en las plantas de melón fue influenciado por la interacción entre los acolchados y la dosis de NO_3^- (Cuadro 4) (Figura 5). Las plantas que se desarrollaron sobre el acolchado azul y fertilización alta fueron las que mostraron el mayor el contenido de este nutrimento, mientras que en las plantas desarrolladas sobre el suelo desnudo con fertilización alta disminuye en comparación al suelo desnudo y fertilización testigo (Figura 5).

Cuadro 4. Efecto del acolchado plástico y la fertilización nitrogenada sobre la extracción y la concentración de algunos macronutrientes en plantas de melón cv. F1 Cruiser.

Acolchado	P mg/Kg	K mg/Kg	Mg mg/Kg	P extracción mg/planta ⁻¹	K extracción mg/planta ⁻¹	Mg extracción mg/planta ⁻¹
Suelo	3955.6 a	15959 a	19520 a	535.97 a	2333.2 a	2333.2 a
Azul	3567.0 a	16133 a	19107 a	558.53 a	2681.2 a	2681.2 a
Anova ($P \leq$)	ns	ns	Ns	ns	Ns	ns
Fertilización						
Test	3603.7 a	17493 a	19197 a	514.67 a	2546.4 a	2546.4 a
Alta	3918.8 a	16677 a	19430 a	579.83 a	2468.0 a	2468.0 a
Anova ($P \leq$)	ns	ns	ns	ns	Ns	ns
Interacción	ns	ns	ns	0.05	Ns	ns

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

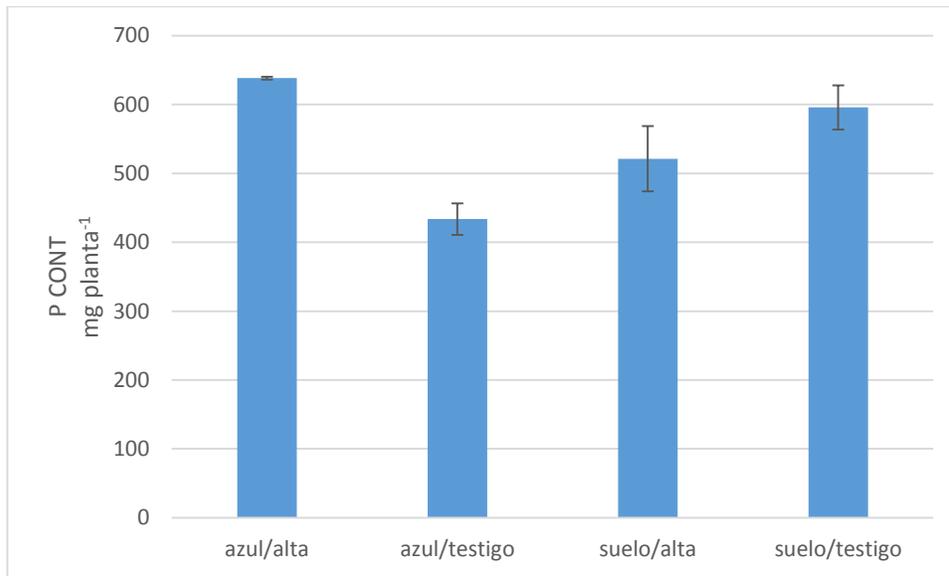


Figura 5. Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO₃⁻ (alta=1250 ppm; baja=800ppm) el contenido de P en plantas de melón variedad (F1 Cruiser). Las barras indican el error estándar de la media.

El aumento de la concentración de P y Mg en el tejido de las plantas estuvo asociado linealmente con la transpiración, pues a medida que se aumenta la concentración de estos dos elementos en el tejido vegetal, disminuye el contenido

de clorofila (Figura 6 y 7). Sin embargo asociando el K con el contenido de clorofila, observamos que, entre mayor concentración de K se encuentre en el tejido vegetal, encontramos un aumento en la clorofila (Figura 8).

Los resultados también muestran que la concentración de K, relacionado con el peso seco aéreo, de tallo y de hoja está muy asociadas, nos dice que conforme se aumenta el contenido del mineral estas variables aumentan de la misma forma, pero llega el momento en que la concentración de K es muy alta y como consecuencia el peso seco en las diferentes modalidades antes dichas suelen a disminuir su peso (Figura 9,10 y 11).

El aumento de la concentración de Mg en el tejido de las plantas estuvo asociado linealmente con el peso seco aéreo y de hoja de las plantas de melón, pues a medida que aumenta la concentración de Mg en el tejido vegetal, incrementa los pesos secos ya mencionados (Figura 12 y 13).

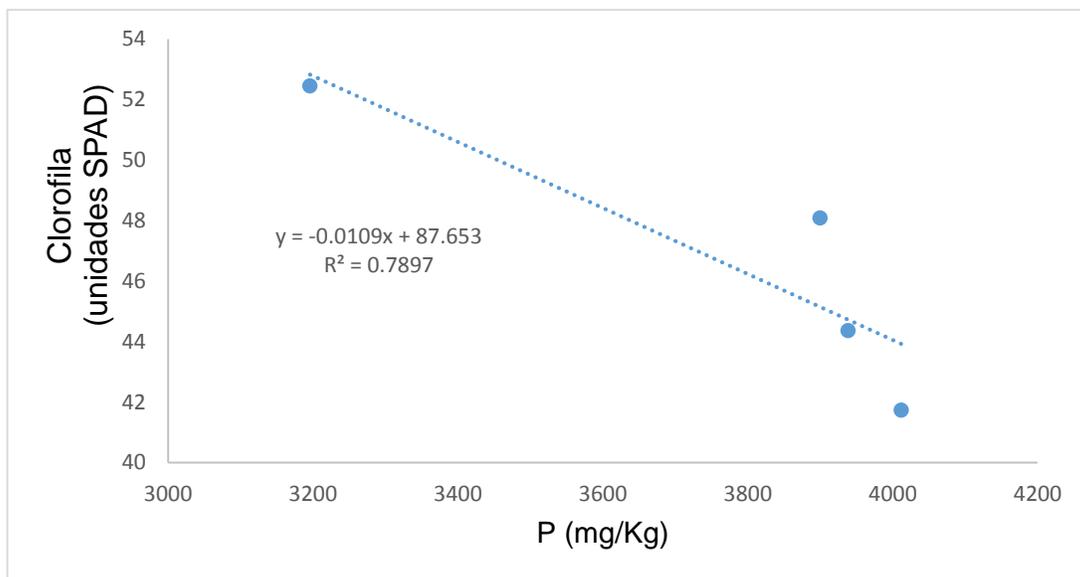


Figura 6. Efecto de la concentración de P en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el contenido de clorofila.

