

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Efecto del ácido salicílico en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de tomate

(*Solanum lycopersicon* L.) bajo condiciones de invernadero.

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

Presenta:

VIRGINIA YASMIN ARROYO RAMÍREZ

Saltillo, Coahuila, México.

Junio del 2012.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

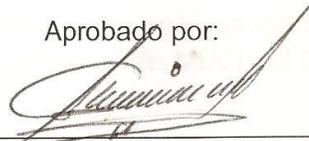
Efecto del Ácido Salicílico en el Crecimiento y Desarrollo de un Cultivo de Tomate
(*Solanum lycopersicon* L.) Bajo Condiciones de Invernadero.

Por:
VIRGINIA YASMIN ARROYO RAMÍREZ

Tesis
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobado por:



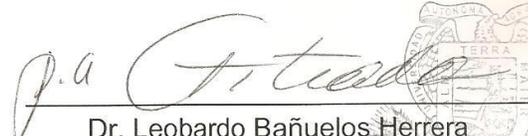
Dr. Manuel De La Rosa Ibarra
Asesor Principal



M.C. Andrés Rodríguez Gámez
Coasesor



M.C. Martha Vázquez Rodríguez
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2012.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar te agradezco **a ti Dios** por haberme dado la oportunidad de llegar a este momento y por darme la fuerza para realizar este sueño así como por acompañarme todos los días de mi vida y llenarme de bendiciones.

Al Dr. Manuel De La Rosa Ibarra quien es parte fundamental en la realización de este trabajo, gracias por dedicarme un poco de su tiempo y paciencia, ya que en el transcurso de la realización de este trabajo pude conocerlo un poco más y darme cuenta que es una excelente persona.

Al Dr. Armando Rodríguez, a la M.C. Martha Vázquez y al Biol. Andrés Rodríguez, quienes forman parte importante de este trabajo por ser parte del jurado y sin pensarlo dos veces aceptaron ser parte de este grandioso sueño.

A mi Alma Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por recibirme y regalarme los mejores cinco años de mi vida.

Y a todas las personas que colaboraron en la realización de este trabajo. Ya que sin ellas no hubiera podido concluir este sueño. MUCHAS GRACIAS.

Vicky

DEDICATORIAS

A mis padres, quienes me dieron la vida, y han estado conmigo en todo momento, quisiera decirles demasiado, pero ni todas las hojas que tiene este trabajo serian suficientes para decirles cuan importantes son para mi y lo agradecida que estoy con ustedes.

A ti mami, por hacer de mí una mejor persona, mediante tus consejos y regaños. Cuando niña pensaba que eras la madre mas mala del mundo y ahora sé que Dios no pudo haberme regalado a otra mejor que tu y ahora que me encuentro en tu lugar, no sabes de las cosas que me he dado cuenta y cuanto te he llagado a valorar. Gracias por tu apoyo incondicional, por los desvelos que has pasado por nosotros, por estar conmigo en cada etapa de mi vida y por ser una gran amiga.

A ti papi, Gracias por todo, por sacrificar tanto tiempo de tu vida estando lejos de tu familia, porque siempre has trabajado para darnos lo mejor, por creer en mí, por quitarte el pan de la boca con tal de que no nos faltara nada. Además de un buen padre has sido un buen amigo, tkm.

Este trabajo que realicé con tanto esfuerzo y dedicación, es para ustedes y con esto les devuelvo un poco de lo mucho que ustedes me han dado.

A mis hermanos, la Prof. Yesica arroyo Ramírez y el Ing. Erick arroyo Ramírez por ser mi inspiración y motivo para salir adelante , por preocuparse por mí, por los momentos maravillosos que pasamos cuando niños ya que a pesar de las carencias que teníamos, siempre fuimos una familia unida dispuesta a echarle muchas ganas para salir adelante juntos; y a mi gorda, Mayrita, yo sé que aun eres muy chica y a veces exijo que te comportes como una adulta, pero con los regaños que a veces te doy te estoy diciendo que tienes que esforzarte mas y no cometer los errores que yo he cometido, espero que este trabajo te sirva de motivación, como a mi me sirvió el de mis hermanos. A ustedes tres gracias, por confiar en mí, por brindarme su amor y estar a mi lado en los momentos más difíciles de mi vida. Siempre estarán en mi corazón.

A mi esposo, el ing. Yonhhy Gudiel González Cota, que te puedo decir amor, simplemente muchas gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas, por regalarme estos maravillosos años, por luchar a mi lado y por no dejar que los obstáculos que se nos han presentado a lo largo de nuestra relación terminen con este amor tan bonito que nos ha unido desde el primer día que nos conocimos, aun que muchos pensaron que esto no duraría, tu y yo sabemos que es el amor más puro y sincero que puede existir. Gracias por brindarme tu apoyo y por confiar en mí. Te amo.

A mis hijos, Kevin Jahel (mi ángel del cielo) por darle un giro completamente a mi vida y llenarla de alegría, por venir a encontrar sentimientos que yo no sabía que existían y a mi bebé que viene en camino, y aunque no te conozco, te amo con toda mi alma y espero ser la mejor madre para ti bebé. Por ustedes daría la vida si fuera necesario y aunque todavía no entiendan lo que dicen estas líneas yo se que sienten el gran amor que siento por ustedes, y algún día llegaran a ser personas de bien.

A mis suegros, Lupita y Misael ya que desde el momento que llegue a su casa me regalaron un lugar en su familia y me hicieron sentir parte de ella, por brindarme su apoyo y cariño. Y por demostrarme que puedo contar con ellos en cualquier momento. La verdad no pude encontrarme con una mejor familia.

A mis cuñados Rafa, Yanci, Lupita y Marquitos por darme un lugar en su corazón y por formar parte fundamental de mi gran familia.

A mis sobrinos Danna, Cristian y a los que están por venir, porque ellos siempre saben como borrar una mirada triste y llenar de alegría el hogar.

A mis amigos Betty, Sandy, manolo, rico, Eloy, Gilberto, fercho, el teacher, y a los que en su momento me brindaron su amistad, gracias porque me han dado la mano cuando más lo he necesitado, por regalarme momentos inolvidable, por dibujarme una sonrisa en la cara cuando más triste me encontraba, recuerden que en mi siempre encontraran a una amiga cuando la necesiten

A todos las personas especiales que he conocido a lo largo de mi vida, a los que ahora están a mi lado y a los que están en mi corazón, no importa en donde se encuentren ahora, a ustedes también les dedico este trabajo ya que cada uno de ustedes han influido para ser la persona que soy ahora.

Vicky.

ÍNDICE

	Paginas
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO GENERAL	3
3. HIPÓTESIS	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Fitorreguladores.....	4
Fitorreguladores en la agricultura.....	5
Acido salicílico.....	8
AS como hormona.....	8
Biosíntesis del AS.....	10
Efecto del AS en las plantas.....	12
Resistencia a patógenos.....	12
Resistencia a salinidad.....	12
Tolerancia a la sequia.....	16
Papel del AS en el incremento del rendimiento de cultivos.....	17
AS en cultivos de grano.....	17
AS en cultivos de flores.....	17
AS en cultivos de hortalizas.....	19
Efecto del AS en el crecimiento y desarrollo de plantas.....	21
Análisis de crecimiento y desarrollo de cultivos.....	21
Coeficiente de Partición de Biomasa (CPB).....	21

Índices de crecimiento.....	22
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
Descripción del área del experimento.....	29
Características climáticas.....	29
Procedimiento.....	30
Delimitación del área del experimento.....	30
Desinfección de charolas.....	30
Preparación del sustrato.....	30
Siembra.....	31
Riego.....	31
Aclareo.....	31
Solución nutritiva.....	32
Preparación de macetas.....	32
Trasplante.....	34
Eliminación de malezas.....	34
Control fitosanitario.....	34
Preparación de concentraciones de AS.....	35
Aplicación de tratamiento.....	35
Tutorado.....	36
Diseño experimental y análisis estadístico.....	36
Variables dependientes.....	37

Coeficiente de Partición de Biomasa (CPB).....	38
Índices de crecimiento.....	38
6. Resultados y discusión.....	40
Coeficiente de Partición de Biomasa.....	40
Índices de crecimiento.....	47
TCR.....	47
TAN.....	51
RAF.....	53
RPF.....	56
AFE.....	58
7. CONCLUSIONES.....	62
8. LITERATURA CITADA.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Paginas
6.1. Análisis de varianza y comparación de medias de coeficiente de partición de biomasa (CPB), para un cultivo de tomate con diferentes concentraciones de Ácido Salicílico.....	41
6.2. Análisis de varianza y comparación de medias del índice de crecimiento TCR en un cultivo de tomate con diferentes concentraciones de Ácido Salicílico.....	48
6.3. Análisis de varianza y comparación de medias del índice de crecimiento TAN en un cultivo de tomate con diferentes concentraciones de Ácido Salicílico.....	51
6.4. Análisis de varianza y comparación de medias del índice de crecimiento RAF en un cultivo de tomate con diferentes concentraciones de Ácido Salicílico.....	54
6.5. Análisis de varianza y comparación de medias del índice de crecimiento RPF en un cultivo de tomate con diferentes concentraciones de Ácido Salicílico.....	56
6.6. Análisis de varianza y comparación de medias del índice de crecimiento RAF en un cultivo de tomate con diferentes concentraciones de Ácido Salicílico.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.		Paginas
4.1.	Biosíntesis y metabolismo del AS.....	11
5.2.	Croquis de acomodo de macetas completamente al azar.....	33
6.1.	Tasa de Crecimiento Relativo en un cultivo de tomate tratado con diferentes concentraciones de Acido Salicílico.....	50
6.2.	Tasa de Asimilación Neta en un cultivo de tomate tratado con diferentes concentraciones de Acido Salicílico.....	53
6.3.	Relación de Área Foliar en un cultivo de tomate tratado con diferentes concentraciones de Acido Salicílico.....	55
6.4.	Relación de Peso Foliar en un cultivo de tomate tratado con diferentes concentraciones de Acido Salicílico.....	57
6.5.	Área Foliar Especifica en un cultivo de tomate tratado con diferentes concentraciones de Acido Salicílico.....	60

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de los reguladores de crecimiento en el desarrollo de la agricultura es uno de los factores clave en el aumento de la productividad. (Weaver, 1976). Los reguladores de crecimiento tienen la particularidad de aumentar los rendimientos y mejorar la calidad de los frutos además de utilizarse ampliamente en el control de las malezas, defoliación, propagación y control del tamaño (Agustí, 2003).

