

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Evaluación de un Hidrogel y Ácido Salicílico Durante el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento de un Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Bajo Invernadero

Por:

ANA GABRIELA RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Abril 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Evaluación de un Hidrogel y Ácido Salicílico Durante el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento de un Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Bajo Invernadero

Por:

ANA GABRIELA RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Manuel De La Rosa Ibarra
Asesor Principal



M.C. Martha Vázquez Rodríguez
Coasesor



M.C. Ema Laura García Enciso
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Abril 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco **a ti Dios**, mi señor, mi guía, mi proveedor, el dueño de mi vida por darme todo para llegar hasta este momento, por darme salud y sabiduría, por poner en mi camino personas valiosas que me han enseñado valores y conocimientos, por guiarme siempre y por darme la fuerza necesaria para lograr este sueño.

Al **Dr. Manuel De La Rosa Ibarra** quien es parte fundamental de este trabajo, por brindarme su apoyo y llenarme de sus conocimientos, por estar siempre atento y dedicar tiempo a este trabajo.

A la **M.C. Martha Vázquez Rodríguez** y a la **M.C. Ema Laura García Enciso** por aceptar formar parte de mi jurado, por su valioso tiempo dedicado a este trabajo.

A mi **Alma Mater** por darme la oportunidad de ser parte de esta gran Universidad, y brindarme las herramientas necesarias para mi formación profesional, por todos los momentos felices que me otorgó durante cinco años de formación académica y por ser mi segunda casa.

DEDICATORIA

A mi familia, quienes me han dado todo lo que han tenido para cumplir mi sueño, por estar siempre conmigo y no soltar mi mano en este largo caminar.

A mi madre **Esther Martínez Martínez**, por todos tus consejos y apoyo incondicional, por enseñarme el temor a dios y por tus oraciones infinitas, por tu confianza, por ser la mama más cariñosa del universo y sobre todo por ser mi amiga. Gracias porque tu amor me impulso a lograr mi sueño. Te amo Tellito.

A mi Padre **José Manuel Rodríguez Guerra**, mi héroe, gracias por todo, por sacrificar siempre todo lo que tienes, por trabajar para nosotros y darnos siempre lo mejor, por creer en mí y por enseñarme a ver siempre las cosas con el lado humilde del corazón. Te amo Papá.

El esfuerzo y la dedicación de este trabajo son para ustedes, es solo un poquito de todo lo que ustedes me han dado.

A mis hermanos:

Julio, Mary, Juan Pablo y Lupita que siempre han estado conmigo a pesar de estar tan lejos, por ser mis motivos de orgullo y admiración, por ayudarme todo el tiempo, por preocuparse por mí y por todos los momentos extraordinarios que me han regalado. Gracias por ayudarme a salir adelante. Los quiero mucho pequeños.

A mi sobrinito Juan Carlos (Pelón), Danielita, Juan Pablo (Juampy) y Santiago quienes han sido siempre un motivo para querer regresar a casa, quienes le dan alegrías a mi vida, ojala que esto sea algún día motivo de orgullo para ustedes.

A mi Tío José (Pepe), porque a pesar de la distancia siempre me ha brindado su apoyo y ha formado parte de este logro en mi vida. Gracias por confiar en mí.

A mi Paco, porque desde que te encontré has luchado a mi lado, has apoyado todas mis decisiones y todos mis sueños, porque me has impulsado a seguir siempre adelante, por contagiarme con tu entusiasmo, con tu risa, tu valentía, por hacerme feliz y sobre todo por creer en mí. Te quiero mucho Gordo.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	II
INDICE GENERAL	III
INDICE DE CUADROS	V
INDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2.. OBJETIVO GENERAL.....	3
2.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
3. HIPOTESIS.....	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1 Hidrogeles	4
4.1.1 Mecanismo de acción del hidrogel en el suelo.....	5
4.1.2 Uso del hidrogel en la agricultura.....	6
4.1.3 Estudios basados en el uso de hidrogeles.....	8
4.2 Fitorreguladores en la agricultura	10
4.3 Ácido salicílico (AS).....	11
4.3.1 Ácido salicílico como hormona	12
4.3.2 Biosíntesis del AS	13
4.4 Efecto del ácido salicílico en las plantas	14
4.4.1 Resistencia de patógenos.....	15
4.4.2 Resistencia a la salinidad	17
4.5 Análisis del crecimiento y desarrollo de las plantas.....	18
4.5.1 Coeficientes de partición de Biomasa.....	19
4.6 Índices de crecimiento	20
4.6.1 Tasa de Asimilación Neta (TAN).....	20

4.6.2 Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)	21
4.6.3 Área Foliar Especifica (AFE)	22
4.6.4 Relación de Área Foliar (RAF).....	22
4.6.5 Relación de Peso Foliar (RPF)	22
5. MATERIALES Y MÉTODOS	24
5.1 Descripción del área de experimento	24
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
6.1 Coeficientes de Participación	29
6.2 Índices de Crecimiento	38
6.2.1 Relación Área Foliar (RAF).....	38
6.2.2 Relación de Peso Foliar (RPF).....	40
6.2.3 Área Foliar Especifica (AFE)	42
6.3 Vainas por planta.....	44
6.4 Granos por planta	47
7.CONCLUSIONES.....	50
8. LITERATURA CITADA.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Análisis de varianza comparación de medias de los Coeficientes de Partición de Biomasa para un cultivo de frijol, con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico.....	33
CUADRO 2. Análisis de varianza y comparación de medias para el índice de crecimiento de Relación de Área Foliar (RAF) en un cultivo de frijol, con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico	38
CUADRO 3. Análisis de crecimiento y comparación de medias para el índice de crecimiento de Relación de Peso foliar (RPF) en un cultivo de frijol, con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico	41
CUADRO 4. Análisis de crecimiento y comparación de medias para el índice de crecimiento de Área Foliar Especifica (AFE) en un cultivo de frijol, con tratamientos e hidrogel y ácido salicílico.....	43
CUADRO 5. Análisis de crecimiento y comparación de medias para la variable vainas por planta	46
CUADRO 6. Análisis de crecimiento y comparación de medias para la variable granos por planta	48

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Vías de biosíntesis de SA en las plantas.....	14
FIGURA 2. Relación de Área Foliar en un cultivo de frijol con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico.....	40
FIGURA 3. Relación de Peso Foliar en un cultivo de frijol con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico	42
FIGURA 4. Área Foliar Especifica e un cultivo de frijol con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico	44
FIGURA 5. Comportamiento de la variable Numero de vainas por planta de un cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico.....	46
FIGURA 6. Comportamiento de la variable Numero de granos por vaina de un cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico	49

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó la combinación de un hidrogel y Ácido Salicílico en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo invernadero. El trabajo se realizó en un invernadero del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial con ocho tratamientos (T1= 100% humedad/sin AS/ sin Hidrogel; T2=100% humedad /con AS/ sin Hidrogel; T3=100% humedad/ sin AS/ con hidrogel; T4= 100% humedad/ con AS/ con Hidrogel; T5= 40%humedad/ sin AS/ sin Hidrogel; T6= 40% Humedad/ con AS/ sin hidrogel; T7= 40% Humedad/ sin AS/ con hidrogel; T8= 40%Humedad/ con AS/ con Hidrogel), en tres repeticiones y cuatro muestreos. Se evaluó el Área foliar Específica, Relación de Peso Foliar y Relación de Área Foliar, además de los Coeficientes de Partición de Biomasa. En la RAF el valor más alto lo indujo el T3= 100% Humedad/ sin AS/ con Hidrogel con un valor de $214.00 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ a los 26 días después de la siembra, mientras que para RPF y AFE el T2= 100% Humedad/ con AS/ sin Hidrogel y el testigo tuvieron los valores más altos. En el coeficiente de partición de biomasa de vainas por planta el T1= 100% Humedad/Sin AS/ sin Hidrogel y el T4= 100% Humedad/ con AS/ con Hidrogel, mostraron el valor más alto con 15.16 vainas por planta. Los resultados de este trabajo permiten concluir que la combinación de Hidrogel y AS favorecieron el crecimiento de plantas de frijol e incrementaron la productividad bajo condiciones de invernadero, las plantas tratadas mostraron una mayor tolerancia a la sequía.

Palabras claves: Hidrogel, Fitorreguladores, índices de crecimiento.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace 20 años se han realizando ensayos que demuestran que el uso de hidrogeles mejora la capacidad de retención de agua en el suelo, favoreciendo el crecimiento de las plantas, al mezclar el polímero con el suelo se consigue aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por filtración, también se consigue disminuir la evaporación de la misma (Torres-Lemus *et al.*, 2010).

Entre los usos más importantes que tiene el hidrogel es el acondicionar el suelo aumentando la capacidad de retención de agua (Wallace, 1986). El uso de estos compuestos junto con el uso de algunas fitohormonas como el ácido salicílico han dejado grandes mejoras al suelo y al cultivo ya que los dos juegan un papel muy importante en la resistencia a estrés hídrico.

Henderson y Hensley (1986), probaron hidrogel en el trasplante de tomate, para evitar el déficit de humedad, los resultados demostraron que los tratamientos donde se uso el hidrogel tardaron más tiempo en llegar al marchitamiento y su condición al trasplante fue mejor. Por otro lado la aplicación del ácido salicílico al cultivo de tomate, tuvo un efecto positivo en las plantas, donde la longitud de raíz se incrementó significativamente al igual que el perímetro y la altura. (Larque-Saveedra *et al.*, 2001).

En leguminosas el efecto del hidrogel se probó en frijol de soya, donde el análisis estadístico reveló que el efecto de diferentes tipos de polímeros y frecuencias de riego fueron significativos para la producción de semilla e índice de cosecha. (Yazdani F. *et al.*, 2007).

En la actualidad la agricultura de temporal no es muy segura, debido a las condiciones cambiantes del medio ambiente, lo que a provocando escasez hídrica y déficit de nutrientes en el suelo, fenómenos que están afectando fuertemente a las zonas agrícolas del país generando muy poca producción, es por eso que se están buscando diversas alternativas para enfrentarlas.

Es por eso que para la problemática antes mencionada se proponen algunas técnicas como el uso de hidrogeles y fitohormonas con lo cual se pretende demostrar que al integrarlos al sistema agrícola, generan grandes mejoras al suelo y a la producción, evitando así pérdidas económicas y un mayor rendimiento del cultivo, beneficiando a los campesinos cuya agricultura es de temporal.

2. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la combinación de un hidrogel y ácido salicílico en un cultivo de frijol para mejorar su crecimiento, desarrollo y rendimiento.

2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Evaluar la eficiencia de un hidrogel aplicado a un cultivo de frijol para mejorar la retención de humedad.
2. Calcular los índices de crecimiento de plantas de frijol con la aplicación de ácido salicílico para observar la dinámica del crecimiento de la planta.
3. Evaluar la eficiencia del ácido salicílico, en el incremento del rendimiento de un cultivo de frijol

3. HIPOTESIS

La combinación de hidrogel y ácido salicílico provocarán en la plantas de frijol, sometidas a déficit de humedad, un incremento en el crecimiento, desarrollo y rendimiento comparados con plantas desarrolladas a capacidad de campo.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1 Hidrogeles

El gel de poliacrilamida se forma como consecuencia de la polimerización de monómeros de acrilamida en cadenas largas unidas entre sí, constituyendo una red por medio de unidades de bisacrilamida. El gel es transparente, químicamente inerte y estable en un amplio rango de pH, temperatura y fuerza iónica (Azzam, 2002).

Los polímeros son cristales secos pequeños que actúan como súper esponjas, pueden ser almidones, polyacrylates o polyacrylamides que absorben los líquidos (Cook *et al.*, 1986). Los cristales de hidrogel absorben agua cientos de veces su peso y la proporciona paulatinamente a las raíces de todo tipo de plantas. El producto mejora las características del suelo, como son la retención y disponibilidad de agua, la aireación y la descompactación. Su aplicación en la agricultura, invernaderos y viveros, el sector forestal y la arquitectura paisajistas puede reducir el uso de agua hasta en más del 50%. Agregando este producto al sustrato, se incrementa el rendimiento, el crecimiento y la sobre vivencia de las plantas. (Arriagada, 1997).

Los polímeros absorbentes tienen las siguientes características: son inertes, no son tóxicos, aumentan la sobrevivencia de las plantas, incrementan el plazo de almacenaje de humedad, reducen el uso de agua de riego en más del 50%, permanecen presentes en el suelo durante muchos años, absorben fertilizantes, liberándolos lentamente, se pueden usar como sustrato único para el crecimiento de las raíces, reduce la presión del impacto en el césped (menos

heridas), se reducen el uso de pesticidas (herbicidas fungicidas) y mejoran el drenaje si se usan como suplemento en el suelo, se reduce el tiempo de crecimiento del cultivo, incrementa la productividad, reduce las pérdidas por evaporación y filtración, reduce el estrés de las plantas durante el trasplante y en épocas de calor, favorece la absorción de nutrientes en solución provocando una mayor asimilación por la planta: aumenta la capacidad del suelo para retener agua sin saturar el medio radicular, promueve sistemas radiculares más fuertes y rigurosos (Tapia, 1993).