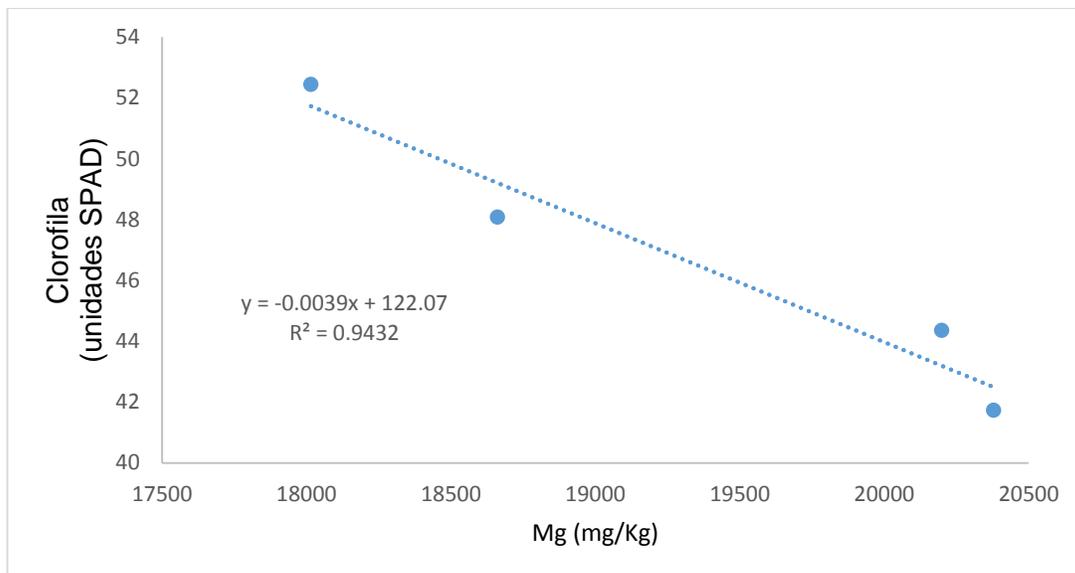


Figura 7. Efecto de la concentración de Mg en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el contenido de clorofila.

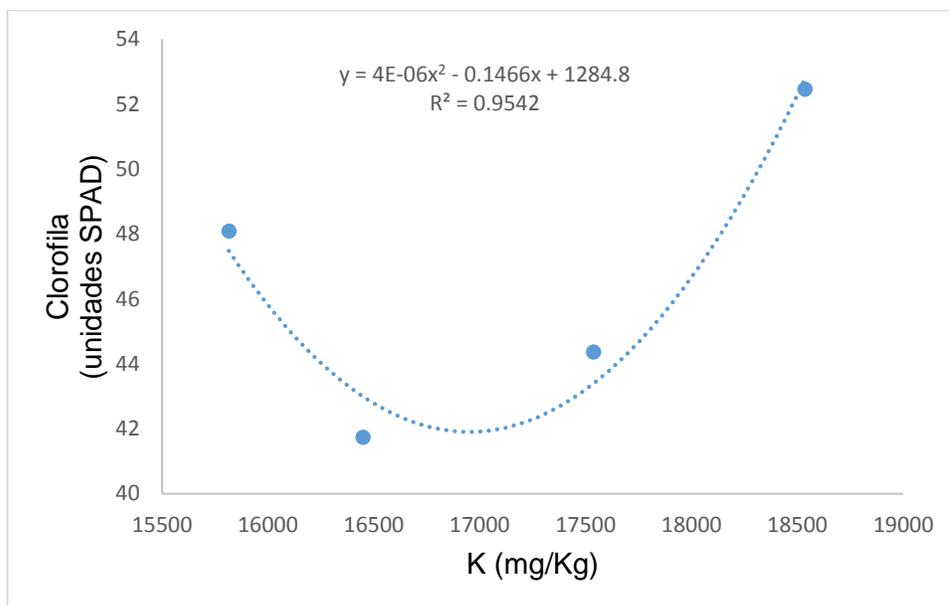


Figura 8. Efecto de la concentración de K en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el contenido de la Clorofila.

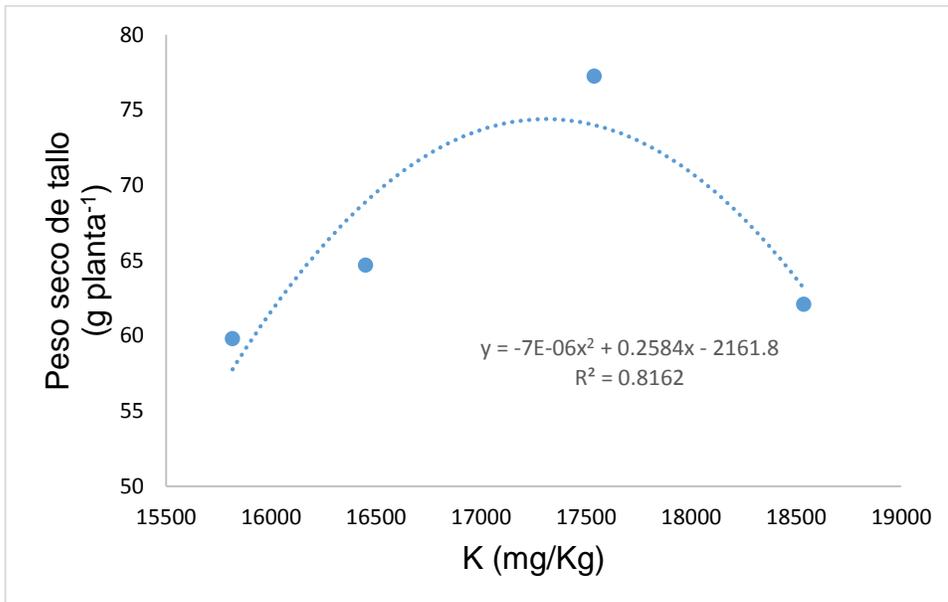


Figura 9. Efecto de la concentración de K en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el peso seco de tallo.

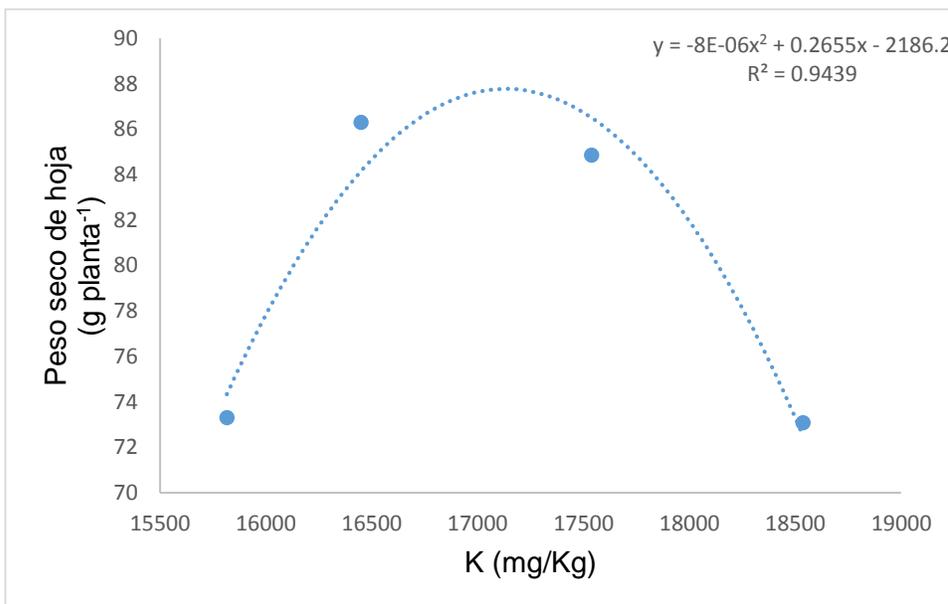


Figura 10. Efecto de la concentración de K en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el peso seco de hoja.