El ácido salicílico (AS) es un componente fenolico el cual ha sido reconocido como una hormona vegetal (Raskin, 1992; Hayad *et al*, 2007). Dentro de los papeles fisiológicos que se le atribuyen al AS se encuentra la inducción al crecimiento en plantas (Khan *et al*. 2003) termogénesis, inducción de floración, captación de nutrientes, biosíntesis de etileno (Hayad *et al*, 2007) resistencia y tolerancia al estrés abiótico (Janda *et al*, 2007) y fotosíntesis (Fariduddin *et al*. 2003).

Existen investigaciones donde se ha demostrado que a concentraciones bajas como 1×10^{-6} M y 1×10^{-8} M de AS incrementan significativamente el rendimiento en diferentes cultivos, como en pepino en el cual se incrementó hasta un 33% y 25% respectivamente, en comparación con el control (Martín y Larqué, 2003). Así también Ramírez *et al*. (2009) demostraron que la aplicación del ácido salicílico aumentó el rendimiento de chile jalapeño por planta, mostrando

incrementos significativos en la producción de chile jalapeño a una concentración de 1×10^{-6} M el cual superó estadísticamente al testigo.

También en el cultivo de tomate (Larqué-Saavedra *et al.* 2010) al trabajar en etapa de plántula, aplicaron concentraciones bajas de ácido salicílico (AS) para estimar su efecto en el crecimiento de la raíz y del tallo. Los resultados señalan que el AS incrementó significativamente la altura, el área foliar, el peso fresco y seco del vástago, así como la longitud, el perímetro y el área de la raíz. Por otra parte, Yildirim y Dursun (2009) demostraron también que los tratamientos con AS aumentaron el crecimiento y desarrollo en tomate, al aplicar la concentración de 0.50 M, en comparación con el testigo.

En los últimos años el cultivo de tomate ha presentado una disminución en el rendimiento esto debido a problemas que se presentan en el crecimiento y desarrollo del mismo, como son: el aborto de las flores, cierre de los estomas, disminución de horas luz, transporte y distribución de nutrientes, lo que afecta en la formación de los frutos y disminuye el crecimiento vegetativo de la planta, por lo que se obtienen bajos rendimientos y en consecuencia los agricultores se ven afectados en la rentabilidad del cultivo.

Se están utilizando nuevas alternativas en la producción de cultivos, como es el uso de las fitohormonas, con el fin de aumentar su rendimiento. Dentro de estos se encontró al AS el cual representa una vía para incrementar el rendimiento como se mencionó anteriormente, lo que ayudaría a los productores a obtener un

mayor rendimiento, viéndose reflejado en un mejor ingreso económico de los mismos.

Palabras clave: Ácido Salicílico, *Solanum esculentum* L., Análisis de crecimiento y desarrollo, Coeficientes de partición de biomasa, Índices de crecimiento.

2. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del ácido salicílico en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicon* L.).

3. HIPÓTESIS

Al menos una de las concentraciones de ácido salicílico utilizadas en este trabajo modificara el crecimiento y desarrollo de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicon* L.).

4. REVISIÓN DE LITERATURA

Fitorreguladores

Las plantas para crecer, además de agua, nutrientes, luz solar y dióxido de carbono, necesitan hormonas, ya que en todas las fases del desarrollo vegetal están ligadas a diferentes sustancias químicas reguladoras de crecimiento, fitohormonas u hormonas vegetales (Lluna, 2006).

Las hormonas vegetales son sustancias orgánicas que se encuentran a muy baja concentración, las cuales se sintetizan en un determinado lugar de la planta y se traslocan a otro punto, donde ejerce su acción produciendo un efecto fisiológico específico. (Saavedra, 2008). El comportamiento de las sustancias vegetales es similar a la de las hormonas animales por lo que se justifica el uso del término hormona vegetal o fitohormona. Así también se utiliza el término reguladores de crecimiento o fitorreguladores de manera de incluir tanto los compuestos naturales (de origen endógeno), como los sintéticos. (Coletto, 1995).

Los fitorreguladores en las plantas desempeñan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de los vegetales. Aunque las sustancias naturales de crecimiento (endógeno) controlan el desarrollo de las plantas, se puede modificar el crecimiento mediante la aplicación de sustancias exógenas, algunas de las cuales pueden producir resultados provechosos para el hombre (Rojas, 1988). Estos son capaces de controlar el desarrollo reproductivo, desde la diferenciación

floral hasta los últimos estadios del desarrollo de los frutos. En particular, la etapa de fructificación y desarrollo depende del contenido endógeno de estas sustancias, y es posible manipular la iniciación del desarrollo del fruto por aplicación externa de hormonas. (Agüero *et al.*, 2007).

Según Gianfagna (1987), los reguladores de crecimiento en las plantas pueden modificar el desarrollo interfiriendo en la biosíntesis, metabolismo o traslocación de hormonas endógenas, o suministrándose hormonas exógenas cuando los niveles en las plantas son bajos.

Debido a su naturaleza química y por el efecto que producen en las plantas los fitorreguladores se pueden clasificar en cinco grupos (Coletto, 1995)

- Auxinas
- Giberelinas (GAs)
- Citoquininas (CK)
- Etileno
- Inhibidores y retardantes de crecimiento

Fitorreguladores en la agricultura

La producción, comercialización y consumo de frutas y hortalizas en el mundo son cada día mayor 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 (Agustí, 2003).

El uso de los reguladores en el desarrollo de la agricultura es uno de los factores clave en el aumento de la productividad, y señala que el conocimiento de los aspectos básicos en la regulación hormonal permitirá avances aún mayores produciendo un incremento en la productividad y calidad en diversos cultivos agrícolas (Weaver; 1976).

Se ha estudiado la eficacia de estos productos en una amplia variedad de cultivos, desde cultivos hortícolas, frutales hasta cultivos tradicionales y los resultados de estas investigaciones, han recomendado el empleo de sustancias sintéticas de crecimiento para la agricultura (Alpi y Tognoni, 1991).

En la actualidad los reguladores de las plantas se utilizan ampliamente en el control de las malezas, defoliación, propagación (Agustí, 2003), y además puede influir en el desarrollo de los frutos, es por eso que hoy en día, es importante en nuestra agricultura, porque 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), lo que traería como consecuencia un aumento en la producción, ya que según Nickell (1982) la exigencia de doblar el suministro de alimentos para la humanidad a finales del siglo XX, así como el aumento de los costos energéticos y el continuo decrecimiento de suelo productivo invadido por los núcleos urbanos e industria, exigirán de técnicas que mejoren y aumenten la productividad y el valor nutritivo de los productos agrícolas. A ello hay que agregar una exigencia creciente, por parte del mundo occidental, la calidad. Todos estos aspectos pueden ser en mayor o menor grado manipulados con la utilización racional de los fitoreguladores. Con estos se obtendrían buenos rendimientos de productos sanos y con la calidad que demandan los mercados internacionales, solo se podrá lograr a través de una nutrición adecuada y balanceada de acuerdo a las necesidades presentes durante el desarrollo de los cultivos, y con la aplicación de productos reguladores del crecimiento de origen natural o sintético, los cuales provoquen y apoyen el logro de los cambios esperados en las diferentes etapas fenológicas (Yañes, 2002).

Acido salicílico (AS)

El conocimiento de las hormonas naturales producidas por las plantas y sus efectos sobre el desarrollo y productividad de las mismas, han propiciado en el mercado un sin número de productos sintéticos y compuestos parecidos a dichas hormonas químicas, así como algunos extractos de origen vegetal y marino que contienen algunas de esas hormonas naturales y los cuales son empleados para aplicaciones exógenas, que compensan o sustituyen las carencias temporales de esos compuestos o bien potencien la expresión genética de las plantas, y/o aceleren o retrasen la ocurrencia de los procesos del desarrollo, con fines de lograr alguna ventaja comercial o competitiva (Yañes, 2002).

AS como hormona

A partir de las ventajas planteadas anteriormente, surge la aplicación endógena del AS ya que en diferentes estudios reportan que este, participa en procesos como la germinación de semillas, crecimiento celular, respiración, cierre de estomas (Raskin, 1992), expresión de genes asociados a senescencia (Métraux y Raskin, 1993), repuesta a estrés abiótico y de forma esencial en la termogénesis (Humphreys 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 AS dentro del metabolismo de las plantas puede ser de forma indirecta ya que altera la síntesis y/o señalización de otras hormonas que incluyen la vía del ácido jasmónico (AJ), etileno (ET), y auxinas (Lorenzo y Solano, 2005;

Broekaert *et al.* 2006; Loake y Grant, 2007; Balbi y Devoto, 2008). Lo que representa una opción viable para incrementar la producción.

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 (Jordán y Casaretto, 2006)

Es por eso que el ácido salicílico ha cobrado importancia debido a todas las funciones antes mencionadas en las plantas, por lo que actualmente se le considera un regulador de desarrollo vegetal (Huang *et al.*, 1993).

Biosíntesis del AS

En relación a la biosíntesis del AS, se requiere del metabolito primario corismato (Garcion y Métraux, 2006). El aminoácido L-fenilalanina, puede ser convertido en ácido salicílico por dos vías, una mediante el intermediario benzoato y 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 Liasa (IPL) (Verberne *et al.*, 2001) (Figura No. 1). La mayoría del 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 salicilato de metilo (SMe), es otro derivado del AS y/o su forma glucosilada (SMeG) también puede acumularse en niveles relativamente altos *in vivo* (Shulaev *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 dihidroxibenzóico (ácido gentísico), 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).