El hidrogel es un copolímero de poliacrilamida que retiene decenas de veces su peso en agua, liberándola gradualmente en la zona radicular de la planta. Esto ayuda a reducir la frecuencia de riego y las pérdidas ocasionadas por sequía y estrés hídrico. Por su presentación en gránulos, es fácilmente utilizado en la agricultura, horticultura, jardinería, reforestación, trasplantes, césped deportivo y arquitectura del paisaje, su durabilidad es de 3 a 5 años en el suelo y sobre todo tiene una alta capacidad de intercambio catiónico, esencial para fijar micro elementos, incrementa la apertura estomática y la sobrevivencia bajo condiciones de estrés cuando hay suspensión de riego.

La adición de hidrogel no solo optimiza la disponibilidad de agua, sino que reduce la pérdida de nutrientes por percolación o lixiviación y mejora la aireación y drenaje del suelo acelerando el desarrollo del sistema radicular y de la parte aérea de las plantas (Volosky, 1974).

4.1.1 Mecanismo de acción del hidrogel en el suelo

Al existir entre el hidrogel y agua, los grupos carboxilos del polímero, se disocian parcialmente a iones carboxilos de carga negativa, por lo tanto hay

una tendencia a repelarse entre sí. Como resultado de este proceso aumenta el volumen de la cavidad del polímero. Originando una mayor capacidad de almacenamiento de agua. Este polímero se transforma en gel, el que almacena una gran cantidad de agua por enlace de hidrogeno, siendo esta aprovechable para la planta Stockhausen, 1995).

Por otro lado Taylor y Halfrace (1986), señalan que en presencia de agua, el gel se hincha tridimensionalmente, formando un agregado que es capaz de absorber agua y otras moléculas polares cargadas en relación con el agua absorbida por los hidrogeles, Stockhausen (1994). Nissen y Ovando (1999), señalan que es descargada más lentamente que el grado de pérdida por evapotranspiración normal del sistema suelo-planta. Esto minimiza las pérdidas en periodos de sequia, optimizando la recuperación por parte de las plantas y mejorando notoriamente la eficacia en la producción de peso fresco por unidad de agua administrada.

4.1.2 Uso del hidrogel en la agricultura

La agricultura moderna es una actividad que cada día debe hacerse más eficiente. Para ello constantemente se realizan innovaciones en el campo del mejoramiento vegetal, sanidad y técnicas de manejo de suelo y de cultivos. Entre estas últimas técnicas se propone el uso de hidrogeles o poliacrilamidas, productos que entre sus múltiples usos son capaces de optimizar el balance hídrico de vegetales en variadas formas de uso (Araya, 1997).

Entre los usos más importantes que tiene el hidrogel, es el de acondicionar el suelo, aumentando la capacidad de retención de agua Wallace (1986). Este

producto es capaz de absorber agua de 120 a 400 veces su peso seco, siendo 98% de ella aprovechable para las plantas (Nissen y Araya, 1997).

Según (Gehring y Lewis, 1980) esto se traduce en un aumento de rendimiento de plantas y en una reducción, reducción del déficit de agua y mejor desarrollo radicular.

En relación con lo mencionado anteriormente, Stockhausen H. (1994), señala que los hidrogeles en el suelo crean una reserva de agua constante, la cual puede ser extraída por las raíces de las plantas gracias a su capacidad absorbente. El hidrogel transparente, evitando de esta manera su deshidratación. Se recomienda sumergir las raíces desnudas en gel, antes de plantar, asegurando que se adhiera una máxima cantidad de hidrogel a la raíz. La consistencia del hidrogel en este momento no brinda la protección deseada de las raíces. El producto por lo tanto deberá estar tan espeso como sea posible para mejor adhesión a la raíz, pero diluido para no causarle ningún tipo de deterioro.

Otro de los usos que se le atribuyen al hidrogel es como aditivo para preparar el suelo. Mejorando y aumentando tanto la porosidad como la capacidad de aire y agua del mismo. También se emplea en trasplantes de vegetales, transporte y bodegaje de plantas a largas distancias, para así evitar el estrés hídrico en ellas. Además, reduce las pérdidas por evaporación en un 90% en mulch de árboles y arbustos. Como cubierta de semillas en cereales, algodón y alfalfa, mejora la germinación en un 25%, reduce el tiempo de germinación y mejora el desarrollo de raíces en la propagación de plantas Nissen y Ovando (1999).

En relación con el aporte de nutrientes de este producto hacia las plantas, existe una controversia. Quesetel (1954), señala que el uso de hidrogel no tiene ningún efecto nutricional beneficioso sobre las plantas. Por otro lado al aplicar poliacrilamidas al suelo, genera una gran disponibilidad de nutrientes Gehering y Lewis (1980).

Veronin y Vityasev (1979). Se suman a la teoría de que si existe un incremento en la disponibilidad de nutrientes al sistema radicular de la planta señalan que de esta manera, por una parte, se podría aminorar levemente el efecto de la fijación de fosforo que ocurre en los suelos volcánicos y, por otra parte, disminuir la lixiviación de nutrientes como nitratos y potasio.

Unos adicionales son señalados por De Boodt (1972), quien plantea que los acondicionadores pueden ser utilizados como relleno de los sistemas de drenaje al momento de construcción, utilizándose también silvicultura, reforestación, trasplante de frutales, floricultura, cultivos de invernaderos, en zonas verdes y pastizales.

4.1.3 Estudios basados en el uso de hidrogeles

Henderson y Hensley (1986), probaron su aplicación en el trasplante de tomate y en plantas ornamentales, para evitar el déficit de humedad. Los resultados mostraron que los tratamientos en que se uso el hidrogel demoraron más tiempo en llegar al marchitamiento y su condición al trasplante fue significativamente mejor. Por su parte Wallace (1986), observo buenos resultados en la producción de tomates, algodón y lechuga al acondicionar el suelo con hidrogel.

Estudios realizados en el centro de investigación tropical de la Universidad de Glessen (Alemania), utilizando *Lollum multiflorum L.* como planta de ensayo, arrojaron como resultado la existencia de una fuerte estimulación de la formación de raíces a través de la aplicación de hidrogel Tapia (1993).

Estudios realizados en la Universidad Autónoma Chapingo México, señalan que el uso de hidrogeles en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) mejoró el suministro de agua en la planta incrementando el rendimiento.

Experiencias realizadas con frambuesos de dos años de edad, muestran un rendimiento superior en suelos de origen volcánico tratados con hidrogel en hilera al suelo, que aquellos sin aplicación (Ercoreca 1991).

Un estudio realizado por Wallace (1986) determino que después de tres semanas de estar los hidrogeles en el suelo, siendo regados con una leve llovizna durante días alternados, el volumen de agua disponible para la planta fue de alrededor de 60% superior al que existía originalmente.

Se aplico hidrogel en forma granular y en solución sobre la superficie del suelo, para probar los efectos de estas dos formas de aplicación sobre el encostramiento del suelo y la emergencia de las plantas. En relación con la emergencia esta mejoro cuando se trato con hidrogel en solución, pero no así cuando se trato con hidrogel granular. Esto se debió a que el hidrogel en solución, pero no así cuando se trato con agregados estables, mientras que la otra forma no.

Las plántulas emergieron días antes en los suelos tratados con hidrogel en solución. (Cook y Nelson 1986).

Por otro lado, Wallace (1986) evaluó la interacción producida sobre la producción de los cultivos cuando junto con corregir diferencias de N y P mejoraron las propiedades físicas del suelo con la aplicación de un acondicionador. Los tres factores limitantes fueron mejorados significativamente en todas las combinaciones posibles.

Estudios de investigación han probado que los superabsorbentes, como también se le llama a los hidrogeles, son inertes, no tóxicos, incrementan el plazo de almacenaje, además de tener la capacidad de absorción y retención de agua que permiten un mejor crecimiento de la planta en regiones de escasas lluvias, fortaleciendo así los cultivos contra la gran cantidad de estrés abiótico y biótico, al igual que los hidrogeles, los fitorreguladores como el ácido salicílico comparten algunas funciones en común a pesar de ser compuestos diferentes, como es la tolerancia a la sequía y escases de agua, por qué el ácido salicílico juega un papel durante la respuesta de las plantas al estrés abiótico. Otro de los efectos similares reportado es el incremento en la bioproduktividad en la longitud de la raíz y su densidad.

4.2 Fitorreguladores en la Agricultura

La producción y consumo de frutas y hortalizas en el mundo son cada día mayores y estas a su vez representan un soporte muy significativo para las economías agrícolas, es por eso que el desarrollo agrícola debe basarse en el desarrollo de una tecnología propia y adecuada a las circunstancias actuales por esta razón el desarrollo científico y tecnológico es amplio en estas áreas del conocimiento, tanto de la nutrición como de la regulación del crecimiento y

desarrollo vegetal, en tal forma que día con día surgen nuevos productos y tecnologías para el mejor manejo de la agricultura (Yañes, 2002).

Debido a esto, se han hecho investigaciones las cuales indican que una de las tecnologías más promisorias para el aumento de la productividad de los cultivos es la manipulación de su desarrollo por medio de sustancias llamadas fitoreguladores, biorreguladores o bioestimulantes, los cuales son productos de uso generalizado en agriculturas avanzadas (Agustín, 2003).

En la actualidad los reguladores de las plantas se utilizan ampliamente en el control de las malezas, defoliación, propagación (Agustín, 2003), y además puede influir en el desarrollo de los frutos, es por eso que hoy en día, es más importante en nuestra agricultura, por que con esto se tiene la capacidad de aumentar el tamaño, mejorar el color y forma de los frutos, y como consecuencia aumentar su potencial de mercadeo (Gianfagna 1995).

4.3 Acido Salicílico (AS)

El ácido salicílico es uno de los numerosos compuestos fenólicos que está presente en las plantas, pertenece al grupo de los salicilatos, cuya característica química los relaciona por presentar el radical 2-hidroxibenzoico, como el ácido acetilsalicílico y el metilo de AS (Weissman, 1991; Klessig y Malamy, 1994).

El AS se produce en hojas jóvenes, meristemos florales y vegetativos y es transportado vía floema (Cleland y Ajami, 1974). El AS se encuentra en las plantas en forma de conjugados de azúcares, como son ésteres de glucosa (glucosa unida con un grupo carboxilo) y glucósidos (glucosa unida con un grupo hidrófilo) como la salicina que por acción enzimática o mediante ácidos,

se hidroliza en glucosa y saligenina, ésta última por oxidación general del AS (Devore, 1979; Umetamy *et al.*, 1990).

El AS en la industria, se obtiene químicamente por medio del tratamiento de la sal de un fenol con dióxido de carbono, el cual produce el remplazamiento de un hidrógeno anular por el grupo carboxilo, conociéndose esta reacción con el nombre de Kolbe, mediante la cual se obtiene el ácido ortobenzoico o ácido salicílico (López, 1984).

4.3.1 AS Como hormona

A partir de las ventajas planteadas anteriormente, surge la aplicación endógena de AS ya que diferentes estudios reportan que este, participa en procesos como la germinación de semillas, crecimiento celular, respiración, cierre estomático (Raskin, 1992), expresión de genes asociados a senescencia, respuesta a estrés abiótico y de forma especial en la termogénesis (Humphrey y Chapple, 2002), así como en la resistencia a enfermedades (Vlot *et al.*, 2009). Adicionalmente, se ha descrito que en algunos casos el efecto del ASS dentro del metabolismo de las plantas puede ser de forma indirecta ya que altera la síntesis y/o señalización de otras hormonas que influyen la vía del ácido jasmonico.

El ácido salicílico forma parte de un amplio grupo de compuestos sintetizados en plantas denominados fenólicos, los cuales poseen una estructura química de un grupo hidroxilo unido a un anillo aromático. Los compuestos fenólicos participan en muchas funciones metabólicas en plantas, como son la síntesis de lignina, actividad alelopática, y en algunos casos en la biosíntesis de compuestos relacionados a la defensa como las fitoalexinas.

El AS se encuentra de forma natural en una gran cantidad de plantas. Uno de los derivados más famosos de este es el acetilsalicílico, popularmente conocido como aspirina.

La importancia del AS como regulador del crecimiento en plantas está reducida a pocos procesos. En algunos casos su presencia afecta la síntesis de otros reguladores de crecimiento los cuales afectan directamente algún proceso fisiológico. (Jordan y Casaretto, 2006)

Es por eso que el ácido salicílico tiene importancia debido a todas las funciones antes mencionadas en las plantas, por lo que actualmente se le considera como un regulador de desarrollo vegetal (Hwang *et al.*, 2008)

4.3.2 Biosíntesis del AS

En relación a la biosíntesis del AS, se requiere del metabolito primario corismato (Garcion, 2006). El aminoácido L-fenilalanina, puede ser convertido en ácido salicílico por dos vías, una mediante el intermediario benzoato la otra mediante el ácido cumárico, a través de una serie de reacciones enzimáticas inicialmente catalizadas por la enzima fenilalanina Amonio Liasa (FAL). A su vez, el corismato puede también ser convertido en AS vía isocorismato, en un proceso de dos pasos que implica la participación de las enzimas isocorismato Sintasa (ICS) e isocorismato piruvato Lisasa (IPL). La mayoría de AS en la planta es convertido a AS o β -glucósido (ASG) por medio de una enzima llamada AS glucosil transferasa (ASGT) inducible por patógenos (Dean *et al.*, 2005). El salicato de metilo (SMe), es otro derivado del AS y/o su forma glucosilada (SMeG) también puede acumularse en niveles relativamente altos in vivo (Sgulaev *et al.*, 1997). Se ha demostrado que tanto el SMe como el ASG

son biológicamente inactivos, mientras que una forma hidroxilada del AS, el ácido 2,5 dihidroxibenzoico (ácido genticico), que también se acumula en plantas, puede inducir la expresión de genes PR específicos en tomate que no son inducidos por ácido salicílico (Chen *et al.*, 2009).