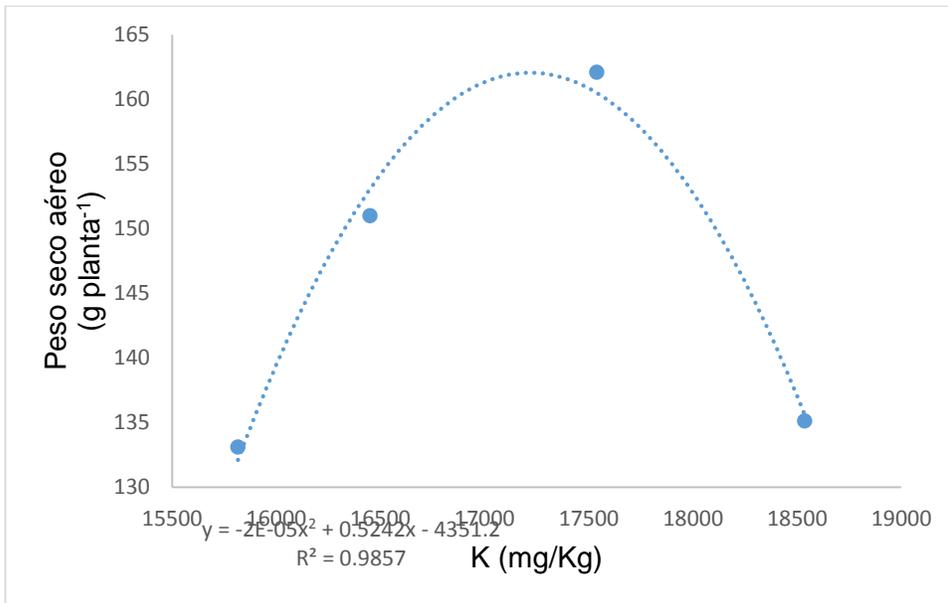


Figura 11. Efecto de la concentración de K en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el peso seco aéreo.

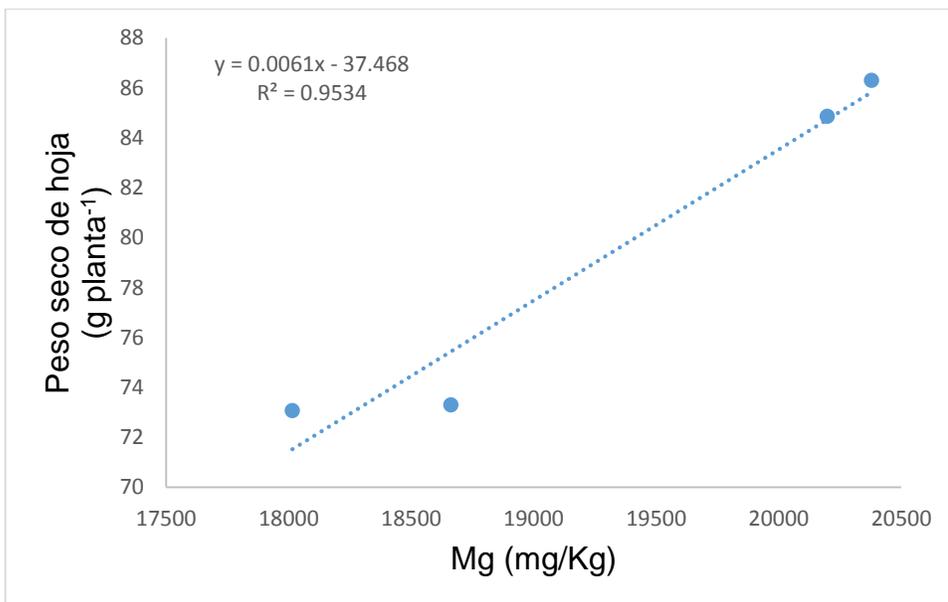


Figura 12. Efecto de la concentración de Mg en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el peso seco de la hoja.

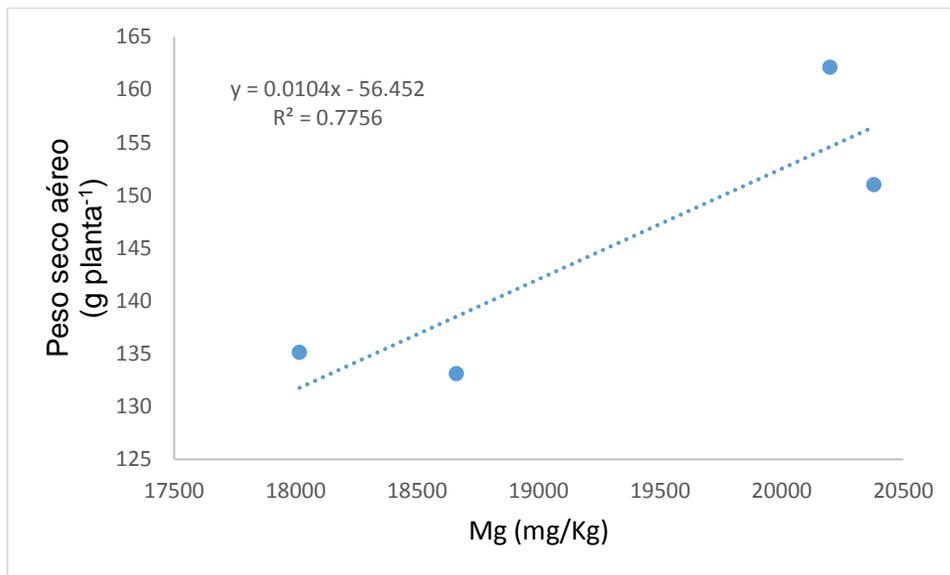


Figura 13. Efecto de la concentración de Mg en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser en el peso seco aéreo.

VIII. DISCUSION

La utilización de acolchados plásticos ha dado buenos resultados para favorecer un rápido crecimiento e incrementar los rendimientos en melón (Estévez, 1996). En este estudio se observó un mayor rendimiento en las plantas desarrolladas sobre el acolchado azul, lo que coincide con Zermeño-González *et al.* (2009), quienes obtuvieron el mayor rendimiento de frutos de primera calidad (16.51 ton/ha) y rendimiento total (38.47 ton/ha) cuando se empleó el acolchado de color azul.