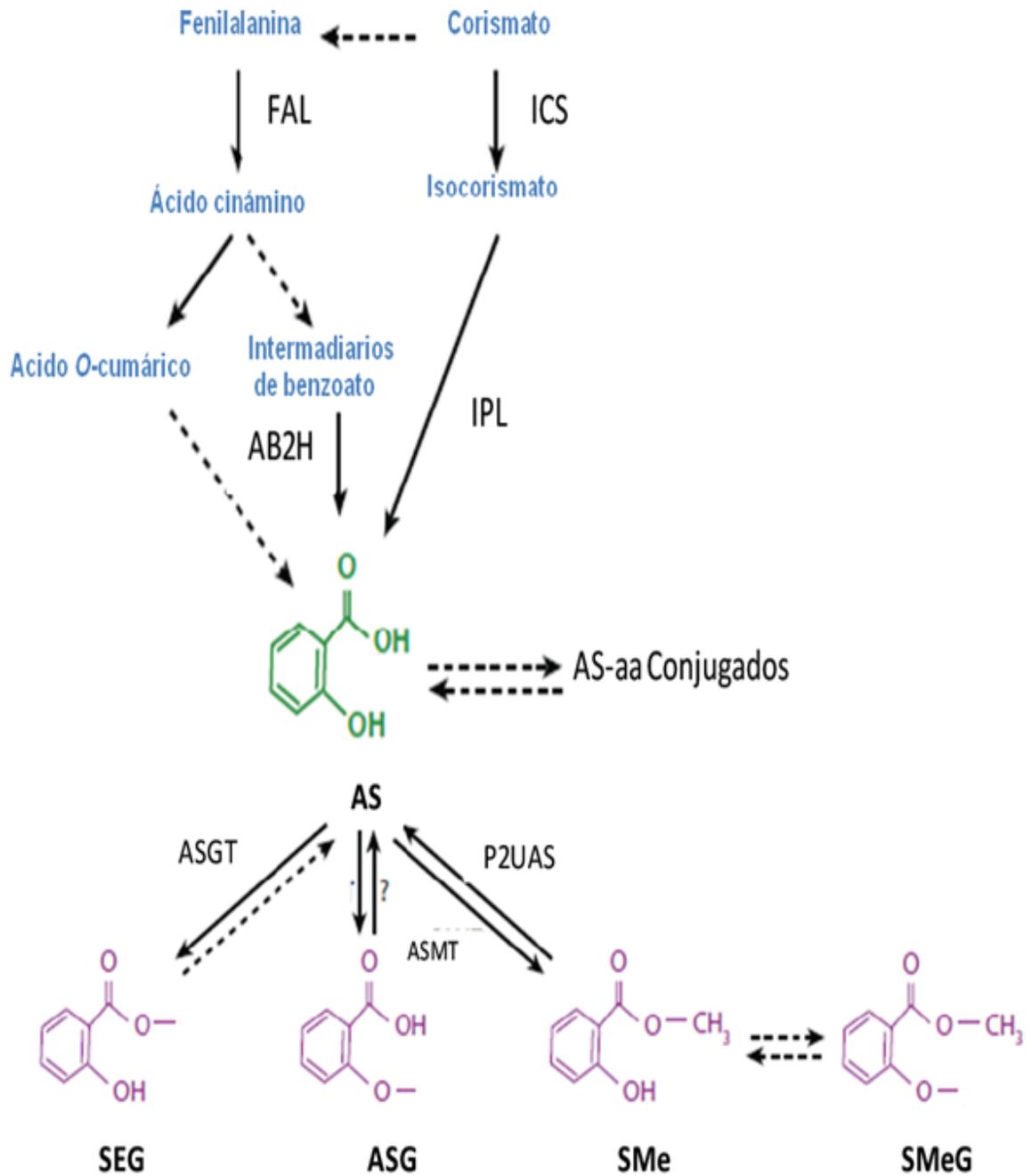


Figura No. 4.1. Biosíntesis y metabolismo del AS. Abreviaturas: FAL, fenilalanina amonio liasa; ICS, isocorismato sintasa; IPL, isocorismato piruvato liasa; AB2H, ácido benzoico 2-hidroxilasa; AS, ácido salicílico; ASGT, ácido salicílico glucosil transferasa; aa, amino ácidos; ASMT, AS metil tranferasa; P2UAS, proteína 2 unida a AS; MES, metil esterasa; SEG, saliciloil éster glucosa; ASG, AS O- β glucósido; SMe, salicilato de metilo; SMeG, salicilato de metilo O- β -glucosido. (Tomado de Vlot *et al.*, 2009).

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.

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 y bioquímicas 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 tales 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 (PR) (Van Loon, 1997).

Una de las respuestas de defensa activas 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 partes no infectadas. Así, la infección predispone a la planta a resistir efectivamente ataques adicionales (Vlot *et al.*, 2008; Mauch y Metraux, 1998). 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 del AS en plantas invadidas por bacterias u hongos son necesarios para la manifestación de síntomas del ataque biótico y además coincide con la expresión de genes considerados de defensa que codifican para las llamadas proteínas relacionadas con patogenicidad o PR. Más aún, la aplicación exógena de AS es capaz no sólo 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 de proteínas PR en maíz, arroz, trigo (Morris *et al.*, 1998; Hwang *et al.*, 2008), y cebada (Kogel *et al.*, 1994).

White (1979) reportó 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) ó 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 heterogéneo 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 (TMV), 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 (*Xanthi-nc*), pero no en las susceptibles (*Xanthi-n*), la concentración de AS endógeno aumentó alrededor de 40 veces en hojas inoculadas con el virus y 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 *et al.*, 2005).

Resistencia a salinidad

Las presiones medioambientales como la salinidad y la sequía disminuyen el crecimiento y la productividad agrícola más que otros factores (Karakas *et al.*, 1997). 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 la raíz y el peso seco (Ashrafuzzaman *et al.*, 2002). Por esta razón se han realizado muchas investigaciones acerca de este tema, ya que representa un problema serio en el campo agrícola.

Khodary (2004) estudio el efecto que ocasiona el AS a una concentración de 10^{-2} M para contrarrestar la tolerancia de salinidad (NaCl 50, 100 y 150 mM) y reporto que la aplicación exógena (aspersión foliar) de AS contrarresta los efectos del NaCl en un cultivar maíz. Por lo que concluye que el AS estimula la tolerancia de salinidad, activando el proceso de fotosíntesis.

Por su parte Hussein *et al.*, (2007) señala que la aplicación exógena de AS aumentó el crecimiento significativo de una cultivo de maíz en condiciones salinas, de los datos que obtuvieron, concluyeron que usando ácido salicílico se obtuvo un efecto contrario de salinidad.

Así mismo los diversos derivados del 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 (Levent *et al.*, 2007). 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 girasol bajo condiciones de salinidad se presentó un gran incremento en la biomasa, por lo que el aumento en el crecimiento de las variedades utilizadas, se le atribuyó a la aplicación exógena de AS (Sibgha and Shraf, 2008), mientras que en plantas de trigo se presentó una mayor germinación bajo condiciones salinas (Kaydan *et al.*, 2006).

Tolerancia a la sequia

La escasez de agua es una grave amenaza para la sostenibilidad de la producción de cultivos, pero desafortunadamente este es un problema que se presenta con mucha frecuencia en lugares en donde no hay agua suficiente, lo que ha llevado a muchos investigadores a tratar de dar una solución eficaz contra este gran problema que se nos está presentando en la actualidad.

Un estudio que se llevo a cabo en girasol hibrido (*Helianthus annus* L.) bajo condiciones de estrés hídrico, demostró que la falta de agua redujo el diámetro de la cabeza, el numero de aquenio, peso de 1000 aquenios, rendimiento de aquenio y rendimiento de aceite, sin embargo la aplicación exógena de AS mejoró significativamente estos atributo (Hussain *et al.*, 2008).

Así también se ha reportado que la aplicación AS mejora el desarrollo del cultivo de arroz bajo condiciones normales y en condiciones de estrés hídrico. El tratamiento foliar de AS con una concentración de 100 mg fue el mejor tratamiento para inducir la tolerancia de sequía y mejorar la desarrollo en comparación con el control (Farooq *et al.*, 2009).

Papel del AS en el incremento del rendimiento de cultivos

AS en cultivos de grano

López *et al.* (1998) al trabajar con tres variedades de trigo señal que el AS muestra una gran influencia sobre el rendimiento. Para la variedad Altar C84 la dosis de 10^{-5} M arrojó los mejores resultados con incrementos de 900 kg ha^{-1} en relación al testigo y en Oasis F86 y Opata M85 la dosis de 10^{-4} M fue la mejor, con aumentos de 500 kg ha^{-1} de diferencia.

AS en cultivos de flores

Algunos estudios han demostrado que las condiciones de estrés inducen la floración temprana en ciertas especies de plantas descritas como evasoras ya que el estrés estimula la acumulación de fitohormonas como el ácido abscísico, el etileno y otros metabolitos como el ácido salicílico, que están involucrados en el proceso de floración (Larqué y Wain, 1974).

El AS tiene un papel importante en dos fenómenos fisiológicos, en la resistencia de plantas y en la producción de calor en las inflorescencias de las familias *Araceae* y *Palmaceae* (Raskin, 1992). Entre los análogos del ácido salicílico, sólo dos compuestos pueden inducir el mismo efecto: el ácido acetilsalicílico (aspirina) y el ácido 2,6- dihidroxibenzoico. El AS se produce en hojas jóvenes, meristemas florales y vegetativos y es transportado vía floema. Se encuentra en las plantas en forma de conjugados de azúcares, como son ésteres de glucosa y glucósidos, como la salicina, que, por acción enzimática o mediante ácidos, se hidroliza en glucosa y saligenina, esta última por oxidación general del AS (Umetamy *et al.*,1990).

El efecto de la aplicación de AS en la floración fue reportado por Cleland y Tanaka (1979), quienes encontraron que esta hormona podría sustituir el estímulo del fotoperiodo en *Lemma gibba*, una planta de día largo. Este hallazgo fue considerado importante en esta línea de investigación con salicilatos. Así también En investigaciones anteriores, se encontró que en violeta africana (*Saintpaulia ionantha*), una planta de día largo tratada con 0.1 nM de AS aumentó el número de flores en 75 % (Martin *et al.*, 2005).

Mientras que Martinez *et al.* (2003), con *Arabidopsis thaliana*, comenzaron a explicar a nivel molecular cómo el estrés por luz UV-C activa la floración vía el AS en *Arabidopsis thaliana*.

Villanueva *et al.* (2009) Al aplicar diferentes concentraciones de AS en flores de crisantemo se reportaron que el diámetro del tallo fue mayor en las plantas asperjadas con AS que en las plantas testigo, siendo el tratamiento 1×10^{-8} M en el que se obtuvieron los valores más altos (8.9 mm). Además el ácido salicílico en concentraciones de 1×10^{-6} , 1×10^{-8} y 1×10^{-10} M incrementaron de manera significativa el peso de materia fresca y seca de follaje y raíz, volumen de raíz y área foliar. Y cabe mencionar que se obtuvo una floración a los 113 Días Después del Transplante (DPT) alcanzando el mayor diámetro de la flor (13.6 y 12.6 cm) con los tratamientos 1×10^{-8} y 1×10^{-10} M, respectivamente.

También Martín *et al.* (2009) realizaron aplicaciones de AS en flores de Petunia y los análisis de los resultados mostraron que todas las concentraciones probadas de AS incrementaron el número de flores abiertas por planta. Concentraciones tan bajas como de 1 mM a 1pM de AS indujeron respuestas positivas en 33 % y 37 %, en comparación con el testigo. La concentración más alta, de 1 mM, aumentó no sólo el número de flores en 72 %, sino también indujo la floración seis días antes.