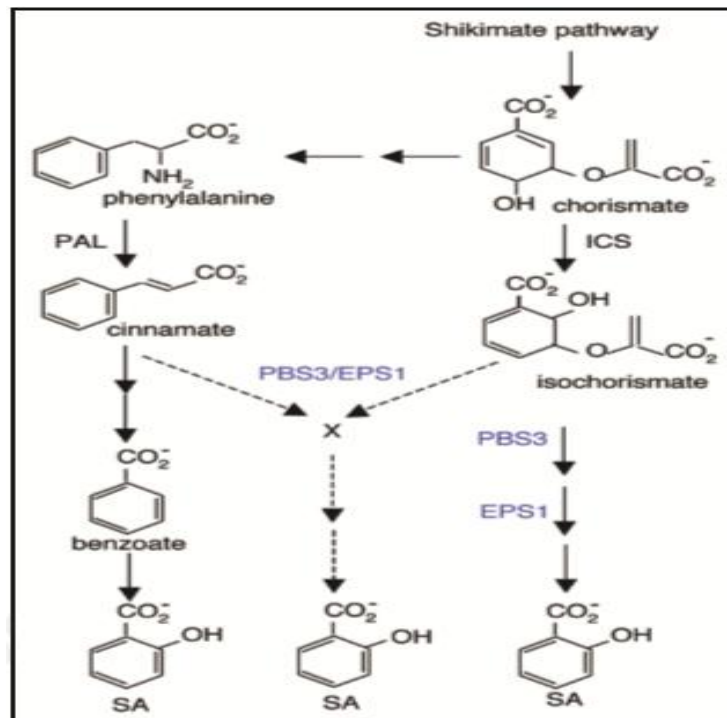


Figura 1. Vías de biosíntesis de SA en las plantas. Isótopos alimentando experimentos sugieren que las plantas sintetizan SA de cinamato producido por PAL (Tomado de Chen *et al.*, 2009).

4.4 Efecto del AS en las plantas

Se ha demostrado que el AS es el responsable de muchas funciones importantes de la planta, ya que es capaz de cambiar el comportamiento fisiológico de esta. A continuación se señalan solo algunos de los efectos que provoca el AS en los vegetales.

4.4.1 Resistencia a Patógenos.

La resistencia natural de las plantas a patógenos e insectos se basa en efectos combinados de barreras preformadas y mecanismos inducibles. En ambos casos las plantas utilizan defensas físicas en contra de los invasores. En contraste con la resistencia constitutiva, la resistencia inducida se basa en el reconocimiento del invasor y un evento subsecuente de transducción de señales que conduce a la activación de las defensas. En muchos casos, la infección localizada induce resistencia en contra de un amplio espectro de diferentes patógenos como hongos, bacterias o virus. Esta resistencia se expresa localmente en el sitio de ataque por el patógeno y sistémicamente, en partes no infectadas de la planta. Los mecanismos de defensa involucrados incluyen una combinación de cambios físicos, químicos y moleculares, tales como lignificación o la inducción de varias proteínas relacionadas con la patogénesis (Van loon, 1997).

Una de las respuestas de defensa más efectivas es la resistencia sistémica adquirida (RSA). La RSA implica la producción por la planta de una o varias señales móviles que están involucradas en la activación de los mecanismos de resistencia en plantas no infectadas. Así, la infección predispone a la planta a resistir efectivamente ataques adicionales Vlot et al., (2008). A partir de esto se han realizado investigaciones las cuales reportan que el ácido salicílico es una señal importante en las reacciones de defensa de la planta. Ya que ejerce su participación como molécula señalizadora en defensas locales y regulación de la respuesta sistémica adquirida que se ejecuta en las plantas después de ser atacada por patógenos (Shah, 2003) y también se ha determinado que los

incrementos en los niveles de AS en plantas por bacterias u hongos son necesarios para la manifestación de síntomas del ataque biótico y además coinciden con la expresión de genes considerados de defensa que codifican para las llamadas proteínas relacionadas con la patogenicidad o PR. La aplicación exógena de AS, es capaz no solo de inducir la expresión de genes PR, sino también de conferir mayor resistencia contra patógenos (Shiratsu *et al.*, 1997).

El papel del AS como una señal implicada en la defensa ha sido bien establecido en plantas dicotiledóneas, pero en monocotiledóneas este fenómeno ha sido poco estudiado, no obstante se ha encontrado que en estas plantas la inducción de la expresión PR en maíz, arroz, trigo (Morris *et al.*, 1998).

White (1979) reporto por primera vez la participación del AS en la resistencia a enfermedades en experimentos en donde inyectó aspirina (ácido acetil salicílico, un derivado del AS) o directamente AS, a hojas de tabaco de una línea resistente (*N. tabacum cv. Xanthi-nc*) y observó la producción de proteínas relacionadas a la patogénesis, conocidas también como proteínas PR, las cuales son un grupo heterogénea de proteínas que se inducen en plantas por la infección de un patógeno. De manera paralela a la producción de proteínas PR, observó un aumento en la resistencia contra la infección por el virus del mosaico del tabaco, la cual se manifestó por una reducción del 90% en el número de lesiones en el tejido analizado. Además, en las plantas de tabaco resistentes pero no en las susceptibles la concentración de AS endógeno aumento alrededor de 40 veces en hojas inoculadas con el virus aproximadamente 10 veces en hojas no inoculadas de la misma.

Así también se aplicó AS en un cultivo de cebolla y se demostró que el tratamiento con ácido salicílico es el que presentó el menor daño por mancha púrpura (*Alternaria solani*) con un resultado de 25% y por lo tanto produjo el menor porcentaje de bulbos podridos (Jiménez, 2005). Además de haberse demostrado que la aplicación de AS, desarrolla un buen nivel de tolerancia contra la enfermedad denominada peca bacteriana en el cultivo de tomate (Jiménez, 2005).

4.4.2 Resistencia a la salinidad

Las presiones medioambientales como la salinidad y la sequía disminuyen el crecimiento y la productividad agrícola más que otros factores. Un nivel de salinidad alto puede causar la reducción significativa en los parámetros de crecimiento como son el área de la hoja, la longitud de la hoja y raíz y el peso seco (Ashrafuzzaman, 2002). Por esta razón se han realizado muchas investigaciones acerca de este tema, ya que representa un problema serio en el campo agrícola. Por su parte Hussein y Balbaa., (2007) señala que la aplicación exógena de AS aumentó el crecimiento significativo de un cultivo de maíz en condiciones salinas, concluyendo que usando el ácido salicílico se obtuvo un efecto contrario de salinidad. Así mismo diversos derivados de AS pueden proteger a las plantas de maíz de los efectos perjudiciales del estrés salino ya que mejora los parámetros fisiológicos, tales como prueba el contenido relativo de agua, permeabilidad de la membrana y el estado nutricional de la planta. Además de que el tratamiento con AS disminuye el daño ocasionado por el déficit de salinidad y de agua, también ayuda a acelerar su restauración favoreciendo el crecimiento de la planta de trigo (Sakhabutdinova *et al.*, 2003).

En las plantas de girasol bajo condiciones de salinidad se presentó un gran incremento en la biomasa, por lo que el aumento en el crecimiento de las variables utilizadas, se le atribuyó a la aplicación exógena de AS mientras que las plantas de trigo se presentaron una mayor germinación bajo condiciones de salinidad (Kaydan y Okut 2006).

Tolerancia a la sequía, la escasez de agua es una grave amenaza para la sostenibilidad de cultivos pero desafortunadamente este es un problema que se presenta con mucha frecuencia en lugares con poca cantidad de agua, lo que ha llevado a muchos investigadores a tratar de conseguir una solución contra este gran problema que se presenta en la actualidad.

En uno de los estudios que se llevaron a cabo en girasol (*Helianthus annuus L.*) bajo condiciones de estrés hídrico, demostró que la falta de agua redujo el diámetro de la cabeza, el número de achenio y el rendimiento de aceite, sin embargo la aplicación exógena de AS mejoró significativamente en estos atributos (Hussain *et al.*, 2008).

4.5 Análisis del Crecimiento y Desarrollo de las plantas

El análisis de crecimiento es una técnica que consiste en medir a intervalos de tiempo el área foliar y el peso seco de las plantas y sus órganos, para luego proceder a realizar cálculos que permitan cuantificar el crecimiento total por órgano, la deficiencia del área foliar y la distribución de asimilados entre los distintos órganos de la planta (Herrera *et al.*, 2006).

4.5.1 Coeficiente de partición de Biomasa

La distribución de la materia seca entre varias partes de la planta se ha descrito como un equilibrio funcional o como funciones de distribución del tiempo o del estado de desarrollo (Heuvelink y Marcelis 1989).

Una aplicación práctica de los modelos de simulación es que pueden utilizarse como fuente de información sobre el crecimiento de un cultivo la cual, a su vez, sirve de apoyo para la toma de decisiones sobre la conveniencia de realizar prácticas de manejo específicas, como: control del clima de un invernadero, la dosificación y aplicación de fertilizantes y del agua; la predicción de aparición de plagas y enfermedades; así como la planeación y predicción de la producción (Lentz, 1998). Por lo anterior, se da el continuo aumento en el interés de la modelación de la producción de biomasa en cultivos de importancia económica u social como las hortalizas en fertirriego o en invernaderos (Heuvelink, 1995).

Un modelo casi exacto para calcular la biomasa acumulada en las plantas es el coeficiente de partición de biomasa que es la razón de una parte de la planta entre el total de la misma (Quezada, 2005), la cual indica la distribución de un gramo de materia orgánica a cada uno de los diferentes órganos de la planta.

Sedano *et al.*, (2005) al trabaja con el cultivo de calabacita señala que la planta presento una distribución de biomasa durante su ciclo de 59.4% a hojas, 29.5% a fruto maduro y 6.5% a tallos. La planta y sus órganos crecieron en forma sigmoidea. Por otro lado Quezada (2005) encontró una distribución de biomasa similar con un 64% hacia hojas, 34% a tallo y un 0.05% a flores.

4.6 Índices de crecimiento

El análisis de crecimiento es una aproximación cuantitativa para entender el crecimiento de una planta bajo condiciones ambientales controladas (Quezada, 2005).

Es una técnica que utiliza modelos matemáticos para cuantificar la relación existente entre el crecimiento de una planta, producción de materia seca y expansión de área foliar, entre estos factores y una condición ambiental como la luz, el agua o los nutrientes (Clavijo, 1989). Las técnicas de análisis del crecimiento en plantas son una herramienta poderosa de comparación.

El análisis de crecimiento tiene la gran ventaja de proveer medidas precisas del funcionamiento de la planta a través de intervalos de tiempo (Hunt, 1990) dentro de los índices de crecimiento se pueden encontrar unas variables como: tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento relativo, relación de área foliar, relación de peso seco foliar y área foliar específica los cuales se describen a continuación.

4.6.1 Tasa de Asimilación Neta (TAN)

En 1920 fisiólogos y matemáticos encontraron un índice de eficiencia de un cultivar o de una especie al que denominaron “Tasa de Asimilación Neta (TAN)” la cual expresa el aumento del peso total de la planta, en función del área foliar y por unidad de tiempo (Montaldi, 1995).

Por otro lado se reporta que en la calabacita la TAN, mostro una tendencia creciente en los primeros 33 días después de la siembra, fecha en que alcanzo su máximo valor; enseguida se redujo drásticamente, excepto de los 48 a los

62 días después de la siembra, periodo en que los frutos crecen más rápido, por lo que se le atribuyo a la senescencia foliar. Estos mismos resultados fueron obtenidos por Olayinka (2009) en un cultivo de tomate y reportan que la declinación en la TAN podrían ser debido a la reducción en la actividad fotosintética de las hojas a medida que estén senescentes y mueren.

Por otro lado Aguilar *et al.*, (2006) al trabajar en un cultivo de papa encontraron que la TAN disminuyo en los primeros 20 de la TAN disminuyo, debido posiblemente a la fotosíntesis neta por aumento de respiración o reducción del área fotosintética (Moorby, 1979).

4.6.2 Tasa de crecimiento relativo (TCR)

La TCR es el componente básico del crecimiento, este índice representa la acumulación de biomasa entre dos tiempos y es el único componente que no requiere el conocimiento del tamaño del sistema asimilatorio.

La disminución de la TCR también fue observada por Barreiro *et al.*, (2006) en las plantas de *Ocimum basilium L.*, en la cual se observa que la fase inicial presenta una acumulación rápida de material vegetal, a partir de aquí el comportamiento tiende a disminuir con los muestreos. Esta disminución se explica por el aumento de la actividad respiratoria y el auto sombreado, el cual aumenta con la edad de la planta.

Así mismo Asencio (1972) reporto que la TCR en un cultivo de frijol disminuyo desde la germinación hasta el inicio de la floración, y aumento al producirse el crecimiento de los frutos, para posteriormente disminuir hasta el inicio de la maduración de las vainas y finalmente disminuir con la senescencia del cultivo.

4.6.3 Área Foliar Específica (AFE)

El área foliar específica es un componente morfológico porque es determinado por la concentración de materia seca y el grosor de la hoja, así entre mayor sea el AFE menor será el grosor de la hoja y viceversa.