Adentuji (1993), trabajando con acolchado orgánico en lechuga, encontró que redujo la temperatura diurna del suelo y conservó la humedad de éste, produciendo un rendimiento significativamente mayor que en suelo desnudo, este fenómeno probablemente sucedió en el experimento que se realizó, he hizo que también el rendimiento fuera mayor en las plantas cultivadas en el acolchado azul.

Castillo (1998) trabajando con brócoli, donde los tratamientos consistieron en cobertura de suelos con filmes de polietileno de baja y alta densidad, transparente y de colores: blanco, gris humo, negro, aluminizado, verde, azul, coextruido blanco-negro y café-negro, además de un testigo con suelo desnudo, encontró que los rendimientos alcanzados con los diferentes tratamientos de polietileno en promedio superaron en un 35 % al testigo sin acolchar, lo que coincide con los resultados que se obtuvieron en este trabajo experimental donde observamos superioridad del rendimiento en plantas desarrolladas en el acolchado azul que en las plantas desarrolladas en suelo desnudo.

El incremento en rendimiento al color del polietileno puede variar críticamente por la temperatura y la humedad presente en aire y suelo bajo diferentes colores de plástico para acolchado (Decoteau et al., 1989). Bajo las condiciones de nuestro experimento el acolchado azul exhibió superioridad en el rendimiento en comparación con el testigo que fue en suelo desnudo.

El acolchado plástico, tiene muchas ventajas para los usuarios, tales como ahorro de agua, incremento en la producción precoz y producción total, además de un

cierto control de plagas, enfermedades y malezas (Liakatas et al., 1986). El acolchado azul favoreció el rendimiento total del melón tal como lo reportan Flores e Ibarra (1998) quienes establecieron tratamientos con pimiento con tres dosis de fertilización y acolchados de color azul, verde, negro y un testigo sin acolchar, encontraron que los mayores rendimientos se obtuvieron con el acolchado azul; contrario a los resultados presentados por Mancillas (2001) en sandía, quien encontró que los mejores rendimientos de brócoli se obtuvieron con el acolchado blanco con 9.34 ton ha^{-1} , seguido por el acolchado verde y naranja con 7.8 y 6.9 ton ha^{-1} en condiciones de invierno; el acolchado naranja fue el que menor temperatura registró. Estos resultados indican que los colores de plástico responden de acuerdo a la estación de producción del cultivo.

El estado nutricional de las hortalizas está relacionado con el rendimiento y calidad de la cosecha y se ve afectado por diversos factores como las propiedades físicas y químicas del suelo, la fertilización aplicada, la precipitación y el riego, la demanda del cultivo y sus interacciones con otros factores presentes en el suelo (Grageda, 1999). Es bien conocido que el N estimula el crecimiento de la planta (Castellanos, 2012), además de que es un nutriente esencial para la fotosíntesis (Yáñez *et al.*, 2014). En el presente estudio, las plantas fertilizadas con NO_3^- tuvieron un mayor rendimiento de fruto cuando se le aplicó la dosis alta de este nutrimento, esto 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, ya que la producción fue directamente proporcional a la aplicación de este nutrimento; aumentó 1.8 y 1.5 veces más cuando se aplicó la dosis más alta de N que cuando se suprimió el elemento. También Al-Assir et al. (1992) trabajando en lechuga de tipo cos encontraron que el nivel de NO_3^- del suelo fue mayor en los suelos con acolchado que en los descubiertos y concluyeron que cultivada en climas moderados y suelos con adecuado nivel de N estas responde de mejor manera al uso de polietileno transparente, esto coincide con los resultados obtenidos en este experimento.

La acumulación de materia seca aérea, fue mayor en las plantas de melón desarrolladas sobre el acolchado azul, con respecto al testigo. Los resultados obtenidos en este estudio son semejantes con los obtenidos por Ojeda (2003), quien reporta que en los acolchados plásticos de distintos colores el crecimiento vegetativo y rendimiento de pepino tuvieron mayor peso seco de planta con respecto al testigo.

El nitrógeno se halla en la formación de las hormonas, de los ácidos nucleicos y de la clorofila (Rodríguez, 1999) La diferencia de producción de materia seca entre los tratamientos acolchado azul y suelo desnudo se pudo deber a una mayor disponibilidad de agua y al incremento de la temperatura del suelo del acolchado, lo que provocó una alta eficiencia en el aprovechamiento de agua y nutrientes, resultados que coinciden con estudios anteriores (Tarara, 2000). En la mayoría de los cultivos, el N ocasiona incrementos en el área foliar (AF) y en el índice de área foliar (IAF), lo cual puede ser producto de un mayor número y tamaño de hojas (McCullough *et al.*, 1994).

El K muestra una importante relación con el peso seco aéreo el cual al aumentar este elemento, se observó un incremento en materia seca aunque llega un momento en que entre mayor es la concentración del elemento, la materia seca tiende a disminuir. Esto coincide con Klossowski y Debska (1985), que obtuvieron incrementos en los rendimientos en cebolla con aplicaciones de 50 kg de Mg como sulfato de magnesio a suelos deficientes (30-70 mg.kg⁻¹). También Tremblay y Senécal (1988) encontraron que dosis relativamente altas de K en melón incrementan el diámetro del tallo y la altura de planta, sin disminuir el peso seco de la raíz.

Las variaciones dentro de la planta de concentración de K son fundamentales en el mantenimiento del potencial osmótico de células y tejidos, especialmente en la apertura y cierre estomático y en la turgencia de las plántulas. (Guzmán, 2002). Esto coincide con lo obtenido en este experimento en el cual encontramos una relación en la que aumenta el contenido de K en las plantas de melón y, del mismo modo aumenta el contenido de clorofila la cual está muy influenciada por la

apertura y el cierre de estomas, que aunque no se tomó en cuenta la medición del contenido de clorofila, por consecuencia tendería a aumentar y se ha de reflejar en un mayor rendimiento.

Alta dosis de N inducen absorción de Mg en caña de azúcar (Anderson, 1992), comparándolo con los resultados de este experimento, no damos cuenta de que el Mg muestra una importante relación con el peso seco aéreo el cual al aumentar este elemento, se observó un incremento en materia seca, que como consecuencia se debe de reflejar en el rendimiento de la planta. Esto coincide con Klossowski y Debska (1985), que obtuvieron incrementos en los rendimientos en cebolla con aplicaciones de 50 kg de Mg como sulfato de magnesio a suelos deficientes (30-70 mg.kg⁻¹).

IX. CONCLUSIONES

La dosis alta de NO_3^- aumenta el rendimiento en las plantas de melón.

El incremento logrado por el acolchado azul y el aumento en la dosis de NO_3^- se presentó más acentuado cuando estos se combinaron, por lo que se recomienda elevar la dosis de fertilización cuando se emplea este sistema de producción.

X. LITERATURA CITADA

Acosta, R.G., Galván, L.F., Quiñones, P., 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, Mexico. [en línea] <http://www.agronet.com.mx/cgi/cultives.cgi?Valley=Valle%20del%20Yaqui&Cultive=Melón&Title=>, citada en 2005.