AS en cultivos de hortalizas

Trabajos realizados en México desde 1976 han señalado la importancia del ácido salicílico en la productividad de las plantas hortícolas, ya que este ha demostrado tener una fuerte influencia en el incremento de la producción de cultivos.

Ramírez *et al.* (2009) al trabajar en Chile jalapeño demostró que la aplicación de AS incrementó el rendimiento por planta mostrando incrementos estadísticos en las tres etapas referidas con aplicación de P-Ca (100, 150 y 200 mg·litro⁻¹) en forma individual o en combinación con AB (Ácido benzoico) y AS (1×10^{-6} M).

Así también se realizó una investigación aplicando AS en Chile jalapeño y sus resultados indican que la aplicación de este ácido a las plantas de Chile aumentaron significativamente la producción de biomasa foliar, en raíz y total, principalmente en las dosis de 0.1 y 0.2 mM. Por otro lado, los tratamientos de 0.1 y 0.2 mM de AS tuvieron un efecto positivo en la producción de frutos. Así mismo, la actividad fotosintética presentó un comportamiento similar a la acumulación de biomasa y producción de frutos por planta, sobresaliendo los tratamientos 0.1 y 0.2 mM de AS con la máxima actividad fotosintética (Sánchez-Chávez *et al.*, 2011).

En un estudio de *Cucumis sativus* L. aplicando ácido salicílico demostró que el rendimiento fue aumentado un 33 % y 25% en las concentraciones de 1×10^{-6} y 1×10^{-8} M, respectivamente comparados con el control (Martín, 2003).

Por su parte Larqué-Saavedra *et al.* (2010) aplicaron AS en un cultivo de tomate y señala que el AS incrementó significativamente la altura, el área foliar, el peso fresco y seco del vástago, así como la longitud, el perímetro y el área de la

raíz. El tratamiento de 1mM de AS, incrementó la longitud de la raíz 43 %, 14.8 % el tamaño del tallo y 38.6 % el área foliar en comparación con el control.

Mientras que Yildirim y Dursun (2009) demostraron que los tratamientos con AS aumentaron el crecimiento y desarrollo en un cultivo de tomate, al aplicar la concentración de 0.50 M, en comparación con el testigo.

Efecto de AS en el crecimiento y desarrollo de las plantas

Análisis de crecimiento y desarrollo de cultivos

Coefficiente de Partición de Biomasa

La distribución de la materia seca entre varias partes de la planta se ha descrito como un equilibrio funcional (Brouwer, 1962) o como funciones de distribución dependientes del tiempo o 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: el control de clima de un invernadero, la dosificación y aplicación de fertilizantes y del agua; la predicción de la 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 y social como las hortalizas en fertirriego o en invernadero (Heuvelink, 1995a; Gary *et al.*, 1998a).

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 (componente) entre el total de la misma (Quezada, 2005), e indica la distribución de un gramo de materia orgánica a cada uno de los diferentes órganos de la planta.

Sedano *et al.* (2005) al trabajar con el cultivo de calabacita señala que la planta presentó 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 sigmoideal. Mientras tanto Quezada (2005) encontró una distribución de biomasa similar con un 64%, 34%, 0.05%, hacia hojas. Tallo y flores respectivamente.

Índices de crecimiento

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

Es una técnica que utiliza modelos matemáticos para cuantificar la relación existente entre el crecimiento de una planta, la producción de materia seca y la 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 foliar y área foliar específica los cuales se describen a continuación.

Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Desde 1906 se trabajó en la búsqueda de un índice de eficiencia de un cultivar o de una especie como productor de materia seca, pero fisiólogos y matemáticos encontraron en 1920 un índice, que denominaron “Tasa de Asimilación Neta” (TAN), que expresa el aumento de peso total de la planta, en función del área foliar y por unidad de tiempo (Montaldi, 1995).

Sedano *et al.* (2005) reporta que en calabacita La TAN, mostro una tendencia creciente en los primeros 33 días después de la siembra (dds), fecha en que alcanzo su máximo valor; en seguida se redujo drásticamente, excepto de los

48 a los 62 dds, 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 *et al.* (2009) en un cultivo de tomate y reportan que la declinación en la TAN podría ser debido a la reducción en la actividad fotosintética de las hojas a medida que estén senescentes y mueren.

Por su parte Aguilar *et al.* (2006) al trabajar en un cultivo de papa encontraron que la TAN disminuyo con la edad del cultivo, los valores máximos se encontraron al inicio del desarrollo en los primeros 20 de la TAN disminuyo, debido posiblemente a la fotosíntesis neta por aumento de respiración o reducción del área fotosintética (Moorby, 1970)

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.

Aparecida y Orika (2008) reportaron que hubo una variación en la TCR de *Salvia officinalis*, la cual estuvo muy marcada, observándose los valores más altos en la primera colección, a los 47 DAT, y a partir de ahí, se presento una tendencia a la disminución.

La disminución de la TCR también fue observada por Barreiro *et al.* (2006) en las plantas de *Ocimum basilicum* L. (albahaca) 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 también Ascencio (1972) reportó que la TCR en un cultivo de frijol disminuyó desde la germinación hasta el inicio de la floración, y aumentó 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.

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 en AFE hasta los 45 días de crecimiento vegetativo y pudo

destacarse que las hojas son más delgadas al crecer en condiciones de menor irradiación. 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.

Así también Rincón *et al.* (2001) encontraron resultados similares en un cultivo de coliflor ya que el área foliar específica (AFE) presentó el valor máximo en el momento del trasplante, disminuyendo posteriormente con el paso del tiempo.

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 diferentes cultivos

Aparecida y Orika (2008) al trabajar con *Salvia officinalis* reportaron que en general, todos los tratamientos, excepto el testigo, presentaron una disminución constante en la RAF. Estos resultados son similares a los de Barreiro *et al.* (2006), quienes observaron una máxima expresión en el primer resultado obtenido de RAF en un cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), disminuyendo en los periodos siguientes.

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 del crecimiento donde el valor se mantiene constante alrededor de 0.63 gramos de hojas por gramos de peso seco total o sea que el 63% de peso total de la planta está integrado por la hojas. Durante la floración y fructificación se observa una disminución en este valor debido al traslado de fotosintatos hacia los órganos en formación. (Ascencio, 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 (Geraud *et al.*, 1995).

En un cultivo de algodón se observó que los valores más altos de RPF de las se 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 fotoasimilados en el establecimiento de su aparato fotosintético, cantidad que va disminuyendo gradualmente a medida que la planta acumula una mayor cantidad

de carbohidratos en otros órganos de la planta, especialmente en los reproductivos (Palomo *et al.*, 2003)

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área del experimento

La presente investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano del 2011 en el invernadero de alta tecnología, perteneciente al departamento forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Características climáticas

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 27°C en el día y 24°C por la noche, 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 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.

Procedimiento

Delimitación del área experimental.

Para establecer el experimento primeramente se delimitó el área, la cual consistió en 20 m². Enseguida se realizó un acondicionamiento que consistió principalmente en desalojar y limpiar el área para que estuviera listo el día de la colocación de macetas.

Desinfección de charolas

Se utilizó una charola de poliestireno con 200 cavidades, la cual fue desinfectada con cloro (cloralex) a una concentración de 2.5 ml/litro de agua y posteriormente lavada con agua limpia, esto con el fin de eliminar residuos en la charola y que pudieran alterar los resultados del experimento.

Preparación del sustrato

Para la preparación del sustrato se utilizó tierra agrícola previamente cribada, después fue mezclada con peat most y perlita a una proporción de 1:1:1. Dicha mezcla fue humedecida ligeramente para homogenizarla. Enseguida se colocó en una olla de presión marca Presto modelo 21 L, a una temperatura de 105°C esto durante 15 minutos, después de 24 horas se retiró de la olla, ya

desinfectada. Con la mezcla ya lista, se lleno la charola de una manera uniforme para posteriormente proseguir a la siembra.

Siembra

Para la siembra se empleó semilla de tomate (*Solanum lycopersicon* L. Var. Montecarlo.) de crecimiento indeterminado. Para asegurar la emergencia se colocaron 3 semillas por cavidad. En seguida se cubrió con un plástico de color negro, para mantener la temperatura y humedad óptimas y asegurar la germinación de la semilla. En el momento que emergió la primera plántula se retiró el plástico.

Riego

Los riegos se realizaron durante todo el ciclo de la planta, con la ayuda de una regadera manual, de manera que la maceta quedara completamente saturada.

Aclareo

El aclareo se realizó cuando la planta alcanzó una altura considerable de 8 a 10 cm y consistió en seleccionar y cortar las plántulas de tomate, de manera que las que permanecieran fueran las más uniformes, dejando una plántula por cavidad,

Solución nutritiva

Cuando se obtuvo una plántula por cavidad, se aplicó una solución nutritiva al suelo, denominada Hoagland-Arnon (micronutrientes y macronutrientes) diluida en un litro de agua, la cual se aplicó de forma manual con la ayuda de una pipeta de 10 ml cada 8 días antes del trasplante, de manera cuidadosa para que no tocaran las hojas para no quemarlas.