Con el desarrollo de las plantas se aumenta el área foliar y la materia seca de las hojas, tienden a disminuir en esta variable (Benincasa, 1998).

Páez *et al.*, (2000) al trabajar con el cultivo de tomate observaron un efecto en el aumento de AFE hasta los 45 días de crecimiento vegetativo y pudo destacarse que las hojas son más delgadas al crecer en condiciones de menor radiación. El AFE disminuyó después de los sesenta días de crecimiento de la planta. Y se considera que este índice representa el costo energético o material para la formación de una unidad de superficie foliar.

Por su parte, Rincón y Marín (2001) encontraron resultados similares en un cultivo de coliflor ya que en el área foliar específica (AFE) presentó el valor máximo en el momento del trasplante, disminuyendo posteriormente con el paso del tiempo.

4.6.4 Relación de Área Foliar (RAF)

La relación de área foliar representa el área de la hoja por unidad de masa de la planta.

Esta misma tendencia en la RAF en el comienzo del ciclo vegetativo, disminuye con la maduración de la planta y por lo general se ha observado en algunos cultivos.

4.6.5 Relación de peso Foliar (RPF)

La relación de peso foliar es la masa de la hoja por unidad de masa de la planta o medida del reparto de la biomasa de la hoja contra la otra parte de la

planta. La RPF es alta en las primeras semanas de crecimiento donde el valor se mantiene constante alrededor de 0.63% gr de hojas por gramos de peso seco o total sea que el 63% de peso total de la planta está integrado por las hojas. Durante la floración y fructificación se observa una disminución en este valor debido al traslado de fotosintatos hacia los órganos en formación (Asencio, 1972).

También se observó la variación de la RPF a lo largo del desarrollo de la planta de tomate. Los valores de este parámetro se mantuvieron más o menos constantes desde el inicio del desarrollo hasta los 75 días, representando un alto porcentaje del peso seco total (Posada *et al.*, 2007). El cultivo de algodón se observó que los valores más altos de RPF de las que presentaron en las primeras fases de crecimiento de las plantas y que tienden a declinar conforme avanza la edad del cultivo, esto se debe a que en las primeras fases de crecimiento las plantas invierten la mayor parte de los foto asimilados en el establecimiento de su aparato fotosintético, cantidad que va disminuyendo gradualmente a medida que la planta acumula mayor cantidad de carbohidratos en otros órganos de la planta, especialmente en los reproductivos (Palomo *et al.*, 2003).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción del área del experimento

La presente investigación se realizó entre el mes de Agosto y Noviembre del 2013 en el invernadero de alta tecnología perteneciente al Departamento de Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

El invernadero tiene una orientación de sur a norte, la cubierta con la que cuenta es de policarbonato doble capa con filtro para rayos UV, con un grosor de 1.6 cm. Las temperaturas medias que oscilan son de 34°C en el día y 13°C por la noche, con una media de 24°C las cuales son controladas por un sensor que se encuentra en medio de la nave. Para el control de la luminosidad cuenta con cortinas reflectoras automáticas que están compuestas con la tela de poliéster y tiras de aluminio, también tiene una pared húmeda que mide 12 m de largo por 1.20 m de ancho. El sistema de extracción está compuesto de 4 extractores y 4 ventiladores, y el sistema de calefacción funciona a través del sistema Fanjett que consiste en 2 tubos de polietileno que distribuyen el aire caliente producido por un calentador eléctrico. Para el establecimiento del experimento primeramente se delimitó el área, la cual consistió en 16 m². Posteriormente se realizó un acondicionamiento que consistió en desalojar y limpiar el área para que estuviera listo el día de la colocación de las macetas. Para la preparación del sustrato se utilizo tierra agrícola previamente cribada, después se mezcló con peat most a una proporción 4:1, se realizó la mezcla con una pala hasta homogeneizar bien el sustrato, la tierra tuvo que estar completamente seca.

Se utilizaron 120 macetas con capacidad de 3 kg de las cuales 60 se llenaron por completo, y a las 60 restantes se les colocó un poco de sustrato, y sobre este se le agregó 0.85 g de hidrogel, llenándolas después por completo con más sustrato. Después de llenar las macetas se tomó el peso de cada una de ellas ya que era necesario el dato de peso seco del suelo para la investigación. El primer riego se realizó cuando se terminó de preparar las macetas, estos se efectuaron diariamente por la mañana y por la tarde, hasta que todas las macetas llegaron a capacidad de campo, y se tomó el peso húmedo de todas. Posteriormente se dejó de regar a 60 de las macetas, esto para reducir su humedad hasta un 40%. Y así tener 60 macetas a un 100% de humedad y 60 macetas a un 40% respectivamente.

Se usaron semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris L. var. AN-05*) y se sembraron 2 semillas por cada una de las macetas, para tener la seguridad de que al menos una de las semillas germinara. Se realizó el aclareo cuando la planta alcanzó una altura considerada y consistió en seleccionar y cortar las plántulas de frijol, de manera que las que permanecieran fueran las más uniformes, dejando una plántula por maceta.

Se fertilizó a todas las plantas haciendo la aplicación con fertilizante triple 17, agregando 3 g a cada una de las macetas.

La aplicación de ácido salicílico fue a una concentración de 1×10^{-8} M, la cual se realizó con un atomizador, asperjando toda la planta por el haz y el envés de las hojas, se realizaron dos aplicaciones, la primera después de que la planta tuvo 2 o 3 hojas verdaderas, mientras que la segunda se hizo 10 días posteriores a la primera.

Se realizó el tutorado de las plantas de frijol, ya que es una práctica necesaria para mantener a la planta erguida y evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores que se realizaron en el cultivo.

Para sujetar la planta se utilizó un hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo de la zona inferior de la planta y de otro a un alambre situado a 2.5 m de altura por encima de la planta. Conforme la planta fue creciendo se fue enredando al hilo tutor.

El deshierbe consistió en la eliminar las malas hierbas que se presentaban en las macetas, esta actividad se realizó de forma manual cada vez que había presencia de maleza.

El diseño experimental que se utilizó fue el completamente al azar con arreglo factorial, con 8 tratamientos,, consistiendo en: T1=100% Humedad/Sin ácido salicílico/ sin Hidrogel, T2= 100% Humedad/ con ácido salicílico/ sin hidrogel, T3=100% humedad/ sin ácido salicílico/ con hidrogel, T4= 100% humedad/ con ácido salicílico/ con hidrogel, T5= 40% humedad/ con ácido salicílico/ con hidrogel, T6= 40% humedad/ con ácido salicílico /sin hidrogel, T7= 40% humedad/ Sin ácido salicílico/ con hidrogel, T8=40% humedad/ con ácido salicílico/ con hidrogel, con 3 repeticiones por tratamiento, teniendo un total de 120 plantas. Los resultados obtenidos se analizaron con el paquete estadístico de la UANL.

Se realizaron 4 muestreos durante el experimento, se eligieron al azar las plantas a muestrear.

Las variables dependientes o variables agronómicas que se tomaron en cuenta dentro de la investigación fueron las siguientes: peso seco de la hoja, peso seco de tallo, peso seco de raíz, peso seco de flor, área foliar y los componentes del rendimiento (número de vainas por planta y granos por vaina). Los muestreos se iniciaron 15 días después de la primera aplicación del ácido salicílico, con una diferencia de 15 días entre ellos, se tomaron 3 plantas de cada tratamiento teniendo un total de 24 plantas por muestreo, fueron disectadas dentro del invernadero y posteriormente trasladadas al laboratorio, donde se tomaron los datos correspondientes a cada variable; para tomar el peso seco, se colocaron cada una de las partes en bolsas de papel destreza y luego fueron llevadas a la estufa de secado (Felisa, modelo 293A) a una temperatura de 75° C durante 48 horas para deshidratarla, finalizando con el pesado de las muestras en una balanza analítica (AND, modelo GR-120) para obtener los resultados del peso seco de cada variable. La variable peso fresco de fruto se obtuvo únicamente pesando los frutos por planta en una balanza; para la variable de área foliar se utilizó el medidor de área foliar (LI-COR. Inc., modelo LI-3100). La medición de esta variable consistió en tomar cada una de las hojas y pasarlas por la banda que automáticamente da los resultados de área en cm². Con los datos obtenidos de los 4 muestreos, se obtuvo el coeficiente de partición de biomasa (CPB) y posteriormente se calcularon los índices de crecimiento.

El coeficiente de partición de Biomasa se expresa en porcentaje, indicando en gramos la cantidad de materia que se enviara a cada órgano de la planta. Para

obtener el CPB de hoja se utilizó PS Hoja/PS_{Total}; para tallo PS Tallo/PS_{Total} y para flor PS Flor /PS_{Total}.

Para medir los índices de crecimiento se tomó en cuenta: Relación de Área Foliar (RAF), Relación de peso foliar (RPF), Área Foliar Específica (AFE). Para obtener los valores de cada uno de estos índices se aplicaron diferentes fórmulas que a continuación se describen:

Relación de Área Foliar (RAF) Se define como la proporción de material asimilativo por unidad de material vegetal presente en un instante de tiempo. Se expresa son en $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$, matemáticamente se define como:

$$\text{RAF} = ((\text{AF}_1/\text{PS}_1) + (\text{AF}_2/\text{PS}_2))/2$$

Relación de Peso Foliar (RPF) Este índice está formado por dos componentes: la magnitud del peso seco de la hoja, y por la unidad de peso seco total de la planta. No tiene unidades ya que al calcular en gramos el peso seco de la hoja y dividirlo entre gramos del peso seco total de la planta el resultado queda adimensional. Aunque es una medida instantánea, a menudo se emplea la media entre el intervalo de t_1 a t_2 , matemáticamente se expresa como

$$\text{RPF} = ((\text{PSH}_1/\text{PS}_1) + (\text{PSH}_2/\text{PS}_2))/2.$$

Área Foliar Específica (AFE) Es un índice que expresa la densidad o el grosor relativo de la hoja. Es una medida de la relación entre al área foliar y el peso seco de la hoja por lo que las unidades en que se expresa este índice son $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$, matemáticamente se define como:

$$\text{AFE} = ((\text{AF}_1/\text{PSH}_1) + (\text{AF}_2/\text{PSH}_2))/2.$$

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Coeficiente de Partición de Biomasa (CPB)

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias mostraron diferencias significativas para la mayoría de las variables en cada uno de los muestreos (Cuadro 1.) En el primer muestreo, realizado el 29 de Septiembre del 2013, el comportamiento normal de la planta de frijol (planta testigo) fue enviar el 46 % de la biomasa nueva producida a la hoja, un 36 % al tallo y un 17 % a la formación de raíz. (Cuadro 1). De igual manera las plantas tratadas con hidrogel y AS enviaron mas biomasa a la formación de hojas, siendo el tratamiento T3=100%humedad/ sin AS/ Con hidrogel el que más biomasa envió, superando al testigo. Para el coeficiente de partición de biomasa de tallo las plantas testigo enviaron un 36 % de la biomasa nueva producida superando a todos los tratamientos, mientras que en el coeficiente de partición de biomasa de raíz, se observa que la mayor cantidad de biomasa fue enviada por los tratamientos que tienen un 40 % de humedad, siendo el T6=40%Humedad/ con AS/ sin hidrogel quien envió el mayor porcentaje de 0.23 %.

Para el segundo muestreo no hubo diferencias significativas para los Coeficientes de Partición de Biomasa de hoja y tallo, mientras que para el coeficiente de partición de biomasa de raíz si hubo diferencias significativas siendo el tratamiento T5=40%humeda/ sin AS/ sin hidrogel el que provoco el envió de una mayor cantidad de biomasa enviando un 0.19 %. En este muestreo ya se presentan las flores y los frutos, encontrándose diferencias significativas en los Coeficientes de Partición de biomasa de estos dos órganos.

Cuadro 1. Análisis de varianza y comparación de medias de los coeficiente de partición de biomasa, para un cultivo de frijol con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico.