Alcántar, G. y Trejo, T.L. (2007). Nutrición de cultivos. Ediciones Mundi-Prensa y Colegio de Postgraduados. México. Pp. 432.

Alcántar, G., Villareal, M. y Aguilar, A. (1999). Tomato growth (*Lycopersicon esculentum* Mill), and nutrient utilization in response to varying fertigation programs. Proc. Int. Sym. Growing Media and Hydroponics. Acta Horticulturae, 481:385-391 Pp.

Alexander, P. (1992). Biología, Prentice Hall. New Jersey. Printed in USA; 57-67 Pp.

Anderson, D.L. (1992). The sugarcane plant and magnesium. Sugar Journal 55 (1):12 Pp.

Anónimo. (2007). Sistema de Información Agrícola y Pecuaria. Estadísticas por estado. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F. 155 Pp.

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.

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 Agronegocios*, 12: 582-595 Pp.

ASERCA, (2000). El Melón Mexicano; Ejemplo de Tecnología Aplicada. *Revista Claridades Agropecuarias # 84*. México, D.F.

Azofeifa, A. y Moreira, M.A. (2005). Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annum* CV. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica. *Agron. Costarricense* 29: 77-84 Pp.

Beadle, C.L., Long, S.P., Imbamba, S.K.D., Hall, D.C. and Olemb, R.J. (1985). *Photosynthesis in Relation to Plant production in terrestrial environments*. Ticooly Publishing limited. Oxford, England. Pp. 156.

Berglund, R., Svensson, B. and Gertsson, U. (2006). Impact of plastic mulch and poultry manure on plant establishment in organic strawberry production. *Journal of Plant Nutrition* 29:103-112 Pp.

Bertsch, F. (2003). Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 307 Pp.

Boll, J., Steenhuis, T.S. y Selker, J.S. (1992). Fiberglass wicks for sampling water and solutes in the vadose zone. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 701- 707 Pp.

Bonilla, I. (2000). Introducción a la nutrición mineral de las plantas. pp. 83-91. En: Azcon-Bieto, J. y Talón M. (eds.). *Fundamentos de fisiología vegetal*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid, España.

Briassoulis, D. (2006). Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. *Polymer Degradations and Stability*, 91: 1256-1272 Pp.

Briggs, L. y McCall, A. (1904). An artificial root for inducing capillary movement of soil moisture. *Science*, 20:566-569 Pp.

- Bugarin, R., Galvis, A., Sánchez, P., García, D. (2002). Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total de tomate. *Terra*, 20(4):401-409 Pp.
- Burgueño, (1999). La fertirrigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico. Bursag. S.A de C.V. *Horticultura mexicana*, 3: 28-54 Pp.
- Burgueño, H. (1994). “Los análisis de savia y el manejo de fertigación en los cultivos hortícolas con acolchado plástico” In: 2° Congreso Internacional de Nuevas Tecnologías Agrícolas. Bursag Nuevo Vallarta, Nayarit, México.
- Cadahia, C. (2000). *Fertirrigación-cultivos hortícolas y ornamentales*. Ediciones Mundiprensa. Venezuela.
- Cadahía, C. (1988). *Fertirrigación de cultivos Hortícolas y ornamentales*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Calvache, M. (1999). Absorción de Nutrientes y su uso en programas de fertirrigación. Facultad de Ciencias Agrícolas, instituto de Post-grado. Quito. 60 Pp.
- Calvache, M. (2002). Riegos Localizados de Alta Frecuencia. Simposio Internacional “Salinidad del suelo: causas y control” (1,2002 PORTOVIEJO, Ec.) Memorias. Portoviejo: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. 29 Pp.
- Carnol, M., Ineson, P., 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.
- Castaños, C.M. (1993). *Horticultura: Manejo simplificado*. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección General del Patronato Universitario, Chapingo, México. Pp. 241-243.
- 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 Pp.

Castillo, M. (1998). Efecto de diversos tipos de acolchados plásticos sobre la temperatura del suelo y su influencia sobre el desarrollo de malezas, precocidad y rendimiento de un cultivo de brócoli. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Fac. Ciencias Agronómicas.

CENAMAR. (1983). Memorias. El uso de plásticos en agricultura. Gómez Palacio, Durango. México.

Cenobio-Pedro, G., Mendoza-Moreno, S.F., Sánchez-Cohen, I., Inzunza-Ibarra, M.A. (2004). Respuesta de la sandía (*Citrullus lanathus* T.) a diferentes colores de acolchado plástico y riego por goteo cintilla. Rev. Chapingo S. Z. Áridas 3:89–97 Pp.

Chaudhry, M.R., Aziz, A.M. and Sidhu, M. (2004). Mulching impact on moisture conservation, soil properties and plant growth. Pakistan J. Water. Res., (82): 1-8 Pp.

Chermnykh, L. and Kosobrukhov, A. (1998). Effect of environmental factors of optimum temperature on photosynthetic intensity of plant adapted to various conditions. Hort. Abst 58 (11): 942 Pp.

Claridades Agropecuarias. (2000). Melón Mexicano Ejemplo de Tecnología. Sección Abriendo surcos. (Fecha de consulta: 26-06-2010) En línea: <http://www.aserca.gob.mx/sicsa/claridades/revistas/084/ca084.pdf#page=35>COFU

Cuellar-Díaz, G. (1994). Tipo de siembra y acolchado en el establecimiento, crecimiento, producción y calidad del melón (*Cucumis melo* L.) UANL, N.L. México.

Davis & Masten, Ingeniería y Ciencias Ambientales, 2005, Pp. 200.

Daza, H.G. (1997). Producción de melón (*Cucumis melo*) con acolchado y microtúneles en la Comarca Lagunera. Tesis Profesional. URUZA. UACH. Bermejillo, Durango. México.

De la Rosa, I. M. (1997). Apuntes de fisiología vegetal. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 22 Pp.

Decoteau, D.R, Kasperbauer, M. J., and Hunt, P. G. (1989). Mulch surface color affects yield of fresh-market tomatoes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 114: 216-219 Pp.

Díaz-Pérez, J.C., Phatak, S.C., Giddings, D., Bertrand, D., Mills, H.A. (2005). Root zone temperature, plant growth, and fruit yield of tomatillo as affected by plastic film mulch. *HortScience*, 40:1312–1319 Pp.

Díaz, P. J. C. (2002). Colored plastic film mulches Affect tomato Growth and Yield via Changes in root zone temperature. Department of horticulture university of Georgia. *J. Amer. Soc. Hort. Science.* 127(1): 127-136 Pp.

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 Pp.

Ediho. (1999). Propiedades de los films plásticos agrícolas y principales aplicaciones. http://www.ediho.es/horticom/tem_aut/plastic/laminas.html.

Eichin, R. y Deiser, E. (1991). Paper mulch in cabbage lettuce. *Horticultural Abstracts* 61:3675 Pp.

Epstein, E. y Bloom, A.J. (2005). Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. Sinauer Associates, Sunderland, MA. 400 Pp.