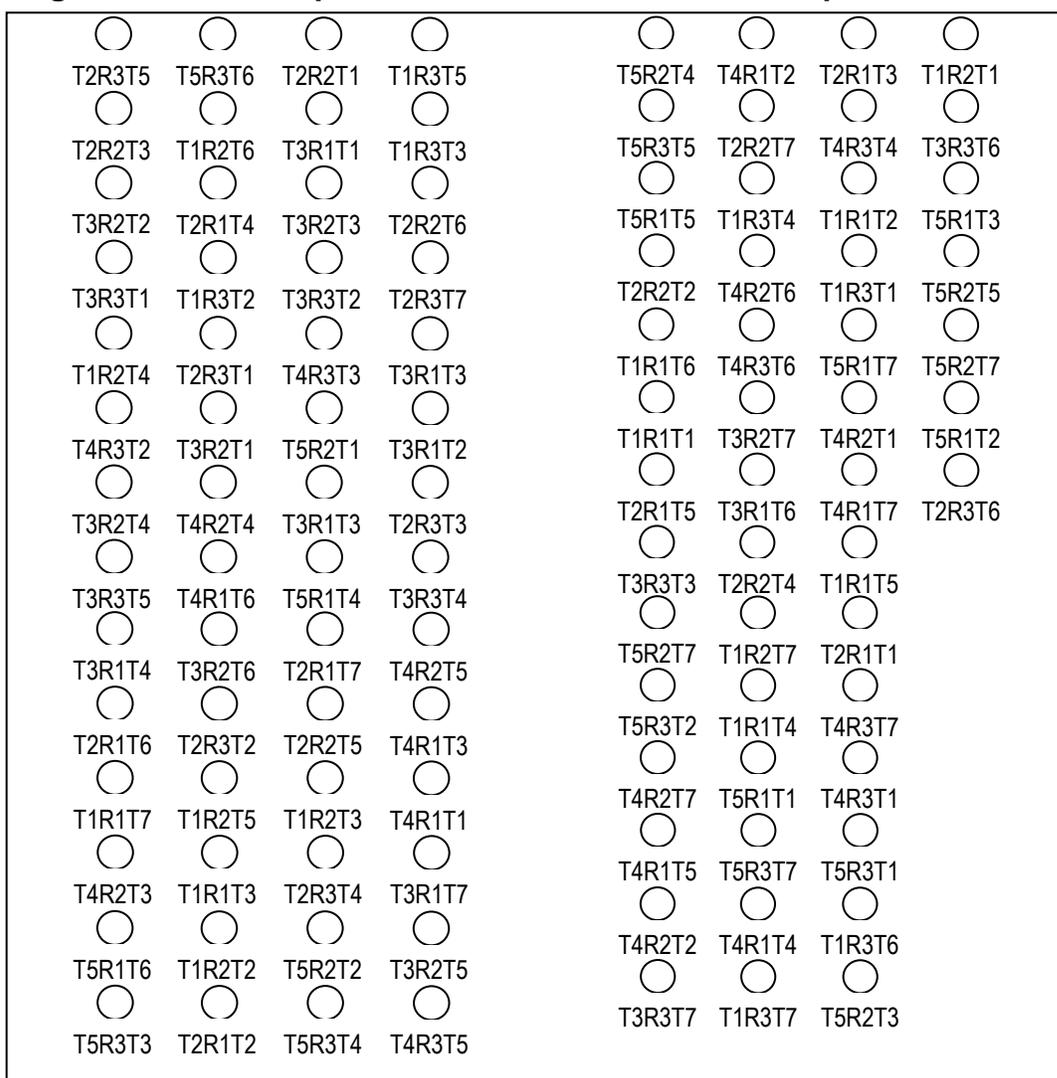
Preparación de macetas

El material que se utilizó para la preparación de las macetas fue plástico de polietileno color negro, con capacidad de 3.5 kilogramos y con una altura de 30 cm las cuales contaron con 4 agujeros que estaban ubicados a 3 cm por encima de la base, esto con la finalidad de tener un buen drenaje al momento de hacer el riego y que las plantas no se ahogaran.

Para el llenado de las macetas se utilizó una mezcla de tierra agrícola previamente cribada y peat most y se le agregó poca agua para mantener una humedad de manera uniforme. Con el sustrato ya preparado se prosiguió al llenado de las bolsas hasta tres cuartas partes de su capacidad, luego se le agregaron 2 gramos de superfosfato triple 17 (utilizando una tapa de refresco para fijar una medida). Se mezcló bien el fertilizante con la tierra y se finalizó completando el llenado de la bolsa.

Para el acomodo de las macetas se dividió el área de 20 m² en 2 partes, poniendo como división un pasillo de 50 cm para poder realizar las labores culturales (riego, deshierbe, tutorado, control fitosanitario etc.), la distancia entre cada maceta fue de 40 cm teniendo una densidad de 6 plantas por m², esto para que no existiera competencia por espacio y luz.

Figura No. 5.2. Croquis de acomodo de macetas completamente al azar.



T: tratamiento; R: repeticiones; T: tiempos de muestreos

Trasplante

Este proceso se realizó cuando la planta alcanzó una altura aproximada de 12 a 15 cm, con una estaca se hizo un orificio en el centro de la maceta para depositar la plántula con mucho cuidado y evitar que esta sufriera el menor estrés posible, por el traslado de la charola a la maceta.

Eliminación de maleza

Consistió en eliminar las malas hierbas, que se presentaban en las macetas, esta actividad se realizó cada que había presencia de malezas, llevándose acabo de forma manual.

Control fitosanitario

Para el control de las principales plagas y enfermedades del tomate que se presentaron en el transcurso de la investigación se realizó un control químico por medio de insecticidas como el endosulfan a una concentración de 0.5 ml/lit de agua, confidor 350 sc a una concentración de 0.7 ml/ lit de agua y el Agrimycu 500 a una concentración de 2 gr/5 lit de agua los cuales funcionan para combatir plagas como mosquita blanca, trips, araña roja, diabrótica, pulgón, etc. La aplicación fue por aspersion utilizando una bomba de mochila.

Preparación de concentraciones de ácido salicílico

Los tratamientos evaluados en esta investigación fueron con las siguientes concentraciones: testigo, 1×10^{-6} , 1×10^{-7} , 1×10^{-8} y 1×10^{-9} M de ácido salicílico. Para realizar las concentraciones se pesaron 0.136 g de AS en una balanza analítica (AND, Modelo GR-120) y se colocó en un tubo de ensayo al cual se le agregaron 2 ml de alcohol etílico para diluirlo, posteriormente la solución fue aforada a 1 litro, con agua destilada en un vaso de precipitado, obteniendo así la concentración de 1×10^{-3} M, en seguida se tomó 1 ml de esta solución, la cual se diluyó en 999 ml de agua destilada para obtener la concentración de 1×10^{-6} M, en seguida se tomó 1 ml de 1×10^{-6} para obtener 1×10^{-9} M, la cual se diluyó en 999 ml de agua destilada, para la concentración de 1×10^{-7} M, se tomaron 10 ml de la concentración de 1×10^{-6} M la cual se diluyó a 990 ml de agua destilada, para realizar la concentración de 1×10^{-8} M se tomó 100 ml de 1×10^{-6} M, la cual se diluyó en 900 ml de agua, como testigo se utilizó agua destilada.

Aplicación de tratamiento

Los tratamientos se aplicaron 2 veces, la primera aplicación se realizó en la segunda semana después del trasplante y la segunda aplicación 8 días después de la primera. Se llevó a cabo de forma manual con aspersores, y con la ayuda de una caja grande a la cual se le quitó uno de los lados más pequeños con el fin de que cubriera toda la maceta y así evitar que las concentraciones llegaran a otras

plantas y los tratamientos se vieran mezclados. La solución fue asperjada de tal manera que se cubriera por completo el haz y el envés de la hoja.

Tutorado

Esta práctica es necesaria para mantener 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 culturales.

Para sujetar la planta se utilizó un hilo de polipropileno (rafia) sujeto de una 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.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental que se utilizó en la investigación fue un diseño completamente al azar, con 5 tratamientos (1×10^{-6} , 1×10^{-7} , 1×10^{-8} , 1×10^{-9} M y testigo) 3 repeticiones y 7 muestreos, teniendo así un total de 105 plantas. Primeramente se realizó un sorteo para poder identificar a cada maceta con su respectiva etiqueta. Como unidad experimental se tomo una planta por tratamiento.

Los resultados obtenidos se analizaron mediante el paquete estadístico de la UANL.

Variables dependientes

Las variables dependientes o variables agronómicas que se tomaron en cuenta dentro de esta investigación fueron las siguientes: peso seco de hoja, peso seco de tallo, peso seco de flor, peso seco total y área foliar. Los muestreos se iniciaron una semana después de la primera aplicación del tratamiento y se realizaron con una diferencia de 10 días entre cada uno. Se tomaron 3 plantas de cada tratamiento teniendo un total de 15 plantas por muestreo, fueron disectadas dentro del invernadero y después fueron 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 estroza y posteriormente fueron llevadas a una 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 de 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 pasarla por la banda sin fin que automáticamente da los resultados de área en cm^2 .

Con los datos obtenidos (de los siete muestreos), se obtuvo el coeficiente de partición de biomasa y posteriormente se calcularon los índices de crecimiento.

Coeficiente de partición de biomasa (CPB)

Para analizar 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} .

Índices de crecimiento.

Para medir los índices de crecimiento se tomó en cuenta: Tasa de Crecimiento Relativo (TCR), Tasa de Asimilación Neta (TAN), Relación de Área Foliar (RAF), Relación de Peso Foliar (RPF), Área Foliar Especifica (AFE). Para obtener los valores de cada uno de estos índices se aplicaron diferentes formulas, descritas a continuación.

Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

Las unidades en que se expresa son: $g \cdot g^{-1} \cdot dia^{-1}$, matemáticamente como:

$$TCR = \frac{\ln PS_2 - \ln PS_1}{t_2 - t_1}$$

Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Las unidades en que se expresa son: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$. Matemáticamente:

$$\text{TAN} = ((\text{PS}_2 - \text{PS}_1) / (t_2 - t_1)) \cdot ((\ln \text{AF}_2 - \ln \text{AF}_1) / (\text{AF}_2 - \text{AF}_1)).$$

Relación de Área Foliar (RAF)

Las unidades en que se expresa son en $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Matemáticamente como:

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

Relación de Peso Foliar (RPF)

Matemáticamente se expresa como: $\text{RPF} = ((\text{PSH}_1 / \text{PS}_1) + (\text{PSH}_2 / \text{PS}_2)) / 2$.

Área Foliar Especifica (AFE)

Es una medida de la relación entre el área foliar y el peso seco de la hoja por lo que las unidades en que se expresa son; $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Matemáticamente se define como: $\text{AFE} = ((\text{AF}_1 / \text{PSH}_1) + (\text{AF}_2 / \text{PSH}_2)) / 2$

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Coeficiente de Partición de Biomasa (CPB)

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias no mostraron ninguna diferencia significativa para la mayoría de las variables en cada uno de los muestreos a excepción de la variable peso seco de flor en el sexto muestreo en el cual se observa que presentó una diferencia significativa (Cuadro No.1).

El coeficiente de partición de biomasa indica que en el primer muestreo el comportamiento normal de la planta de tomate (planta testigo) fue enviar el 68% a las hojas, y el 31% a la formación de tallo, mientras que las plantas con los tratamientos de Acido Salicílico (AS) enviaron mayor cantidad de biomasa hacia los tallos en comparación a las plantas testigo y menos biomasa hacia las hojas que las plantas que no se asperjaron con AS. También se puede resaltar la importancia de precocidad en la formación de flores a las plantas asperjadas con AS. Estos resultados fueron similares a los encontrados por Quezada (2005) donde se observó una distribución de biomasa de un 64%, 34%, 0.05%, hacia hojas, tallo y flores respectivamente.

Cuadro No. 6.1. Análisis de varianza y comparación de medias de coeficiente de partición de biomasa (CPB), para un cultivo de tomate con diferentes concentraciones de Ácido Salicílico.