Tratamiento	Variable	Fechas de muestreo			
		29/Sep/13	14/Oct/13	29/Oct/13	13/Nov/13
1 100% $H/A^{\circ}/P^{\circ}$	Coeficiente de partición de biomasa de Hoja	0.46 BC	0.49	0.31 A	0.26
2 100% $H/A^+/P^{\circ}$		0.47 ABC	0.45	0.29 AB	0.23
3 100% $H/A^{\circ}/P^+$		0.50 A	0.48	0.29 AB	0.22
4 100% $H/A^+/P^+$		0.45 C	0.44	0.25 ABC	0.19
5 40% $H/A^{\circ}/P^{\circ}$		0.45 C	0.43	0.19 C	0.14
6 40% $H/A^+/P^{\circ}$		0.49 AB	0.50	0.20 BC	0.19
7 40% $H/A^{\circ}/P^+$		0.46 BC	0.37	0.26 ABC	0.23
8 40% $h/A^+/P^+$		0.45 C	0.38	0.25 ABC	0.22
C.V%		4.25	15.12	15.36	25.78
S.E	**	NS	**	NS	
1 100% $H/A^{\circ}/P^{\circ}$	Coeficiente de partición de biomasa de Tallo	0.36 A	0.35	0.27 B	0.27 C
2 100% $H/A^+/P^{\circ}$		0.32 AB	0.37	0.29 B	0.24 C
3 100% $H/A^{\circ}/P^+$		0.35 AB	0.38	0.33 AB	0.32 ABC
4 100% $H/A^+/P^+$		0.33 AB	0.37	0.36 AB	0.31 ABC
5 40% $H/A^{\circ}/P^{\circ}$		0.34 AB	0.32	0.42 A	0.40 A
6 40% $H/A^+/P^{\circ}$		0.26 C	0.34	0.42 A	0.38 AB
7 40% $H/A^{\circ}/P^+$		0.31 B	0.49	0.35 AB	0.33 ABC
8 40% $h/A^+/P^+$		0.32 AB	0.42	0.30 B	0.28 BC
C.V%		4.28	12.48	12.02	13.08
S.E	**	NS	**	**	
1 100% $H/A^{\circ}/P^{\circ}$	Coeficiente de Partición de Biomasa de Raíz	0.17 BC	0.11 BC	0.09 BC	0.090
2 100% $H/A^+/P^{\circ}$		0.20 AB	0.13 BC	0.08 BC	0.095
3 100% $H/A^{\circ}/P^+$		0.13 C	0.11 C	0.09 BC	0.097
4 100% $H/A^+/P^+$		0.20 AB	0.15 ABC	0.07 C	0.081
5 40% $H/A^{\circ}/P^{\circ}$		0.20 AB	0.19 A	0.18 A	0.188
6 40% $H/A^+/P^{\circ}$		0.23 A	0.12 BC	0.16 AB	0.180
7 40% $H/A^{\circ}/P^+$		0.21 AB	0.15 ABC	0.12 ABC	0.129
8 40% $h/A^+/P^+$		0.22 A	0.16 AB	0.18 A	0.196
C.V%		12.59	19.38	29.78	39.08
S.E	**	**	**	NS	
1 100% $H/A^{\circ}/P^{\circ}$	Coeficiente de Partición de Biomasa de Flor		0.019 A		
2 100% $H/A^+/P^{\circ}$			0.015 AB		
3 100% $H/A^{\circ}/P^+$			0.013 AB		
4 100% $H/A^+/P^+$			0.007 AB		
5 40% $H/A^{\circ}/P^{\circ}$			0.003 B		
6 40% $H/A^+/P^{\circ}$			0.007 AB		
7 40% $H/A^{\circ}/P^+$			0.015 AB		
8 40% $h/A^+/P^+$			0.017 A		
C.V%			2.45		
S.E		**			
1 100% $H/A^{\circ}/P^{\circ}$	Coeficiente de Partición de Biomasa de Fruto		0.015 BC	0.32	0.37 AB
2 100% $H/A^+/P^{\circ}$			0.024 BC	0.32	0.41 A
3 100% $H/A^{\circ}/P^+$			0.005 C	0.27	0.34 AB
4 100% $H/A^+/P^+$			0.009 C	0.30	0.40 A
5 40% $H/A^{\circ}/P^{\circ}$			0.034 AB	0.19	0.25 B
6 40% $H/A^+/P^{\circ}$			0.019 BC	0.20	0.24 B
7 40% $H/A^{\circ}/P^+$			0.049 A	0.26	0.30 AB
8 40% $h/A^+/P^+$			0.008 C	0.25	0.28 AB
C.V%			60.7	20.44	18.48
S.E		**	NS	**	

**= Diferencia Significativa; NS=Diferencia no Significativa; C.V%= Coeficiente de variación; P^o= Sin polímero; P⁺= Con polímero; H=Humedad; A⁺=Con ácido salicílico; A^o= Sin ácido salicílico

Para el caso de la flor la planta testigo fue quien distribuyó la mayor cantidad de biomasa con un 0.019 %.

En el tercer muestreo se presentó una tendencia general de las plantas de todos los tratamientos a la disminución en la acumulación de biomasa a las hojas, donde nuevamente las plantas testigo acumularon la mayor cantidad de biomasa comparadas con el resto de los órganos considerados, mientras que la tendencia de aumento para la variable fruto continuó en comparación con los muestreos anteriores, aunque no se presentan diferencias significativas, se muestran diferencias numéricas entre los tratamientos.

Para el tercer muestreo de CPB de hoja se observa que las plantas de los tratamientos con un 100 % de humedad muestran valores más altos en cuanto a la acumulación de biomasa producida. Las plantas testigo son las que presentan el valor más alto de biomasa acumulada en este órgano con un 31% superando a todos los tratamientos.

Para el CPB de tallo se puede observar que existe una tendencia a la disminución en todas las plantas, siendo las plantas testigo las que acumularon la menor cantidad de biomasa en esta estructura.

Por otro lado para el CPB de tallo en este muestreo los tratamientos T5= 40% humedad/ sin AS/ sin hidrogel y T6=40% humedad/ con AS/ sin hidrogel los cuales tienen el 40 % de humedad son los que acumularon mayor cantidad de biomasa en esta estructura, superando el valor de las plantas testigo.

En la variable CPB de Fruto hay una tendencia de aumento en casi todas las plantas, aunque no se mostraron diferencias significativas sino solo numéricas,

las plantas testigo fueron las que presentaron una mayor cantidad de biomasa en esta estructura comparada con las plantas de los demás tratamientos.

En el cuarto muestreo para el CPB de hoja y raíz no hubo diferencias significativas entre tratamientos, pero si diferencias numéricas, mientras que para de tallo el T5= 40%humedad/ sin AS/ sin hidrogel fue quien indujo el envío de más cantidad de biomasa con un valor de 40%, superando a las plantas testigo.

En la variable CPB fruto, hay una tendencia a aumentar en casi todas las plantas, mostrándose diferencias significativas. Las plantas de los tratamientos T2=100% humedad/ con AS/ sin hidrogel y T4=40%Humedad/con AS/ con hidrogel tratadas con AS con el 100% de humedad fueron las que presentaron una mayor cantidad de biomasa acumulada en comparación al resto de las plantas esto con un 41 y 40% respectivamente. Estos resultados son similares a los encontrados por Abdalla (2002) quien menciona que el orden de prioridad en la asignación de asimilados por órgano cambia con la etapa fenológica de la planta y el patrón de distribución es semejante para diferentes sistemas de cultivo, campo abierto o ambiente protegido, con la diferencia de que en el invernadero la acumulación de biomasa es mayor y el crecimiento es más rápido.

En la variable fruto todas las plantas incrementaron la acumulación de biomasa a este órgano sin embargo, los resultados más altos se encontraron en los tratamientos T2=100%humedad/ con AS/ sin hidrogel, T4=100%humedad/ con AS/ con hidrogel y el testigo ya que estos incrementaron mas la biomasa acumulada que en el muestreo anterior, aun así el tratamiento

T2=100%humedad/con AS/ sin hidrogel fue el que distribuyo una mayor cantidad de biomasa. Este comportamiento se debe a una alta demanda metabólica que ejercen los frutos en la planta durante su crecimiento y llenado y que acontece aun cuando existe diferencias fenotípicas en cultivares de una misma especie (Rezende *et al.*, 2007).

En el cuarto muestreo la para el coeficiente de partición de biomasa de hoja y raíz no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Mientras que para la variable tallo el T5=40% humedad/ sin AS/ sin hidrogel fue quien indujo a las plantas a enviar un porcentaje más alto de biomasa con un 40 %. Superando a la planta testigo.

Por otro lado en este muestreo para el Coeficiente de Partición de Biomasa de fruto se mostraron diferencias significativas sobresaliendo los tratamientos T2=100%humedad/con AS/ sin hidrogel y T4=100%humedad/ con AS/ con hidrogel con un porcentaje de 41 y 40 respectivamente, observando estos valores en los tratamientos con acido salicílico.

Para el CPB raíz, se observa que en todos los muestreos los tratamientos con un 40% de humedad son los que tienen los valores más altos en la acumulación de biomasa nueva producida, mostrándose en el primer muestreo que las plantas con los tratamientos T6=40% humedad/ con AS/sin hidrogel y T8= 40%humedad/ con AS/ con hidrogel son los que enviaron valores más altos, considerando que estos tratamientos tienen acido salicílico e hidrogel.

En general en la variable CPB de raíz la mayor biomasa producida se encuentra al principio y después se observa una disminución conforme va pasando el tiempo.

En el CPB de flor solo se observa en el segundo muestreo, siendo el primer muestreo en el que se encuentra la mayor biomasa producida.

Para el CPB de fruto se muestra que las primeras vainas aparecieron en el segundo muestreo, y se observa un incremento conforme va pasando el tiempo, siendo las plantas del tratamientos T7=40%humedad/ con AS/sin hidrogel las que enviaron mayor cantidad de biomasa nueva producida para la formación de esta variable, superando a las plantas testigo.

Resultados que se asemejan a los discutidos por Taylor y Halfrace (1986). Quienes observaron un aumento en el crecimiento y una floración más temprana, así como una mayor formación de raíces con el uso de hidrogel aplicado al suelo, exponen además que el desarrollo de las plantas se ve fuertemente influenciado por los hidrogeles, por su capacidad de retener agua y más aun cuando la forma de aplicación de este producto es al suelo. Mientras que para el tercer muestreo no hubo diferencias significativas para esta variable.

En general los resultados de CPB son similares a los obtenidos por Quezada (2005). En los cuales se puede observar un cambio de patrón de repartición de biomasa a través del tiempo, disminuyendo para el caso de las hojas y aumentando para los tallos.

En el caso de las flores es muy variable y no tiene tendencias, lo que generalmente es normal en cualquier planta ya que hay diferentes tiempos de floración.

Las plantas normalmente distribuyen una mayor cantidad de biomasa hacia las hojas, luego a tallos y finalmente a raíces cuando están en la etapa vegetativa, mientras que al iniciar su etapa reproductiva (floración y formación de frutos) cambian el patrón significativamente.

En calabacita Sedano (2005), encontró una distribución similar y señala que se presentó una distribución de biomasa, donde la planta asignó durante su ciclo 59.4% a hoja, 29% a fruto y 6.5% a tallo durante los primeros días, luego la planta y sus órganos crecieron de forma sigmoideal.

Para el CPB de Raíz en el primer muestreo, se observa que tanto la interacción de hidrogel y ácido salicílico en forma conjunta, presentan diferencias significativas en todos los tratamientos. Se muestra que la mayor acumulación de biomasa en raíz, se encuentra en los tratamientos con déficit de humedad, en este caso, los tratamientos con un 40% de agua, en comparación con los de capacidad de campo. En este muestreo el tratamiento T6= 40%humedad/ con AS/ sin hidrogel fue el que acumuló mayor cantidad de biomasa para la raíz, con un 0.23 %, superando al testigo.

En el segundo muestreo de acuerdo al análisis de varianza y comparación de medias, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, donde el T5=40%humedad/ sin AS/ sin hidrogel fue quien indujo el envío de más cantidad de biomasa con un valor de 0.19% superando a los demás

tratamientos, considerando también que la mayor cantidad de biomasa fue enviada por los tratamientos con un 40 % de humedad, dejando los valores más bajos en los tratamientos con un 100% de humedad.

En el tercer muestreo para el CPB de raíz el tratamiento T5=40%humedad/sin AS/ sin hidrogel continua siendo el que envió mayor cantidad de biomasa hacia la raíz con un 0.18%. Considerando que este tratamiento tiene un déficit de humedad.

Para el cuarto muestreo de acuerdo al análisis de varianza y comparación de medias, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, solo diferencias numéricas, que como en los muestreos anteriores los valores más altos en cuanto a la acumulación de biomasa nueva producida, se encuentran en los tratamientos con un 40% de agua, lo que hace notar que cuando hay menos agua en el suelo, la planta envía mas biomasa a formar raíces, que cuando tiene la humedad a capacidad de campo.

Estos resultados coinciden con los estudios realizados por Tapia (1993) en el centro de Investigación de la Universidad de Giessen (Alemania), utilizando *Lolium multiflorum L.* como planta de ensayo, arrojaron como resultado la existencia de una fuerte estimulación de la formación de raíces a través de la aplicación de hidrogel, esto prueba que existe una estimulación a nivel radical, necesaria para la exploración de mayor área del suelo en búsqueda de agua y nutrientes, lo que se traduce en un mayor desarrollo de la planta en peso completo. Al observar las raíces en cada muestreo realizado, se notó claramente que los tratamientos a base de hidrogel y riego a un 40%

presentaron un mayor desarrollo, a diferencia de las raíces de las plantas a capacidad de campo y con el hidrogel.

En el primer muestreo el CPB de raíz los tratamientos T6=40%humedad/ con AS/ sin hidrogel y T8=40%humedad /con AS/ con hidrogel enviaron la mayor cantidad de biomasa a la formación de este órgano, probablemente actuando como un estimulador del crecimiento radical, manifestándose un incremento en la formación de raíces aun sin la aplicación de un riego adecuado. Se propone que esto se debe al efecto positivo del AS en mejorar la longitud y densidad de raíces. Gutiérrez *et al.* (2001) reportan que el AS influyó positivamente sobre el desarrollo de raíz en plantas de soya.

Según Nissen, *et al.* (1995), al incorporar hidrogel se mejora la retención de agua y de esta manera existe un mayor suministro de agua y nutrientes a las raíces y por consecuencia al desarrollo de la planta. En el proceso de la nutrición de la misma, el agua debe estar en forma accesible y disponible para poder solubilizar y transportar los elementos nutritivos. Por lo anterior, es posible afirmar que el mayor envío de biomasa hacia las raíces, se obtuvo con la combinación sinérgica del hidrogel y la aplicación de ácido salicílico en los tratamientos del 40% de humedad en suelo. Por otro lado, los tratamientos con un 100% de humedad, mostraron resultados estadísticamente más bajos que los mencionados anteriormente para los tratamientos del 40% de agua en el suelo.