Espi, E., Salmerón, A., Fontecha, A., García, Y., Real, A.I. (2006). Plastic films for agricultural applications. *J. Plastic Film Sheeting.* 22(2):85-102 Pp.

Espinoza, A.J., Cano, P.R. y Omna, I.C. (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 Agronegocios* 12:582-595 Pp.

Espinoza A., J.J., Lozada M., Leyva S. y Cano P. (2009). Posibilidades actuales de aprovechar en la Comarca Lagunera la reapertura del mercado de los Estados Unidos de América al melón cantaloupe mexicano. Folleto técnico Num. 16, ISBN: 978-607-425-169-2. Campo Experimental de la Laguna de INIFAP. Matamoros, Coah. 54 Pp.

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. y Jones, Ch.A. (1997). Growth and mineral nutrition of fields crops. 2nd edition. Marcel Dekker, Inc. New York, E.U.A.

Fan, T., Stewart, B.A., Payne, W.A., Wang, Y., Song, S., Luo, J. and Robinson, C.A. (2005). Supplemental irrigation and water- yield relationships for plasticulture crops in the loess plateau of China. *Agronomy Journal* 97(1): 177-188 Pp.

Fernandez, B., J. M. (1992). Apuntes de introducción a la Fisiología Vegetal. Curso de maestría. UAAAN. Sin editar.

Flores, V.J. y Ibarra, J.L. (1998). Cultivation of peppers using plastics mulch with coloured films and nutrient irrigation. *Plasticulture*. 1998, No. 116: 16-26 Pp.

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).1998.

Foshee, W., Goff, W., Tilit, K., Williams, J. (1996). Organic mulches increase growth of young Pecan trees. *HortScience*, 31(5): 811-812 Pp.

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

González, A., Romero, E., Orihuela D., Garrido, R., Carpena, R. M., Rodríguez, A. R., 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., Fernández, J.A., Martín, P., Rodríguez, R., López, J., Bañón, S., Franco, J.A. (2003). Behaviour of biodegradable film for mulching in open-air melon cultivation in South-East Spain. KTBL-Schrif.t, 71-77 Pp.

González-Viñas, W. y Mancini, H.L. (2003). Ciencia de los Materiales. Editorial Ariel Ciencia (España). 240 Pp.

Gonzalo, C.R. (2009). Manejo de suelos en condiciones de escasez de agua. <http://www.dipalme.com>

Grajeda, J.G. (1999). La fertilización en hortalizas. INIFAP- Campo Experimental Costa de Hermosillo, México. Folleto Técnico No. 19.

Guzmán, M. (2004). Fertilización, Población, Agua, Suelo y Fertilizante, Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el Desarrollo. Almería, España.

Guzmán, P.M. (2002). Acondicionamiento nutritivo en semilleros y repuesta Postrasplante en hortalizas. Universidad de Almería España.

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

Hallidri, M. (2001). Comparison of the different mulching materials on the growth, yield and quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.). Acta Horticulturae (ISHI) 559(2): 49-54 Pp.

Harfa Chemicals LTD. (1993). El Fertilizante ideal para sistemas de Fertirrigación. Boletín técnico. Israel.

Hatfield, J.L. y Burke, J.J. (1991). Energy exchange and leaf temperature behaviour of three plant species. Environmental and Experimental Botany 31 (3), 295-302 Pp.

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

Hernández, B.M. (1992). Análisis de las variables técnicas y de mercadeo a considerar en la exportación de melón de la Comarca Lagunera. Tesis Ingeniero Agrónomo. UAAAN. Saltillo, Coahuila. México. 75 Pp.

Hernández, M.J., García S., J.A., Mora F., J.S., García M.R., Valdivia A.R., Portillo V.M. (2006). Efectos de la eliminación de aranceles sobre las exportaciones de melón (*Cucumis melo* L.) de México a los Estados Unidos. *Agrociencia*. 40: 395-407 Pp.

Hollan, D.F., Yitayew, M., 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>

Huber, D.M. (1989). Introduction. pp. 1-8. In: A.W. Engelhard (ed.). *Soilborne plant pathogen: management of disease with macro and microelements*. APS Press. St. Paul, Minnesota. EUA.

Ibarra, L.; Flores, J. and Díaz, P.J.L. (2001). Growth and yield of muskmelon in response to plastic mulch and row covers. *Scientia Horticulturae*. 87(1):139-145 Pp.

Ibarra-Jiménez, L., Lira-Saldivar, R.H., Valdez, L.A., Lozano del Rio, J. (2011). Colored plastic mulches affect soil temperature and tuber production of potato *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*, 61: 365-371 Pp.

Imas, P. (2009). Manejo de nutrientes por fertirriego en sistemas frutihortícolas (en línea). Consultado 16 jul. 2009. Disponible en <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r16614.DOC>

International Society of Arboriculture, (2009). Técnicas apropiadas para aplicar el mulch. http://www.isahispana.com/treecare/resources/mulching_spanish.pdf

Introducción Itesm. (2002). Generalidades de acolchado. <http://www.qro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/DaacolchadoGeneralidades.html>.

Jaynes, D.F. y Rice, R. (1993). transport of solutes as affected by irrigation method. Soil Science Society of America. Madison. 57 (5) 1348-1353 Pp.

Jeminson, J.M. y Fox, R.H. (1994). Nitrate leaching from nitrogen-fertilized and manured corn massured with zero-tension pan lysimeters. J. Environ. Qual., 23, 337-343 Pp.

Jia, Y., Li, F.M., Wang, X.L. and Yang, S.M. (2006). Soil water and alfalfa yields as affected by alternating ridges and furrows in rainfall harvest in a semiarid environment. Field Crops Res., 97: 167-175 Pp.

Jolliet, O. (1993). Modelling of water uptake, transpiration and humidity in greenhouses, and of their effects on crops. Acta Hort. 328, 69-78 Pp.

Jones, C. and Jacobsen, J. (2001). Nitrogen cycling, testing and fertilizer recommendations. Nutrient management module 3. Montana State University Extension Service. Publication 4449-3 Pp.

Kapanen, A., Schettini, E., Vox, G., Itavaara, M. (2008). Performance and environmental impact of biodegradable films in agriculture: a field study on protected cultivation. J. Polym. Environ. 16:109-122 Pp.

Kasperbauer, M. J. (1999). Colored mulch for food crops. Am. Chem. Soc. Chemtech 29: 45-50 Pp.

Kitano, M., Eguchi, H., Matsui, T. (1983). Analysis of heat balance of leaf with reference to stomatal responses to environmental factors. Biotronics 12, 12-27 Pp.