TRATAMIENTOS	VARIABLES	FECHAS DE MUESTREO							
		16/05/2011	26/05/2011	05/06/2011	15/06/2011	25/06/2011	05/06/2011	15/07/2011	
AS 1X10 ⁻⁶ M	C.P.B. HOJA	0.655 A+	0.621 A	0.571 A	0.503 A	0.409 A	0.389 A	0.470 A	
AS 1X10 ⁻⁷ M		0.651 A	0.602 A	0.595 A	0.465 A	0.444 A	0.316 A	0.420 A	
AS 1X10 ⁻⁸ M		0.655 A	0.612 A	0.594 A	0.481 A	0.454 A	0.360 A	0.477 A	
AS 1X10 ⁻⁹ M		0.694 A	0.573 A	0.584 A	0.503 A	0.431 A	0.315 A	0.432 A	
TESTIGO		0.687 A	0.626 A	0.662 A	0.518 A	0.449 A	0.325 A	0.473 A	
C.V. (%)		4.2	3.23	6.65	15.87	11.24	15.39	15.52	
		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
AS 1X10 ⁻⁶ M	C.P.B.TALLO	0.342 A	0.372 A	0.365 A	0.366 A	0.326 A	0.390 A	0.341 A	
AS 1X10 ⁻⁷ M		0.346 A	0.366 A	0.359 A	0.382 A	0.319 A	0.405 A	0.358 A	
AS 1X10 ⁻⁸ M		0.343 A	0.381 A	0.347 A	0.326 A	0.351 A	0.437 A	0.316 A	
AS 1X10 ⁻⁹ M		0.305 A	0.405 A	0.38 A	0.362 A	0.344 A	0.445 A	0.341 A	
TESTIGO		0.313 A	0.366 A	0.303 A	0.345 A	0.311 A	0.481 A	0.340 A	
C.V. (%)		8.2	7.66	12.49	6.83	9.72	7.22	16.58	
		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
AS 1X10 ⁻⁶ M	C.P.B. FLOR	0.003 A	0.008 A	0.012 A	0.012 A	0.004 A	0.001 A	0.003 A	
AS 1X10 ⁻⁷ M		0.003 A	0.019 A	0.015 A	0.009 A	0.007 A	0.002 A	0.004 A	
AS 1X10 ⁻⁸ M		0.002 A	0.008 A	0.014 A	0.007 A	0.008 A	0.004 A	0.003 A	
AS 1X10 ⁻⁹ M		0.001 A	0.01 A	0.012 A	0.006 A	0.015 A	0.004 B	0.002 A	
TESTIGO		0	0.008 A	0.016 A	0.012 A	0.009 A	0.002 A	0.005 A	
C.V. (%)		135.39	73.14	16.38	59.13	55.36	53.79	86.23	
		NS	NS	NS	NS	*	NS		
AS 1X10 ⁻⁶ M	C.P.B.FRUTO		0.000 A	0.051 A	0.119 A	0.261 A	0.220 A	0.186 A	
AS 1X10 ⁻⁷ M				0.013 A	0.032 A	0.143 A	0.230 A	0.278 A	0.218 A
AS 1X10 ⁻⁸ M				0.000 A	0.045 A	0.186 A	0.187 A	0.199 A	0.204 A
AS 1X10 ⁻⁹ M				0.012 A	0.025 A	0.129 A	0.210 A	0.237 A	0.225 A
TESTIGO				0 A	0.02 A	0.126 A	0.231 A	0.192 A	0.183 A
C.V. (%)				255.62	47.18	54.21	32.34	25.16	41.44
			NS	NS	NS	NS	NS	NS	

*= Diferencia significativa

NS= Diferencia no significativa

CV= Coeficiente de variación

+ = Medias seguidas de la misma letra en las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05).

En el segundo 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, a el resto de las variables consideradas las cuales presentaron una tendencia al incremento, siendo ahora las plantas asperjadas con AS las que presentaron una mayor presencia de biomasa en los diferentes órganos. Cabe mencionar que las plantas de los tratamientos 1×10^{-7} y 1×10^{-9} M de AS iniciaron el envío de biomasa a formar los primeros frutos.

Para el tercer muestreo el CPB de Hoja se observa que existe una tendencia al incremento de biomasa en plantas con los tratamientos 1×10^{-9} M de AS y testigo mientras que el resto de las plantas tratadas presentaron una disminución en lo que respecta a la biomasa acumulada en las hojas.

Para el CPB 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.

En la variable CPB Flor hay una tendencia a aumentar en casi todas las plantas, a excepción de las plantas del tratamiento 1×10^{-7} M de AS las cuales disminuyeron en un 0.4% de su biomasa acumulada en el muestreo anterior. Las plantas testigo fueron las que presentaron una mayor cantidad de biomasa acumulada en comparación al resto de las plantas.

En el CPB Fruto se puede observar que todas las plantas presentaron una tendencia muy marcada al incremento, sobresaliendo las plantas tratadas con AS ya que estas superaron a las plantas testigo. Estos resultados son similares a los encontrados por Abdalla (2002) quien menciona que se deben a 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 más rápido.

Los datos obtenidos en el cuarto muestreo indican que en la variable hoja se sigue manteniendo la misma tendencia a la disminución en el CPB. Siendo las plantas del tratamiento 1×10^{-7} M de AS las que presentaron la menor acumulación de biomasa en este órgano.

En el CPB Tallo se puede observar una tendencia a la disminución en las plantas de los tratamientos de AS 1×10^{-8} y 1×10^{-9} M mientras que en el resto de las plantas predomina una tendencia al incremento.

Los resultados de la variable flor indican que el tratamiento 1×10^{-6} M de AS se mantuvo constante en la cantidad de biomasa enviada en el muestreo anterior mientras que el resto de las plantas disminuyeron su envío de biomasa. Ubicando a las plantas del tratamiento 1×10^{-8} M de AS por debajo del resto de las plantas ya

que estas disminuyeron la mitad de biomasa enviada anteriormente. El- Keblawy y Lovet (1996) al trabajar en calabacita encontraron que la presencia de un fruto en crecimiento inhibe la producción de flores.

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 1×10^{-9} M de AS y testigo ya que estos incrementaron cinco veces más la biomasa acumulada que en el muestreo anterior. Aun así el tratamiento 1×10^{-8} M de AS fue el que presentó 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 existen diferencias fenotípicas entre cultivares de una misma especie (Rezende *et al.*, 2007).

En el quinto muestreo los resultados mostraron que existe una tendencia a la disminución en las variables CPB Hojas y CPB Tallo, siendo las plantas del tratamiento 1×10^{-8} M de AS las que acumularon la mayor cantidad de biomasa en cada una de las variables.

En CPB Flor se presentó un incremento en la biomasa acumulada en las plantas de los tratamientos 1×10^{-8} y 1×10^{-9} M de AS mientras que en el resto de las plantas se observó una tendencia a la disminución, notándose que las plantas del tratamiento 1×10^{-6} M de AS disminuyeron tres veces el envío de su biomasa

comparadas con el muestreo anterior, por lo cual fueron las que produjeron una menor cantidad de biomasa.

En la variable CPB Fruto la mayoría de las plantas tratadas duplicaron su biomasa acumulada en el muestreo anterior a excepción de las plantas del tratamiento 1×10^{-8} M I de AS cuales se mantuvieron constantes y se ubicaron por debajo del resto de las plantas.

En el sexto muestreo la variable hojas se sigue manteniendo en la tendencia a la disminución en las plantas, siendo las plantas de tratamiento 1×10^{-6} M de AS las que presentaron una mayor acumulación de biomasa en este órgano. En el CPB Tallo se puede observar una tendencia al incremento en todas las plantas. Pero las plantas testigo sobresalieron sobre las demás plantas tratadas por haber acumulado la mayor cantidad de biomasa.

En la variable CPB Flor se puede ver que todas las plantas tratadas mantuvieron la misma tendencia del muestreo anterior, siendo las plantas del tratamiento 1×10^{-6} M de AS las que presentaron una menor acumulación de biomasa en esta variable.

Para la variable fruto las plantas de los tratamientos de AS 1×10^{-6} M y testigo disminuyeron su biomasa acumulada en el muestreo anterior. Mientras que el resto de las plantas presentaron una tendencia al incremento, siendo las plantas testigo las que acumularon la cantidad más baja de biomasa.

Para el último muestreo hubo un cambio drástico en el comportamiento del CPB Hoja ya que todas las plantas presentaron una tendencia al incremento, aproximadamente del 10%. Acumulando mayor cantidad de biomasa las plantas del tratamiento 1×10^{-8} M de AS. En cambio en el CPB Tallo se presentó una tendencia a la disminución en todas las plantas, ubicándose las plantas del tratamiento con AS 1×10^{-7} M por encima del resto de las plantas, esto por haber acumulado la mayor cantidad de biomasa en este órgano.

En el CPB Flor se presentó un incremento en la mayoría de las plantas a excepción de las plantas del tratamiento 1×10^{-8} y 1×10^{-9} M de AS las cuales disminuyeron su envío de biomasa en comparación con el muestreo anterior.

En el CPB Fruto a diferencia de los muestreos anteriores ahora se presenta una disminución en la biomasa acumulada de la mayoría de las plantas a excepción del tratamiento de AS 1×10^{-8} M el cual presenta un pequeño incremento. Las plantas del tratamiento 1×10^{-9} M de AS fueron las que mantuvieron una mayor cantidad de biomasa en este órgano de la planta. La acumulación de biomasa por órgano y total en plantas de tomate aumenta con la edad del cultivo, independientemente de la época y los tratamientos estudiados (Manrique, 1990).

En general los resultados de los CPB son similares a los obtenidos por Quezada (2005) en los cuales se puede observar un cambio de patrón de

repartición de la biomasa a través del tiempo, disminuyendo para el caso de las hojas y aumentando para los tallos. En el caso de flores es muy variable y no tiene tendencias lo que generalmente es normal en cualquier planta ya que hay diferentes tiempos de floración. En cuanto al CPB frutos, el período de cuajado de frutos y desarrollo del mismo se inicio después de los 55 días después de la siembra.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Hernández *et al.*, (2009) quienes señalan que La mayor producción de biomasa se cuantificó al final del período de plena producción. En la fase I (que corresponde al primero y segundo muestreo) existió una escasa producción de biomasa y el orden por órgano se comportó como sigue: hojas>tallo>frutos>raíz. También en calabacita fue encontrada una distribución similar por Sedano *et al.*, (2005) quienes señalan que se presentó una distribución de biomasa, donde la planta asignó durante su ciclo 59.4% a hojas, 29.5% a fruto inmaduro y 6.5% a tallo, durante los primeros días, luego la planta y sus órganos crecieron en forma sigmoideal.