Estos resultados indican que la aplicación de Ácido salicílico a las plantas de frijol, aumentaron significativamente la producción de biomasa en raíz y coinciden con los encontrados por Sánchez *et al.* (2011) quienes encontraron

que la aplicación de AS a las plantas de chile jalapeño v. Chichimeca aumentaron significativamente la producción de biomasa foliar y de raíz. Los resultados anteriores corroboran la hipótesis de este trabajo, que al aplicar hidrogel en combinación con el ácido salicílico, se producirá un mayor crecimiento y desarrollo del cultivo.

6.2 Índices de crecimiento

6.2.1 Relación de Área Foliar (RAF)

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias de la variable RAF no mostraron diferencias significativas, excepto el primer muestreo que presento diferencias significativas (cuadro 2). Presentando valores altos en las primeras evaluaciones, disminuyendo después a través del tiempo.

Cuadro.2 Análisis de varianza y comparación de medias para el índice de crecimiento de RAF en un cultivo de frijol, con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico.

Tratamiento	variable	Fechas de muestreo		
		29/Sep./2013	14/Oct./2013	29/Oct./2013
1 100%H/A ^o /P ⁰	RAF cm ² .gr ⁻¹	200.33 AB	145.33	98.33
2 100%H/A ⁺ /P ⁰		206.00 AB	146.00	116.66
3 100%H/A ^o /P ⁺		214.00 A	149.33	105.33
4 100%H/A ⁺ /P ⁺		192.66 AB	131.66	93.66
5 40%H/A ^o /P ⁰		164.00 B	100.00	65.00
6 40%H/A ⁺ /P ⁰		174.33 AB	139.66	128.66
7 40%H/A ^o /P ⁺		162.00 B	117.66	101.33
8 40%H/A ⁺ /P ⁺		179.33 AB	119.66	89.33
C.V		10.40%	16.81	24.34
S.E	**	NS	NS	

RAF= Relación de área foliar; C.V%= Coeficiente de variación; NS= diferencia no significativa;
 **=Diferencia altamente significativa; P⁰= Sin polímero; P⁺= Con polímero; H=Humedad; A⁺=Con ácido salicílico
 A^o = Sin ácido salicílico

En esta variable se presenta una disminución en la RAF desde el inicio hasta el tercer muestreo.

En el primer muestreo se observa que el valor más alto de RAF lo indujo el tratamiento T3= 100%humedad/ sin AS/ con hidrogel con un valor de 214.00 $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$ a los 26 días después de la siembra, valor que supero al testigo, este con un valor de 200.33 $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$. Por otro lado los valores más altos para esta variable se observan en los tratamientos a capacidad de campo y con ácido salicílico, tratamiento T2=100%humedad/ con AS/ sin hidrogel y T4= 100%humedad/ con AS/ con hidrogel.

En el segundo muestreo de la RAF las plantas del tratamiento T3=100%humedad/ sin AS/con hidrogel vuelven a tener el valor más alto en esta variable, aunque no hubo diferencias significativas, existen diferencias numéricas entre tratamientos, superando al testigo quien obtuvo un 144.33 $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$ a los 41 días después de la siembra. Para el tercer muestreo las plantas del tratamiento T6= 40%humedad/ con AS/ sin hidrogel mostraron el valor más alto en esta variable con un valor de 128.66 $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$ a los 56 días después de la siembra, en comparación al testigo con un 98.33 $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$. Estos resultados difieren a los reportados por Warnock *et al.* (2006) quienes encontraron que en un cultivo de frijol común los valores más altos de RAF fueron de 0.46 $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$ a los 30 días después de la siembra, mientras que el valor máximo se obtuvo a los 48 días después de la siembra con un valor de 6.2 $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$.

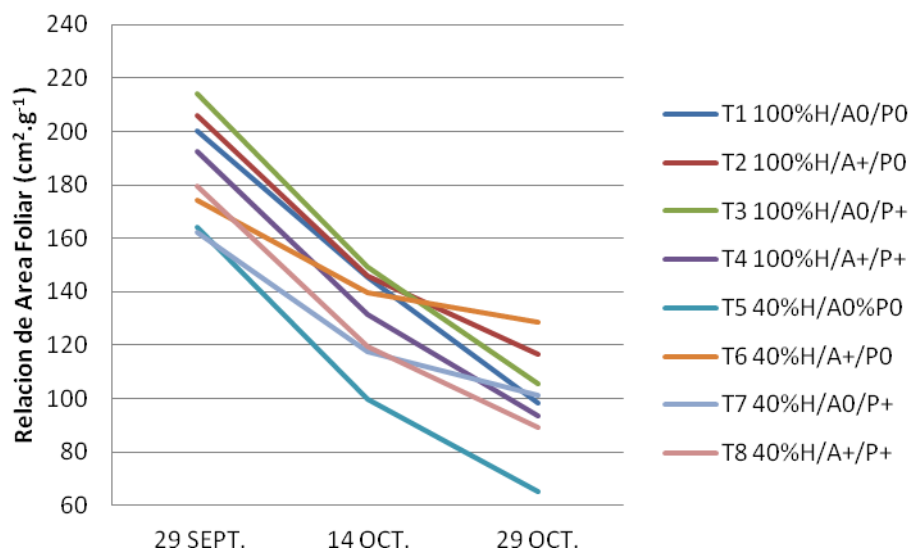


Figura 2. Comportamiento de la variable Relación de Área Foliar de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico.

Se puede observar en la figura una disminución de los valores de RAF conforme pasa el tiempo, también se muestra que los valores más altos de esta variable se encuentran al principio de la investigación y en el último muestreo se encontraron los valores más bajos de RAF. Estos resultados son contrarios a los reportado por Asencio y Sgambalti (1975) quienes encontraron que en los primeros días del cultivo de frijol de la variedad “coche”, los valores de RAF fueron bajos al principio de la investigación, pero después conforme avanzo el tiempo se observo un incremento y al final del cultivo se observo una disminución de esta variable.

6.2.2 Relación de Peso Foliar (RPF)

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias de la variable RPF mostraron diferencias significativas para el primer y segundo muestreo, mientras que para el tercer muestreo solo hubo diferencias numéricas entre tratamientos. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza y comparación de medias para el índice de crecimiento de RPF en un cultivo de frijol, con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico.

Tratamiento	Variable	Fecha de muestreo		
		29/Sep/2013	14/Oct/2013	29/Oct/2013
1 100%H/A° /P0	RPF	0.400 A	0.475 AB	0.286
2 100%H/A+/P0		0.374 A	0.464 AB	0.267
3 100%H/A° /P +		0.391 AB	0.497 AB	0.261
4 100%H/A+/P+		0.346 AB	0.449 AB	0.223
5 40%H/A° /P0		0.315 AB	0.443 AB	0.171
6 40%H/A+/P0		0.354 AB	0.501 A	0.198
7 40%H/A° /P+		0.318 B	0.421 B	0.248
8 40%h/A+/P+		0.322 B	0.418 B	0.243
C.V%		9.26%	9.26	19.26
S.E	**	**	NS	

RPF= Relación de Peso Foliar; C.V%= Coeficiente de variación; NS= diferencia no significativa

**=Diferencia altamente significativa; P⁰= Sin polímero; P+= Con polímero; H=Humedad; A+=Con ácido salicílico

A°= Sin ácido salicílico

En el primer muestreo las plantas de los tratamientos T2= 100%humedad/ con AS/ sin hidrogel y el testigo tuvieron los valores más altos para la variable RPF superando a los demás tratamientos, con un 0.374 y un 0.4% g/g respectivamente a los 26 días después de la siembra. Para el segundo muestreo las plantas testigo fueron superadas por las plantas del tratamiento T6= 40%humedad/ con AS/ sin hidrogel con el valor más alto de 0.5 g/g, tratamiento con ácido salicílico, sin polímero y con un 40% de humedad.

En el tercer muestreo no se mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, solo diferencias numéricas. Mostrándose los valores de RPF más altos en los tratamientos de las plantas testigo, superando a los demás tratamientos. Estos resultados coinciden con los reportados por Maldonado y Corchuelo (1993) quienes encontraron valores de RPF de 0.5 y 0.6 g.g⁻¹ a los 57 días después de la siembra en dos variedades de frijol (Tundama y Cerinza). Por otro lado Bahena *et al* (2008) quienes en las evaluaciones iniciales no encontraron diferencias de RPF en la combinación de cuatro especies de frijol (testigo.) a los 78 días después de la siembra.

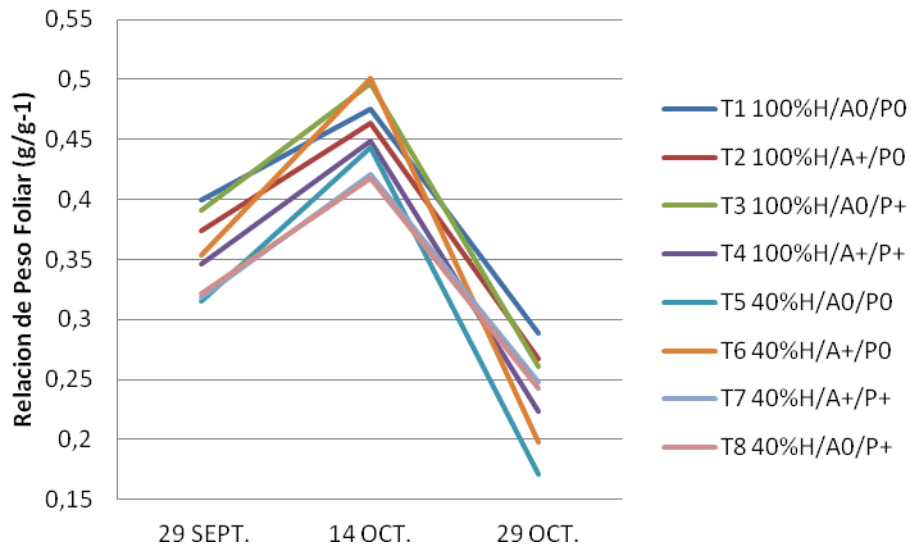


Figura 3. Comportamiento de la variable Relación de Peso Foliar de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico.

En la figura anterior se observa que en los primeros muestreos de la investigación se mostraron los valores más altos de la variable de RPF, sin embargo al pasar del tiempo estos fueron disminuyendo, en los últimos muestreos se encontraron los valores más bajos para esta variable.

Estos resultados son similares a los descritos por Maldonado *et al.* (1993) quienes encontraron que en dos variedades de frijol “tundama y Cerinza” las evaluaciones iniciales para la variable RPF en las dos variedades presentaron un comportamiento decreciente a través del tiempo.

6.2.3 Área Foliar Especifica (AFE)

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias de la variable AFE no mostraron diferencias significativas entre los diferentes muestreos, sin embargo si se muestran diferencias numéricas (cuadro 4)

Cuadro 4. Análisis de varianza y comparación de medias para el índice de crecimiento de AFE en un cultivo de frijol con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico

Tratamiento	Variable	29-sep-13	14-Oct-13	29-Oct-13
1 100%H/A0/P0		422.66	359.00	350.66
2 100%H/A+/P0		443.00	359.66	459.66
3 100%H/A0/P+		429.33	378.33	414.33
4 100%H/A0/P+		431.00	381.00	436.66
5 40%H/A0/P0	AFE (cm ² /g)	382.66	339.66	384.66
6 40%H/A+/P0		353.33	567.00	846.66
7 40%H/A0/P+		384.66	389.33	427.33
8 40%h/A+/P+		426.00	367.66	374.66
C.V%		11.73	34.20	60.90
S.E		NS	NS	NS

AFE= Área Foliar Específica; **= Diferencia Significativa; NS=Diferencia no Significativa; C.V%= Coeficiente de variación; P⁰= Sin polímero; P+= Con polímero; H=Humedad; A+=Con ácido salicílico; A⁰ = Sin ácido salicílico

En el primer muestreo las plantas del tratamiento T2= 100%humedad/ con AS/ sin hidrogel muestran los valores más altos de AFE, superando al testigo, siendo el tratamiento con un 100% de humedad, en combinación con la aplicación de ácido salicílico las que mostraron el valor más alto en un 443.00 g/g.

Para el segundo muestreo se observan diferencias numéricas entre los tratamientos, teniendo el valor más alto el tratamiento T7=40%humedad/ sin AS/con hidrogel con un valor de 389.00 g/g., superado al testigo este con un valor de 359.00 g/g.

En el tercer muestreo tampoco hubo diferencia significativa, sin embargo se muestran los valores más altos para AFE en los tratamientos T6=40%humedad/ con AS/ sin Hidrogel en comparación con el testigo respectivamente por lo que las plantas tratadas con ácido salicílico y sin hidrogel mostraron hojas más delgadas.