Knowles, L., Trimble, R. y 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. y 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.
- Liakatas, A., Clark, J.A., Montieth, J.L. (1986). Measurements of the heat balance under plastic mulches. Part I. Radiation balance and soil heat flux. *Agr. For. Meteorol.* 36: 227-239 Pp.
- Lalitha, B.S., Nagaraj, K.H., Anard, T.N. (2001). Effect of soil solarisation on weed dynamics and yield of groundnut-tomato sequence. *Mysore J. Agric. Sci.*, 35 (3): 226–231 Pp.
- Lamont, W.J. (1993.) Plastic mulches for the production of vegetable crops. *HortTech.*, 3: 35-39 Pp.
- Lamont, W., Hensley, D., Wiest, S., Gaussoin, R., (1993). Relay intercropping muskmelons with Scots pine Christmas trees using plastic mulch and drip irrigation. *Hortscience* 28: 177-178 Pp.
- Lanwrence, J., Hendry M., Zanyk, B., Wolfaardt, G. (1995). Transport and fate of the herbicide ciclofop-methyl in a large-scale physical model. *Journal of Contaminant Hydrology.* 19: 1, 69-83; 34 Pp.
- Lao, M.T., Jiménez, S., Zanyk B., Wolfaardt, G. (1995). Transport and fate of the herbicide ciclofop-methyl in a large-scale physical model. *Journal of Contaminant Hydrology.* 19: 1, 69-83; 34 Pp.
- Leal, G.R. (2007). Influence of Reflective Mulch on Pinot noir Grape and Wine Quality. Master of Applied Science, Lincoln University. New Zealand.
- Levecchia, G. (1994). Producción de plántulas con alta tecnología en invernadero. *Rev. Productores de Hortalizas.* Año 3 No. 9, Septiembre, Publicaciones Periódicas México D. F.
- Li, M.Z., Li, F.M., Jin, S.L., Song, Y. (2009). How two ridges and the furrow mulched with plastic film affect soil water, soil temperature and yield of maize on the semiarid Loess Pl.

- Mancillas, N.T. (2001). Acolchados plásticos de colores y su efecto sobre eventos micrometeorológicos y rendimiento del brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). Tesis profesional. URUZA – UACH. Bermejillo, Dgo., México
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. second edition. 889 Pp. London: Academic Press, 29.95 (paperback).
- Martí, F.G. (1997). Productividad del melón. Revista.Productores de Hortalizas.
- Martínez, S.J. (1997). Técnicas del acolchado con plástico en la producción de hortalizas. En módulos demostrativos del “25 Aniversario del CENIDRASPA”. Gómez Palacio, Durango, México.
- Matzner, E., Pijpers, M., Hollanda, W., 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(2) 445-454 Pp.
- Maurya, P.R. y Lal, R., 1981. Effect of different mulch materials on soil and on root growth and yield of maize and cowpea. Field Crops Res., 4: 33-45 Pp.
- Medeiros, J.F., de Silva, M.C., Câmara Neto, F.G., Almeida, H.B., Souza O.J., Negreiros, M.Z., Soares, S.P.F. (2006). Crescimento e produção do melão cultivado sob cobertura de solo e diferentes frequências de irrigação. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient. 10(4):792-797 Pp.
- Mejia, J. y Calvache, M. (2002). Respuesta al encalado y formas de aplicación de fosforo en el cultivo de tomate riñón (*Solanum Lycopersicum*) bajo invernadero en Maldonado, Carchi. Revista Rumipamba. Vol. XVI. Pp 87.
- Mendoza-Moreno, S.F., Inzunza-Ibarra, M.A., Morán Martínez, R., Sánchez-Cohen, I., Catalán-Valencia, E.A., Villa-Castorena, M. (2005). Respuesta de la sandía al acolchado plástico, fertilización, siembra directa y trasplante. Rev. Fitotec. Mex. 28:351–357 Pp.
- Mengel, K., Kirkby, E.A., Kosegarten, H. y Appel, T. (2001). Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 849 Pp.

Misle, E., (2006). Determinación alométrica entre absorción mineral y biomasa en diferentes especies cultivadas (ciencia e investigación agraria) Cien.Inv. Agr. 33(1):67-71 Pp.

Molina, E., Salas, R.E., Castro, A. (1993). Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) en Alajuela. Agronomía Costarricense 17(1):67-73 Pp.

Munguía, J., Zermeño, A., Quezada, R., De La Rosa, M.L., 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.

Munguía, J., Zermeño, A., Quezada, R., De La Rosa, M., Ibarra, L., Torres, A. diciembre (2004). Relación entre los componentes del balance de energía y la resistencia estomática en el cultivo de melón bajo acolchado plástico.

Ngouajio, M. and Ernest, J. (2005). Changes in the physical, optical, and thermal properties of polyethylene mulches during double cropping. HortScience., 40: 94-97 Pp.

Novak, M., Bottrell, S., Groscheova, H., Buzek, F., 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.

Orzolek, M. D., Murphy, J. and Ciardi, J. (1993). The effect of colored polyethylene mulch on the yield of squash, tomato and cauliflower. The Pennsylvania State University. Proc. Nat. Ag. Plastics Cong. 24: 157-161 Pp.

Orzolek, M. D., Otjen, L. and Fleck, J.E. (2000). Effect of colored mulch plastic on to mato production. Proc. Natl. Agr. Plast. Cong. 29:324-330 Pp.

Pearcy, R.W., Schulze, E.D., Zimmermann, R. (1991). Measurement of transpiration and leaf conductance. *Plant Physiol. Ecol.* Ed. Chapman and Hall, 457 Pp.

Peña, E. (1998). *Manual Práctico de fertirriego*. Instituto Mexicano de tecnología del agua. México.

Pérez, Z.O., Cigales, R.M., Orozco, S.M. y Pérez, C.E.G. (2004). Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en melón Cantaloupe. Parte II. *Agrociencia*. 38:261-272 Pp.

Perrinjanier, C., Schiavon, M., Portal, J., Breuzin, C., Babut, M. (1997). Porous cups for pesticides monitoring in soil solution laboratory tests. *Chemosphere*. 26(12): 2231-2239 Pp.

Philips, *Artificial Lighting in Horticulture*, Philips, The Neteherlands. (1992).

Plants for a Future: Cucumis melo. Devon, UK [en línea] http://www.ibiblio.org/pfaf/cgi-bin/arr_html?Cucumis+melo&CAN=LATIND, Citada en: 2005

Rajapakse, N.C. y Shahak, Y. (2007). Light-quality manipulation by horticulture industry. pp. 290-312. In: Whitelam, G.C. and K.J. Halliday (eds.). *Light and plant development*. Blackwell publishing. Oxford. 313 Pp.

Rangarajan A. y Ingall. (2001). Mulch color affects radicchio quality and yield. *HortScience* 36:1240–1243 Pp.

Ramakrishna. A., Tam, H.M., Wani, S.P., 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 Pp.

Rincon, L., Sáez, J., Pérez, J., Pellicer, C. Y Gómez, M. (1998). Crecimiento y absorción del Melón bajo invernadero. (Investigacion agraria en producción y protección vegetal) *Invest. Agr: Prod. Prot. Veg.* 13:111-120 Pp.