INDICES DE CRECIMIENTO

TCR

El análisis de varianza y comparación de medias para la TCR no presentó diferencias significativas para ninguno de los muestreos con excepción del tercero en el cual se observó una diferencia altamente significativa (Cuadro No.2).

Cuadro No. 6.2. Análisis de varianza y comparación de medias del índice de crecimiento TCR en un cultivo de tomate con diferentes concentraciones de Ácido Salicílico.

TRATAMIENTOS	VARIABLES	FECHAS DE MUESTREO					
		16/05/2011- 26/05/2011	26/05/2011- 05/06/2011	05/06/2011- 15/06/2011	15/06/2011- 25/06/2011	25/06/2011- 05/07/2011	05/07/2011- 15/07/2011
AS 1X10 ⁻⁶ M		0.111 A+	0.046 A	0.092 A	0.004 A	0.036 A	0.005 A
AS 1X10 ⁻⁷ M		0.142 A	0.044 A	0.011 AB	0.029 A	0.014 A	0.033 A
AS 1X10 ⁻⁸ M	TCR	0.085 A	0.076 A	0.018 B	0.034 A	0.013 A	0.034 A
AS 1X10 ⁻⁹ M	g•g ⁻¹ •día ⁻¹	0.131 A	0.059 A	0.034 B	0.015 A	0.023 A	0.004 A
TESTIGO		0.105 A	0.081 A	0.03 B	0.043 A	0.015 A	0.029 A
C.V. (%)		54.91	40.99	64.38	74.26	105.58	95.1
		NS	NS	**	NS	NS	NS

TCR= Tasa de Crecimiento Relativo.

C.V.= Coeficiente de Variación.

**= Diferencia Altamente Significativa.

NS= Diferencia no significativa.

+ = Medias seguidas con la misma letra, en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, p=0.05).

En el primer muestreo se encontró que las plantas testigo produjeron una acumulación de 0.085 g•g⁻¹•día⁻¹ de biomasa la cual fue superada por la mayoría de las plantas tratadas con AS a excepción de las plantas del tratamiento 1x10⁻⁸ M de AS las cuales produjeron una acumulación menor de biomasa.

En el segundo muestreo se presentó una tendencia a la disminución en todas las plantas, siendo mayor la velocidad de producción de biomasa en las plantas testigo, ya que produjeron mayor biomasa.

Para el tercer muestreo se sigue manteniendo la tendencia a la disminución en la mayoría de las plantas a excepción de las plantas del tratamiento con AS 1x10⁻⁶ M las cuales casi duplicaron la velocidad de producción de biomasa del muestreo anterior.

En el cuarto muestreo las plantas de los tratamientos 1×10^{-6} y 1×10^{-9} M de AS a diferencia del muestreo anterior disminuyeron su velocidad de producción de biomasa, mientras que el resto de las plantas presentaron una tendencia al incremento, resaltando que los tratamientos 1×10^{-7} y 1×10^{-8} M de AS duplicaron su biomasa producida en el muestreo anterior. Sin embargo las plantas testigo se ubicaron por encima del resto de las plantas ya que presentaron la mayor velocidad de acumulación de biomasa, por cada gramo de biomasa existente por día.

Para el quinto muestreo las plantas de los tratamientos con AS 1×10^{-6} y 1×10^{-9} M en comparación al muestreo anterior, ahora incrementaron su velocidad de acumulación de biomasa, mientras que el resto de las plantas disminuyeron la TCR. Sobresaliendo el resultado de las plantas testigo ya que disminuyeron drásticamente su acumulación de biomasa.

En el sexto muestreo se presentó una mayor velocidad de acumulación en todos los tratamientos a excepción de los tratamientos 1×10^{-6} y 1×10^{-9} M de AS, en los cuales se puede observar una tendencia a la disminución de la velocidad de acumulación de biomasa por $\text{gr} \cdot \text{día}^{-1}$.

Como se puede observar en los muestreos realizados, para todos los tratamientos la TCR tiene una tendencia a la disminución a través del tiempo (figura No.3).

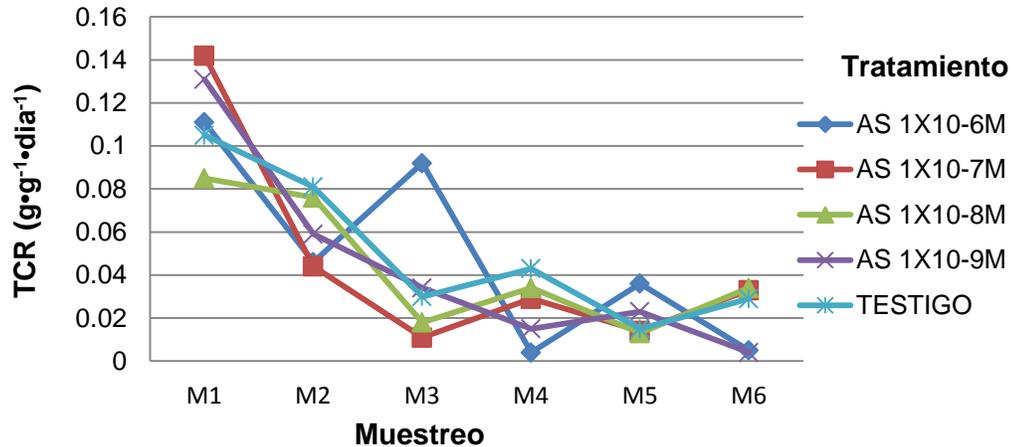


Figura No. 6.3. Tasa de Crecimiento Relativo en un cultivo de tomate tratado con diferentes concentraciones de Acido Salicílico.

Resultados similares a los obtenidos en esta investigación fueron encontrados por Aguilar *et al.* (2006) quienes reportaron que la actividad de la TCR en unas variedades de papa, decrecieron con la edad del cultivo, de manera que sus valores máximos se registraron al inicio del desarrollo y fue disminuyendo a través del tiempo. Así también Asencio (1972) al trabajar en un cultivo de frijol reportó que la TCR disminuyó desde la emergencia hasta el inicio de la floración, y aumentó 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.

TAN

El análisis de varianza y comparación de medias para la TAN no mostró diferencias significativas en ningún muestreo (Cuadro No.3).

Cuadro No. 6.3. Análisis de varianza y comparación de medias del índice de crecimiento TAN en un cultivo de tomate con diferentes concentraciones de Ácido Salicílico.

TRATAMIENTOS	VARIABLES	FECHAS DE MUESTREO					
		16/05/2011- 26/05/2011	26/05/2011- 05/06/2011	05/06/2011- 15/06/2011	15/06/2011- 25/06/2011	25/06/2011- 05/07/2011	05/07/2011- 15/07/2011
AS 1X10 ⁻⁶ M		0.0006 A+	0.0006 A	0.0018 A	0.0001 A	0.0009 A	0.0001 A
AS 1X10 ⁻⁷ M		0.0007 A	0.0005 A	0.0005 A	0.0010 A	0.0003 A	0.0008 A
AS 1X10 ⁻⁸ M	TAN	0.0005 A	0.001 A	0.0004 A	0.0010 A	0.0004 A	0.0008 A
AS 1X10 ⁻⁹ M	g•cm ⁻² •dia ⁻¹	0.0006 A	0.0008 A	0.0007 A	0.0004 A	0.0008 A	0.0001 A
TESTIGO		0.0005 A	0.0013 A	0.0009 A	0.0012 A	0.00001 A	0.0007 A
C.V. (%)		56.71	59.38	70.99	74.44	109.23	89.37
		NS	NS	NS	NS	NS	NS

TAN= Tasa de Asimilación Neta.

C.V.= Coeficiente de Variación.

NS= Diferencia no significativa.

+ = Medias seguidas con la misma letra, en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, p=0.05).

En el primer muestreo las plantas del tratamiento 1x10⁻⁷ M de AS fueron las que produjeron la mayor cantidad de biomasa por cm²•dia, sobresaliendo sobre las demás plantas.

En el segundo muestreo, las plantas del tratamiento testigo fueron las que produjeron la mayor cantidad de biomasa por cm²•dia mientras que el resto de las plantas tratadas con AS mostraron valores menores en la TAN.

Para el tercer muestreo se puede observar que las plantas del tratamiento de AS 1×10^{-6} M fueron la que presentaron una mayor producción de biomasa triplicando su producción, en comparación al muestreo anterior, y el resto de las plantas presentaron una ligera disminución en la TAN.

En el cuarto muestreo las plantas de los tratamientos 1×10^{-7} y 1×10^{-8} M de AS presentaron una tendencia al incremento ya que estas duplicaron su producción de biomasa producida en el muestreo anterior, mientras que en el resto de las plantas tratadas se puede observar una disminución en la biomasa producida.

Para el quinto muestreo las plantas del tratamiento con AS 1×10^{-6} y 1×10^{-9} M incrementaron en gran medida su biomasa producida mientras que en el resto de las plantas tratadas existió una disminución en su biomasa ubicando al testigo como el menor productor.

Para el sexto muestreo a diferencia del muestreo anterior las plantas del tratamiento 1×10^{-6} y 1×10^{-9} M de AS disminuyeron su producción de biomasa mientras que el resto de las plantas presentaron una tendencia al incremento.

En los resultados obtenidos de la TAN para todos los tratamientos y en los diferentes muestreos, se puede observar que los valores mas altos de esta variable se presentaron al inicio de la investigación y a través del tiempo se presentó una caída en los valores de cada muestreo (Figura No. 4).

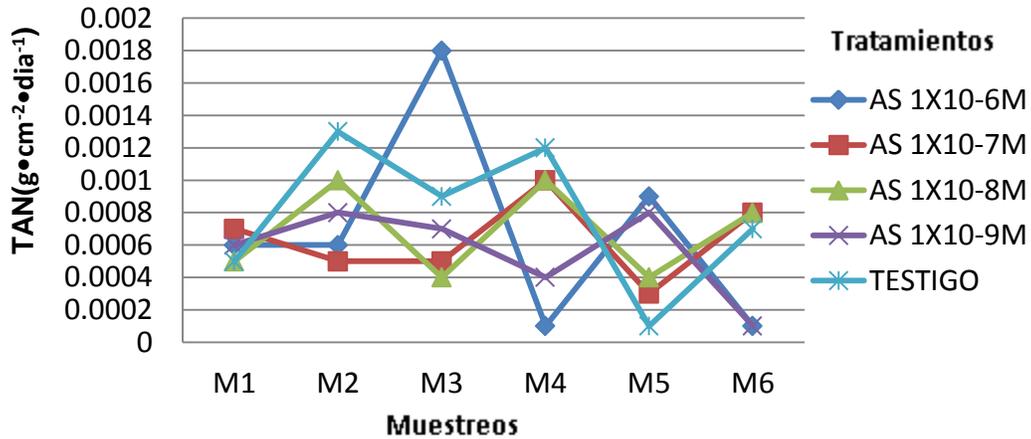


Figura No. 6.4. Tasa de Asimilación Neta en un cultivo de tomate tratado con diferentes concentraciones de Acido Salicílico.