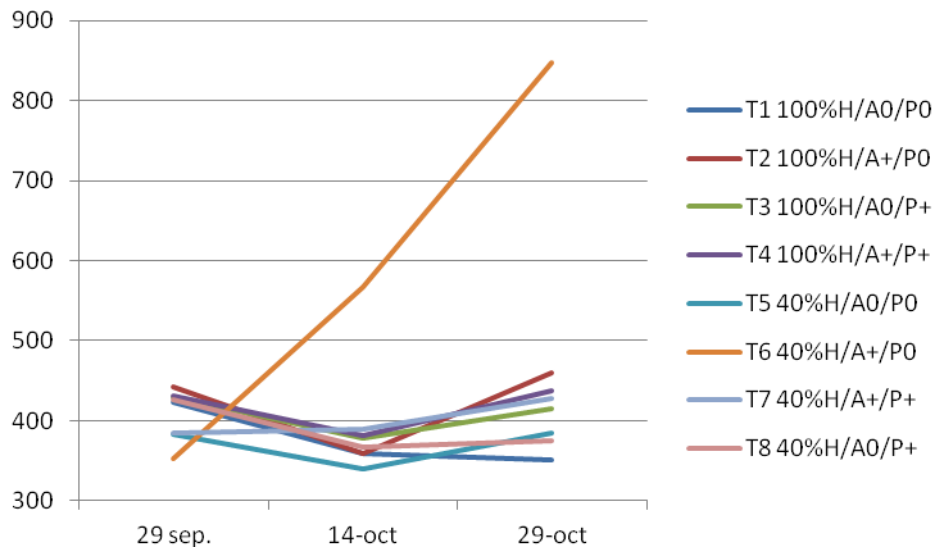


Figura 4. Comportamiento de la variable Área Foliar Especifica de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico.

En la figura anterior los valores más altos de AFE en el primer y tercer muestreo de la investigación, por lo que los valores más bajos de esta variable se encontraron en el segundo muestreo. Estos resultados son similares a los reportados por Páez *et al.*, (2000) quienes reportaron que en un cultivo de jitomate la mayor AFE se encontró a los 58 días después de la germinación.

6.3 Vainas por planta

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias para la variable número de vainas por planta, mostraron diferencias altamente significativas (Cuadro 5).

Las plantas del tratamiento T1=100%humedad/sin AS/ sin hidrogel (Testigo) y T4= 100%humedad/ con AS/ con hidrogel mostraron el valor más alto en la variable mencionada, superando a los demás tratamientos con 15.16 vainas

por plantas. También se observa que los valores más altos para esta variable se muestran en los tratamientos con un 100% de humedad.

Para los tratamientos con un 40% de humedad, se muestran valores más bajos en cuanto al número de vainas por planta, donde el T5= 40%humedad/sin AS/ sin hidrogel (Testigo del 40% H) mostro el valor más bajo, con 4.16 vainas por planta, mientras que el tratamiento T8=40%humedad/ con AS/ con hidrogel obtuvo el valor más alto con 6.33 vainas por planta, superando al T5=40%humedad/sin AS/sin hidrogel (testigo del 40%H) hasta un 52.16% , de igual manera los tratamientos T6= 40%humedad/con AS/sin hidrogel y T7= 40%humedad/con AS/ con hidrogel superaron el valor del testigo hasta un 44.23 % con valores de 6 vainas por planta respectivamente.

Estos resultados difieren a lo reportado por Esparza- Martínez *et al.*, (2000) quienes encontraron que en plantas de frijol de la variedad azufrado regional (testigo), se obtuvieron 39.8 vainas por planta.

Por otro lado estos resultados coinciden con los descritos por Araméndiz-Tatis *et al.*, (2011) al evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de frijol caupí, encontraron un total de 12.1 vainas por planta (testigo), éstos resultados son diferentes a los encontrados en el presente trabajo de investigación.

Cuadro 5. Análisis de varianza y comparación de medias de Vainas por planta en un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico.

Tratamiento	Vaina/Planta
1 100%H/A° /P ⁰	15.16 A
2 100%H/A ⁺ /P ⁰	15.00 A
3 100%H/A° /P ⁺	14.33 A
4 100%H/A ⁺ /P ⁺	15.16 A
5 40%H/A° /P ⁰	4.16 B
6 40%H/A ⁺ /P ⁰	6.00 B
7 40%H/A° /P ⁺	6.00 B
8 40%H/A ⁺ /P ⁺	6.33 B
C.V%	25.38
S.E	**

**= Diferencia Significativa; NS=Diferencia no Significativa; C.V%= Coeficiente de variación; P⁰= Sin polímero; P⁺= Con polímero; H=Humedad; A⁺=Con ácido salicílico; A° = Sin ácido salicílico

Estos resultados son similares a los reportados por Rosales *et al.* (2004) quienes al trabajar con diferentes genotipos de frijol, en campo y en invernadero, con la interacción de tratamientos de humedad, donde en condiciones de invernadero los tratamientos con baja humedad redujeron significativamente el número de vainas por plantas con 3.5 vainas por planta.

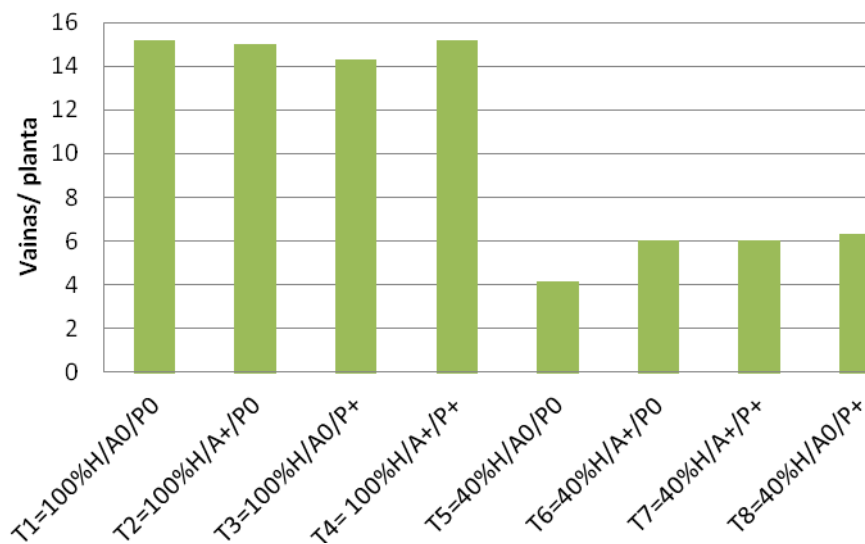


Figura 5. Comportamiento de la variable Número de vainas por planta de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico.

En la figura se muestra que los tratamientos con un 100% de Humedad tuvieron un mayor número de vainas por planta, donde las plantas del tratamiento testigo T1= 100%humedad/ sin AS/ sin hidrogel (Testigo del 100% Humedad) obtuvo el mayor número de vainas, en comparación con el T4= 100%humedad/ con AS/ con hidrogel (Testigo del 40% de humedad) quien obtuvo el valor menor en cuanto a la variable mencionada, sin embargo todos los tratamientos con AS indujeron un mayor número de vainas por planta, aun bajo condiciones de sequía extrema.

6.4 Granos por vaina

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la variable número de granos por vaina, mostraron diferencias significativas (Cuadro 6).

Las plantas del tratamiento T4=100%humedad/ con AS/ con hidrogel mostraron el valor más alto para esta variable con 6.33 granos por vaina, valor que supera al testigo, este con 6 granos por vaina. Para el tratamiento T5=40%humedad/ sin AS/ sin hidrogel quien es el testigo de las plantas con un 40% de humedad, fue el que obtuvo el menor número de granos por vaina con 4.33. Mientras que el valor más alto de los tratamientos con un 40% de humedad lo presenta el T6=40%humedad/ con AS/sin hidrogel con 5.3 granos por vaina, superando a los tratamientos T7= 40%humedad/ sin AS/ con hidrogel y T8= 40%humedad/ con AS/con hidrogel, estos con 4.83 granos por vaina cada uno, superando al testigo con 1 grano mas por planta.

Para el T4=100%humedad/ con AS/ con hidrogel quien obtuvo el mayor numero de granos por vaina, se observo un aumento del 5.5 % en comparación

con el T1=100%humedad/ sin AS/ sin hidrogel (testigo). Mientras que el T6=40%humedad/ con AS/ sin hidrogel muestra el valor más alto de los tratamientos con un 40% de humedad, donde supera al testigo hasta con un 23.09%.

Cuadro 6. Análisis de varianza y comparación de medias de Vainas por planta en un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico.

Tratamiento	Granos/Vaina
1 100%H/A ^o /P ^o	6
2 100%H/A ⁺ /P ^o	5.6
3 100%H/A ^o /P ⁺	5.5
4 100%H/A ⁺ /P ⁺	6.3
5 40%H/A ^o /P ^o	4.3
6 40%H/A ⁺ /P ^o	5.3
7 40%H/A ^o /P ⁺	4.8
8 40%H/A ⁺ /P ⁺	4.8
C.V%	16.40
S.E	*

**= Diferencia Significativa; NS=Diferencia no Significativa; C.V%= Coeficiente de variación; P^o= Sin polímero; P⁺= Con polímero; H=Humedad; A⁺=Con ácido salicílico; A^o = Sin ácido salicílico

Estos resultados coinciden con los reportados por Barrios *et al.* (2010) quienes evaluaron el rendimiento de 2 variedades de frijol “FM y Michacan 128” en condiciones de riego y seco, donde la variedad FM presento los rendimientos de grano más altos, con valores de 6.2 granos por vaina.

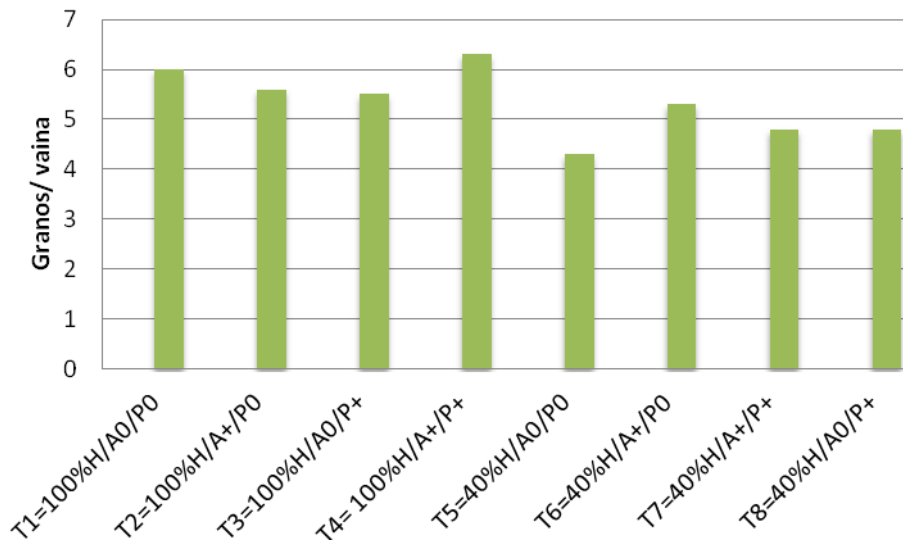


Figura 6. Comportamiento de la variable Número de granos por vaina de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con tratamientos de hidrogel y ácido salicílico.

En la figura anterior se muestran los valores para la variable granos por vaina, donde los tratamientos con un 100% de humedad son los que tienen los valores más altos, sobresaliendo el T4= 100%humedad/ con AS/ con hidrogel con el valor más alto para esta variable, sin embargo se observan también los valores más bajos, para los tratamientos con un 40% de humedad.

7. CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo permiten concluir que fue muy contrastante la respuesta de las plantas de frijol a los tratamientos de humedad, donde la combinación del Ácido Salicílico e Hidrogel, en ambas condiciones de riego, indujeron una mayor respuesta en la mayoría de las variables evaluadas con respecto a sus testigos correspondientes.

La combinación del hidrogel y el ácido salicílico favorecieron el crecimiento de las plantas de frijol e incrementaron significativamente la productividad bajo condiciones de invernadero, a pesar del déficit de agua, las plantas tratadas mostraron una mayor tolerancia a la sequía.

8. LITERATURA CITADA

- Abdalla, A. 2002. Efecto en la acumulación de biomasa y extracción de Nutrientes. Cultivos tropicales. 30 (4) 71-78.
- Aguilar, M., J. Ortiz, A. Rivera, M. Mendoza, M. Colinas y H. Lozoya. 2006. Índices de eficiencia de genotipos de papa establecidos en condiciones de secano. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 12(001):85-94.
- Agustín, M., 2003. Aplicación de fitorreguladores, en citricultura 2ª edición. Mundi-Prensa Madrid, España. 261 pp.
- Araméndiz-Tatis., H.; Espitia., C., M.; Sierra., C.M.2011.Comportamiento agronómico de líneas promisorias del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L.) walp en el Valle del Sinú. Revista Temas Agrarios 16 (2):9-17.
- Araya, E. 1997. Evaluación de las propiedades físico-hídricas de dos poliacrilamidas. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Chile. 95 p.
- Araya, F.C.M., Hernández, F.J.C. 2006. Guía para la identificación de las enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica. Universidad Nacional Costa Rica. San José, Costa Rica. 44 p.
- Arriagada, C. 1997. Efecto del uso de hidrogeles en trasplante de tomates. Tesis Licenciatura. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Chile. 70 p.
- Asencio, J. 1972. Análisis de crecimiento y eficiencia fotosintética del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. "Turrialba 4" cultivado en solución nutritiva.

Tesis de grado Magister Scientiae. Instituto interamericano de Ciencias agrícolas de la OEA. Centro Tropical de Enseñanzas e Investigación. Departamento de Cultivos y Suelos tropicales. Costa Rica. 98 pp.