- Ritcher, G. (1972). Fisiología DEL Metabolismo de las plantas. Edit. CECSA., México.
- Robinson, D. (1988). Mulches and herbicides in ornamental plantings. Hortscience., 23: 547-552 Pp.
- Robledo, de P.F. (1988). Aplicación de los plásticos en la agricultura. 2ª edición. Ediciones mundi prensa. Madrid España.
- Rodríguez, S.F. (1999). Fertilizantes, Nutrición Vegetal, 4a reimpresión. AGT editor. México, D.F. Pp.157.
- Salisbury, B.F. y Ross F.R. (1992). Fisiología Vegetal Editorial Interamericana. 1º ed. México, DF. Pp. 300.
- Samra, J.S. y Arora, Y.K. (1997). Mineral nutrition. pp. 175-201. En: Litz, R.E. (ed.). The mango: botany, production and uses. CAB International. 587 Pp.
- Sanchez-Diaz A. *et al.* (1998). The Cdk inhibitors p25rum1 and p40SIC1 are functional homologues that play similar roles in the regulation of the cell cycle in fission and budding yeast. J Cell Sci 111 (Pt 6):843-51.
- Sancho, H. (1999). Curvas de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programa de fertilización. Instituto de la Potasa y el fósforo. Informaciones Agronómicas 36: 11-13 Pp.
- Sandoval, M., Sánchez, P., Alcántar, G. (2007). Principios de la hidroponía y del fertirriego. Pp. 373-438. In: G. Alcántar y L. Trejo (eds.). Nutrición de cultivos. Mundi Prensa y Colegio de Postgraduados. México, D. F.
- Santos, B.M. y Obregón, H.A. (2009). Prácticas culturales para la producción comercial de fresas en Florida. Depto. Horticultural Sci., Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida. U. de Florida. 15 Pp.
- Schmidt, J.R. y Worthington, J.W. (1998). Modifying heat unit accumulation with contrasting colours of polyethylene mulch. HortScience 33:210–214 Pp.

Schopfer, P. y Brennicke, A. (2006). *Pflanzenphysiologie*. Elsevier GmbH, Munich. 700 Pp.

Shenk, M.D. (1996). Prácticas culturales para el manejo de malezas. Pp: 173-179
En: Organización de la Naciones Unidas para la agricultura y alimentación (Ed.)
Manejo de Malezas para países en desarrollo. FAO, Roma, Italia.

Silva, M.C. de C., Medeiros, J.F., Negreiros, M.Z., Sousa, V.F. (2005).
Produtividade de frutos do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de
irrigação, com e sem cobertura do solo. Hort. Bras. 23(2):202-205 Pp.

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

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

Snyder, RG. (2006). Guía del cultivo del tomate en invernaderos. Mississippi, US.
Servicio de Extensión de la Universidad Estatal de Mississippi. USA. Publicación
Nº 2419. 24 p. Soc. Am. J., 46, 658-661 Pp.

Solarte, C.M. (1992). Efectos de estrés hídricos en la fisiología y actividades
fotoquímicas del frijol. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo,
México. Pp. 3.

Solórzano, P. (2003). Fertirrigación. Soluciones nutritivas para los cultivos.
Agroisleña, C. A. Cagua, Aragua, Venezuela. 165 Pp.

Stapleton, J.J. y Summers, C.G. (2002). Reflective mulches for management of
aphids and aphidborne virus diseases in late-season cantaloupe (*Cucumis melo* L.
var. *cantalupensis*). Crop Protection. 21(10):891-898 Pp.

Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a
certain desired composition. Plant and Soil 15(2): 134-154 Pp.

Swietlik, D. (2003). Plant nutrition. pp. 251-257. En: Baugher, T.A. y S. Singha (eds.). Concise encyclopedia of temperate tree fruit. Food Product Press, Nueva York. 387 Pp.

Taiz, L. y Zeiger, E. (2006). Plant physiology. 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 764 Pp.

Tarara, J.M., (2000). Microclimate modification with plastic mulch. HortScience, 35:169-180 Pp.

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

Thompson, R.C., Swan, S.H., Moore, C.J., Saal, F.V., (2009). Our plastic age. Phil. Trans. R. Soc. B. 364:1973-1976 Pp.

Turney, J. y 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 Pp.

Urquiza, A. R., Ortega, D., Rodes, G. R., (1998). Fisiología vegetal. Editorial Pueblo y Edición. Habana Cuba: 235 Pp.

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 Ploeg y Beese. (1997). Model calculations for the extractions of soil water by ceramic cups and pates. Soil Sciences Society American Journal, 41: 466-470 Pp.

Vargas, A. J.A. (2000). Producción de melón (*Cucumis melo* L.) mediante acolchado plástico y riego por cintilla. Tesis licenciatura, Uruza, UACH, Bermejillo, Durango, México.

Villamizar, F. y Ospina, J., (1995). Frutas y hortalizas. Manejo tecnológico en poscosecha. SENA, Bogotá. Pp. 19-21.

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.

Wang, Yu-Zhong, Yang, K., Wang, X., Zhou, Zheng, Q.C. and Chen, Z. (2004). Agricultural application and environmental degradation of photo-biodegradable polyethylene mulching films. *Journal of Polymers and the Environment* 12:7-10 Pp.

Weaver, J., Hogmire, H., Brooks, J. Sencindiver, J., (1990). Assessment of pesticide residues in surface and soil water from a commercial Apple orchard. *App. Agric Res. Springer.* 5(1) 37-43 Pp.

Wu, L.; Baker, J.; Allmaras, R. (1995). Numerical and field evaluation of soil water sampled by suction lysimeters. *Journal of Environmental Quality.* 24 (1): 147-152 Pp.

Yañez, M.E., Cartes, P., Reyes, D.M., Ribera, F.A. and Alberdi, M. (2014). Photosynthetic and antioxidant performance are differentially affected by short-term nitrogen supply in highbush blueberry cultivars. *Cien. Inv. Agr.* 41(1):61-70 Pp.

Yuri, J.E., Resende, G.M., de Costa, N.D., Mota, J.H. (2012). Cultivo de morangueiro sob diferentes tipos de mulching. *Hortic. Bras.* 30(3):424- 427 Pp.

Zacarías, L., Lafuente y Talón, M. (2000). Etileno, Acido Abscísico y otros reguladores del desarrollo. In: Azcón-Bieto J. y Talón M. (Eds) *Fundamentos de Fisiología Vegetal.* McGraw-Hill/Interamericana. Madrid, España. Pp. 481-498.

Zaragoza, C. (2003)9. Weed management in vegetables. En: *Weed management for Developing Countries. Addendum 1.* FAO Plant Production and Protection paper. Edited by Labrada, R. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italia. Pp. 145-157.

Zermeño-González, H., Favela-Chávez E., Munguía-López J. P., Martínez-Rubin, de Celis, E., Preciado- Rangel, P., García-Carrillo, M., de Paúl Álvarez-Reyna, V., Berumen-Padilla, S. (2009). Medición de la temperatura del perfil superior del

suelo en el cultivo de melón. Memoria de la 55 Reunión Anual del PCCMCA del 7-11 de septiembre de 2009 en Campeche, México. Pp. 136.

Zhang, Q.T., Inoue, M., Inosako, K., Irshad, M., Kondo, K., Qui, G.Y. y 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.