Ascencio, J. y L. Sgambalti. 1975. Análisis de crecimiento en tres cultivares de carotas venezolanas en condiciones de campo. *Agronomía Tropical*. XX(2): 125-147.

Azzam, A. 2002. Polymeric conditioner gels for desert soils. *Commun. Soil Sci Plant Anal.* 11:739-760.

Asharafuzzaman, M. 2002. Vegetative growth of maize (*Zea Mays*) as affected by arrange of salinity. *Agro Sur*. 24: 286-291.

Bahena., B., L.; Macías., R., López., G., R.; Bayuelo., J.,J.S. 2008. Crecimiento y respuestas fisiológicas de *Phaseolus* spp. En condiciones de salinidad. *Fitotecnia Mexicana* 31(3):213-233.

Barrios- Gómez, E.J., López- Castañeda C., Kohashi- Shibata, J., Acosta- Gallegos, J., Miranda- Colín, J., y Mayek- Pérez, N. 2010. Rendimiento de semilla y sus componentes en frijol flor de mayo en el centro de México. *Colegio de Postgraduados. Agrociencia*. Vol. 43: 29- 35.

Benincasa, M. 1998. Analise de crecimiento de plantas, coces vasias. 2 ed. Jaboticabal. FUNEP. Rio de Janeiro Brasil. 41 pp.

Cook, D. y Nelson, S. 1986. Effect of polyacrylamide on seedling mergence in crust-forming soils. *Soil Science*. 141(5):328-333

- Clavijo, J. 1989. Análisis de crecimiento en malezas. Ed. Comalti. Agricultura Técnica en México. 15 p.
- Cleland, C.F., and A. Ajami. 1974. Identification of the flower-including factor isolates from aphid honeydew as being salicylic acid. *Plant Physiol.* 54:904-906
- Chen, Z., Z. Zheng, J. Huang, Z. Lai and B. Fan. 2009. Biosynthesis of salicylic acid in plants. *Plant Signaling Behav.* 4(6): 493-496.
- De Boodt, J. 1972. Proceedings Symposium on fundamentals of soil conditioning. 17-21 April. Ghent, Belgium 22 p.
- Dean, J., L. Mohammed, and T. Fitzpatrick. 2005. The formation, vacuolar localization, and tonoplast transport of salicylic acid glucose conjugates in tobacco cell suspension cultures. *Planta.* 221(2): 287-296.
- Devore, G. 1979. Química orgánica. Trad. E. Muñoz. Ed. Publicaciones Culturales. México, 734 p.
- Ercoreca, J. 1991. Evaluación de sistemas de manejo hídrico sobre la producción y crecimiento vegetativo del frambueso (*Rubus idaeus* L.) en la zona de Frutillar. Tesis Licenciatura. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Chile. 75 p.
- Esparza-Martínez., J. H.; Sánchez-López., V.; Santamaría-César., E.; Pedroza Sandoval., A. 2000. Caracterización y evaluación de calidad de la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Chapingo.* 71-79 pp.

- Garcion, C. and Metraux, J. 2006. Salicylic acid. In plant hormone signaling. Hedden P. and G. Thomas Eds. Oxford, Inglaterra. 255 pp.
- Gehring, J. y Lewis, D. 1980. Effect of hidrogel on wilting and moisture stress of bedding plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105:511-513.
- Gianfagna, T. 1995. Natural and synthetic. Growth regulators an their use in horticultural and agronomic crops. In plant hormones. P. Davies Ed. Boston, U.S.A. 833 pp.
- Gutiérrez., W.; Medrano., C.; Materan., M.; Villalobos., Y.; Esparza., D.; Báez., J.; Medina., B. 2001. Evaluación del rendimiento y nodulación del frijol (*Vigna unguiculata L.*) bajo dos sistemas de labranza en las condiciones agroecológicas de la planicie de Maracaibo, Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía 18:237-246.
- Henderson J., Hensley D., 1986. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. Hort. Sci. 21 (4). 991-992.
- Herrera, J., Alizaga, R., Guevara, E. Jiménez. V. 2006. Germinación y Crecimiento de la Planta. Fisiología de la Producción de los Cultivos Tropicales. Editorial Universidad de Costa Rica. San José Costa Rica. 78 pp.
- Heuvelink, 1995). Dry matter production in a tomato crop: measurements and simulation. Ann. Bot. (London) 75: 369-376.
- Huevelink, E., Marcelis, L. 1989. Dry malter distribution in tomato and cucumber. Acta Horticulture. 260: 149-157.

- Hunt, R. 1990. Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners unirn Hyman, Boston, Londres. 112 p
- Humphrey, J. y C. Chapple. 2002. Rewriting the lignin roadmap. Current Opinion in Plant Biology. 5(3): 224-229.
- Hussain, M., M. Malik, M. Farooq, M. Ashraf and M. Cheema. 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. Journal of Agronomic and Crop Science 194 (3): 193-199.
- Hussein, M. Balbaa, M. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. Journal Agriculture and Biological Sciences 3: 321-328.
- Hwang, S. Lee, I., Yie, S. 2008. Identification of an OsPR10a promoter region responsive to salicylic acid plant. Journal Agriculture and Biological Sciences 227: 1141-1150.
- Jiménez, J. 2005. Evaluación del efecto del ácido acetil salicílico y del compuesto a base de cobre manganeso y zinc, en la influencia de enfermedades y en la productividad de la cebolla. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 10-14.
- Jordán, M. y Casaretto, J. 2006 hormonas y reguladores de crecimiento: Etileno, Acido absicico, poliamidas, Acido salicílico y acido jasmonico. Fisiología Vegetal. F.A. Ediciones Universidad de la Serena. La serena, Chile. 280 pp.

- Kaydan, D., Okut, N., 2006. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal Plant Physiol.* 13 p.
- Larqué-Saavedra A., Martín-Mex R., Nexticapán-Garcéz A., Vergara-Yoisura S., Gutiérrez-Rendón M. 2010. Efecto del ácido Salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* Vol.16. 15-23 p.
- Lentz, W. 1998. Models applications in horticulture: a review. *Scientia Horticulturae* 74-79.
- López, B.M. del C. 1984. Reguladores del crecimiento vegetal. Estudio de aspersiones de ácido salicílico, saligenino y cinetina en la producción de trigo (*Triticum aestivum* L.). tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza. UNAM, México. *Horticultura*. 74-79.
- Maldonado G., y Corchuelo, G. 1993. Dinámica de crecimiento de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) I. Análisis de crecimiento por periodos fijos. *Agronomía colombiana*. Volumen II. Pág. 114-121.
- Moorby, J. 1979. The production, storage and translocation of carbohydrates in developing potato plants. *Ann. Bot.* 34: 297-308.
- Montaldi, E. 1995. Principios de fisiología vegetal. Ediciones Sur. La Plata, Argentina. 298 pp.
- Morris, S., Vernoij, B., Curtis, R., Frederiksen, A., y Uknes, S. 1998. Induced resistance responses in maize. *Molecular Plant-microbe Interaction*. 11 pp.

- Nissen, J. y Araya, E. 1997. Caracterización físico-hídrica de dos poliacrilamidas de uso agrícola. *Simiente (Chile)* 68(1-4):52-67
- Nissen, J. y Ovando, C. 1999. Efecto de un hidrogel humectado aplicado a las raíces de *Nothofagus obliqua* (MIRB) oerst. y *Nothofagus dombeyi* (MIRB) oerst. durante su trasplante. *Agro Sur (Chile)* 27(2):48-58.
- Olayinka, B. 2009. Influence of metolachlar on physiological growth carácter of tomato (*Lycopersicum esculentum*) *Journal of Ethnobotanical*. Vol. 15. (6)
- Páez, A., Paz, V., López, J. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Rio grande de la época mayo-junio. Efecto del sombreado. *Revista de la facultad de Agronomía (LUZ)*. 17-38..
- Palomo, A., Arnoldo, J., Gutiérrez, E., Espinoza, A., Rodríguez, S. 2003. Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgénicas y convencionales línea de investigación en producción agrícola del postgrado en ciencias agrarias de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. *Agricultura Técnica en Mexico* 125-130.
- Posada F.C., Cardozo C.F., y Hernández C.M. 2007. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*lycopersicon esculentum L.*) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana*. Vol.25. Pp. 299-305.
- Quesetel, J. 1954. Soil conditioner. *Annual. Rev. Plant Physiol.* 5:75-92.

- Quezada, R. 2005. Evaluación de micronutrientes de biocampo sobre el desarrollo de plántulas de tomate, Centro de investigación de Química Aplicada, Saltillo, Coahuila, México. 34-41.
- Raskin, J., 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology* 43: 439-463.
- Rezende, P., J. Oliveira, y G. Heringer. 2007. Método dft para producao de tomate em ambiente protegido. *Ciencia e Agrotecnologia*. 31(3) 713-719.
- Rincón, L., y Marín, C. 2001. Crecimiento vegetative y absorcion de nutrients de la coliflor. *Investigación agraria: Prod. Prot. Veg.* 16-25.
- Rosales- Serna, R., Kohashi- Shibata, J.; Acosta- Gallegos, J. A.; Trejo-Lopez, C.; Ortiz- Cevceres, J. 2004. Biomasa y rendimiento de frijol con potencial ejotero en unicultivo y asociado con girasol. *Rev. Chapingo Serie Horticultura*. vol.15 no.1. 55–64.
- Sakhabutdinova, A., D. Fatkhutdinova, M. Berzrukova, F. Shakirova. 2003. “Salicylic acid prevents the damaging action of stress factor son wheat plants”. *Journal Plant Physiol. Special Issue*. 314-319.
- Sánchez- Chávez., E.; Barrera-Tovar., R.; Muñoz- Márquez., E.; Ojeda-Barrios., D.L.; Anchondo- Najera., A. 2011. Efecto del acido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17:62-68.

- Sedano, C., V. González, E. Engleman y C. Villanueva. 2005. Dinámica del crecimiento y eficacia fisiológica de la planta de calabacita. Chapingo. Serie Horticultura. 11 (002)-297.
- Sgulaev, V., Silverman, P., Raskin, I. 1997. Airborne signaling by methyl salicylate in plant pathogen resistance *Natura*. 385-388.
- Shah, J. 2003. The salicylic acid loop in plant defense current opinion in plant biology. *Journal of Biological Sciences*. 6 pp.
- Shiratsu, K., Nakajima, Rajasekhar, V., Dixon, R. 1997. Salicylic acid potentiates an agonist-dependent gain control that amplifies pathogen signals in the activation of defense mechanism. *Plant cell* 9: 261-270.
- Stockhausen, H. 1994. Rentabilizar las reservas de agua con Stockosorb. Folleto técnico. Chemische Fabrik Stockhausen GmbH. Stockhausen, Alemania. 6p.
- Stockhausen H. 1995. Stockosorb: Hidrogeles en la agricultura. Reunión Técnica 4-5 abril 1995. Alemania. Pág. 5-12.
- Tapia, J. 1993. Efecto de la aplicación de un hidrogel sobre la fertilización de ballica (*Lolium multiflorum* L.) en un suelo volcánico. Tesis Licenciatura. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias.Chile. 43 p.
- Taylor, K. y Halfrace, R. 1986. The effect of hydrophilic polymer on medium water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. *Hort. Sci.* 21:1159-1161.

- Torres-Lemus D., Estrada-Guerrero R.F., Mendoza-Anaya D., Rodríguez-Lugo V. (2010). Hidrogeles biopoliméricos potencialmente aplicables en la agricultura. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. Vol. 2(12) 2012.
- Van loon, I. 1997. Induced resistance in plants and the role of pathogenesis related proteins. *Journal of Plant Pathology* 103: 753-756 pp.
- Veronin, A. y Vitysev, G. 1979. Effect of hydrophilic and hydrophobic polymers on the surface properties of soil particles. *Agrokimiya* 1:85-89.
- Volosky, E. 1974. *Hortalizas, cultivo y producción en Chile*. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 353 p.
- Voysset, O. 1983. *Variedades de frijol en América Latina y su origen*, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 86 p.
- Vlot A, D. Klessing y S. Park. 2008. Systemic acquired resistance: the elusive signal(s). *Current Opinion in Plant Biology*. 11: 436-442.
- Vlot, A., D. Dempsey, and D. Klessing. 2009. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual Review of Phytopathology* 47:177-206.
- Wallace A. 1986. Effects of polymers in solution culture on growth and mineral composition of tomatoes. *Soil Science* 141(5): 395-416.
- Warnock, R., Valenzuela J., Trujillo, A., Madriz P., y Gutiérrez M. 2006. Área Foliar, componentes del Área Foliar y rendimiento de 6 genotipos de Carlota. *Agronomía Tropical*. 56(1): 21-42.

- White, R. 1979. Salicylic acid (aspirine) resistance to tobacco mosaic virus. *Virology*. 99 sp.
- Weissman, G. 1991. Aspirin. *Sci. Am.* 264: 84-90
- Yañes, N. 2002. Nutrición y regulación de crecimiento en hortalizas y frutales. Comercio y servicios agrícolas mundiales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro del 7 de Octubre del 2002, Saltillo, Coahuila. Mexico. Pag. 2-3.
- Yazdani F., Allahdadi I. Akbari G.A. 2007. Impact of superabsorbent polymer on yield and growth Analysis of Soybean (*Glicine max L.*) under Drought stress condition. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10 (23). 23-45.