Estos resultados son semejantes a los reportados por Sedano *et al.* (2005) en calabacita y Aguilar *et al.* (2006) en un cultivo de papa quienes reportaron que la TAN, mostró una tendencia creciente en los primeros días del cultivo donde alcanzó su máximo valor; para luego reducirse drásticamente, excepto de los 48 a los 62 d.d.s, periodo en que los frutos crecieron más rápido, por lo que se le atribuyó a la senescencia foliar. Esta apreciación en la disminución de la TAN con respecto al tiempo también fue observado por Olayinka *et al.* (2009) en un cultivo de tomate quienes reportaron que la declinación en la TAN podría ser debido a la reducción en la actividad fotosintética de las hojas a medida que están senescentes y mueren.

RAF

El análisis de varianza y comparación de medias no presentó diferencias significativas para ninguno de los muestreos (Cuadro No.4.)

Cuadro No. 6.4. Análisis de varianza y comparación de medias del índice de crecimiento RAF en un cultivo de tomate con diferentes concentraciones de Ácido Salicílico.

TRATAMIENTOS	VARIABLES	FECHAS DE MUESTREO					
		16/05/2011- 26/05/2011	26/05/2011- 05/06/2011	05/06/2011- 15/06/2011	15/06/2011- 25/06/2011	25/06/2011- 05/07/2011	05/07/2011- 15/07/2011
AS 1X10 ⁻⁶ M		145.65 A+	84.91 A	52.66 A	38.77 A	37.30 A	39.70 A
AS 1X10 ⁻⁷ M		134.98 A	90.05 A	43.18 A	33.65 A	40.93 A	39.22 A
AS 1X10 ⁻⁸ M	RAF	128.17 A	84.56 A	47.93 A	37.12 A	38.54 A	40.98 A
AS 1X10 ⁻⁹ M	cm•g ⁻¹	148.82 A	82.32 A	47.97 A	36.64 A	33.06 A	32.86 A
TESTIGO		162.52 A	93.45 A	47.15 A	38.98 A	41.29 A	40.85 A
C.V. (%)		13.74	18.49	21.76	21.07	8.96	12.92
		NS	NS	NS	NS	NS	NS

RAF= Relación Área Foliar.

C.V.= Coeficiente de Variación.

NS= Diferencia no significativa.

+ = Medias seguidas con la misma letra, en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, p=0.05).

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

A diferencia de los muestreos anteriores en el quinto muestreo las plantas de los tratamientos 1x10⁻⁶ y 1x10⁻⁹ M se siguen manteniendo con la misma tendencia mientras que el resto de las plantas presenta una tendencia al incremento.

Para el sexto muestreo las plantas del tratamiento 1×10^{-6} y 1×10^{-8} M de AS incrementan su área foliar, mientras que el resto de las plantas regresan a la tendencia de la disminución.

Cabe mencionar que para esta variable los valores más altos fueron mostrados por las plantas testigo en todos los muestreos.

Los resultados de la RAF muestran que esta variable presentó una tendencia a la disminución desde el inicio de los muestreos en todos los tratamientos, ya que los valores más altos se presentaron al inicio de la investigación y posteriormente disminuyeron, cabe mencionar que valores más altos fueron mostrados por las plantas testigo en todos los muestreos (Figura No.5).

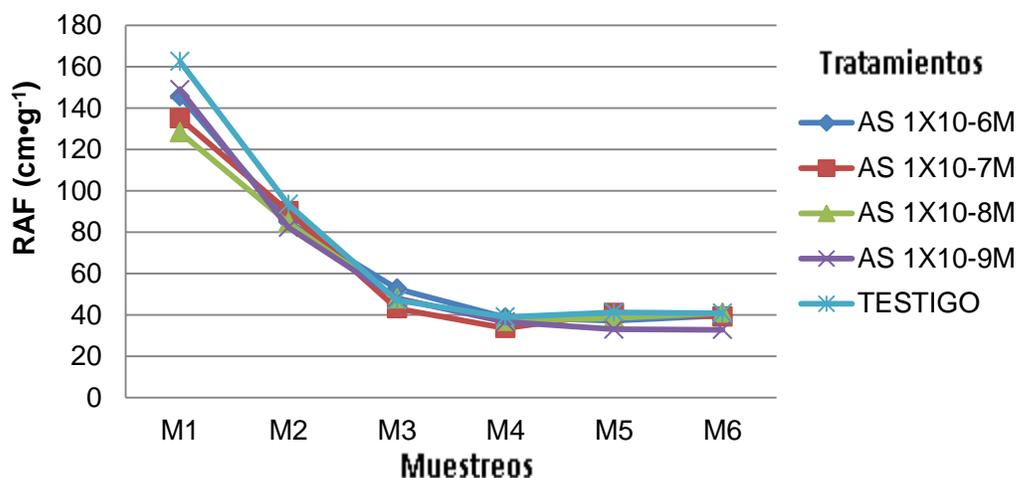


Figura No. 6.5. Relación de Área Foliar en un cultivo de tomate tratado con diferentes concentraciones de Acido Salicílico.

Esta 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 diferentes cultivos (Parra *et al.*, 2004 en un cultivo manzana; Aparecida y Orika, en un cultivo se salvia 2008). Así también Barreiro *et al* (2006), al trabajar con plantas de albahaca observaron que se presentó una máxima expresión en el primer resultado obtenido de RAF, disminuyendo en los períodos siguientes.

RPF

En análisis de varianza y comparación de medias para la variable RPF no se encontraron diferencias significativas para la mayoría de los muestreos únicamente para el segundo en el cual se obtuvo una diferencia altamente significativa (Cuadro No.5).

Cuadro No. 6.5. Análisis de varianza y comparación de medias del índice de crecimiento RPF en un cultivo de tomate con diferentes concentraciones de Ácido Salicílico.

TRATAMIENTOS	VARIABLES	FECHAS DE MUESTREO					
		16/05/2011- 26/05/2011	26/05/2011- 05/06/2011	05/06/2011- 15/06/2011	15/06/2011- 25/06/2011	25/06/2011- 05/07/2011	05/07/2011- 15/07/2011
AS 1X10 ⁻⁶ M		0.638 A+	0.596 A	0.537 A	0.456 A	0.399 A	0.429 A
AS 1X10 ⁻⁷ M		0.627 A	0.598 AB	0.53 A	0.454 A	0.380 A	0.368 A
AS 1X10 ⁻⁸ M		0.633 A	0.603 AB	0.537 A	0.467 A	0.407 A	0.419 A
AS 1X10 ⁻⁹ M	RPF	0.633 A	0.579 AB	0.543 A	0.467 A	0.373 A	0.373 A
TESTIGO	g/g	0.656 A	0.644 B	0.59 A	0.483 A	0.387 A	0.399 A
C.V. (%)		2.48	3.49	8.74	11.11	10.59	12.79
		NS	**	NS	NS	NS	NS

RPF= Relación de Peso Foliar.

C.V.= Coeficiente de Variación.

**= Diferencia Altamente Significativa.

NS= Diferencia no significativa

+ = Medias seguidas con la misma letra, en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, p=0.05).

En el primer muestreo se puede observar que las plantas testigo obtuvieron un resultado de 0.656 ubicándose por encima de los demás tratamientos. Del segundo al quinto muestreo se puede observar una disminución de esta variable, siendo las plantas testigo las que presentaron una mayor relación de peso foliar. Para el sexto muestreo la mayoría de las plantas presentaron un ligero incremento con excepción de 1×10^{-7} M de AS el cual disminuye y 1×10^{-9} M de AS que se mantiene constante.

La RPF durante el transcurso de la investigación muestran que los valores máximos se obtuvieron durante los primeros muestreos realizados y fueron disminuyendo conforme transcurría el tiempo (Figura No.6)

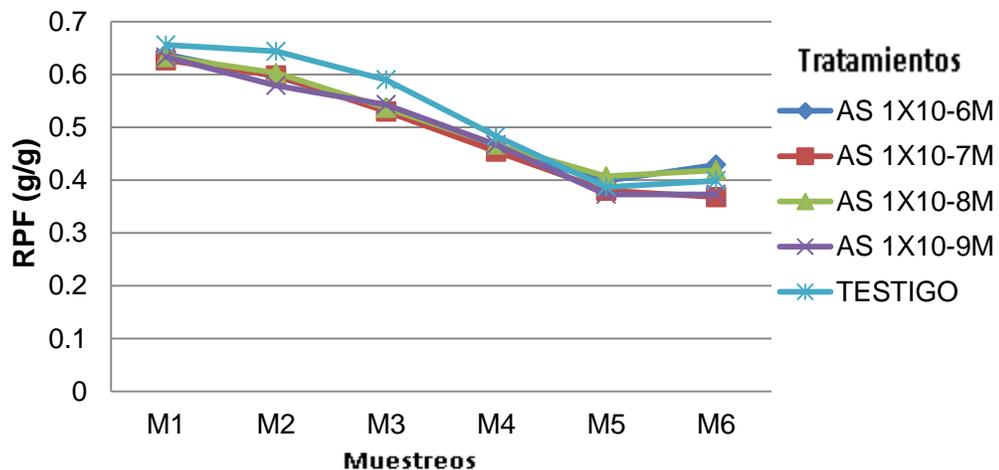


Figura No. 6.6. Relación de Peso Foliar en un cultivo de tomate tratado con diferentes concentraciones de Acido Salicílico.

Estos resultados son similares con los reportados por Geraud *et al.*(1995) al trabajar en un cultivo de tomate ya que encontró que 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. La mayoría de los resultados encontrados para la RPF muestra que se encuentran resultados altos en las primeras semanas del crecimiento donde el valor se mantiene constante alrededor de 0.63 gramos de hojas por gramos de peso seco total o sea que el 63% de peso total de la planta está integrado por la hojas. Ascencio (1972) durante la floración y fructificación de un cultivo de frijol observó una disminución en este valor debido al traslado de fotosintetizados hacia los órganos en formación. Así también en un cultivo de algodón se observó que los valores más altos de RPF se 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 fotoasimilados en el establecimiento de su aparato fotosintético, cantidad que va disminuyendo gradualmente a medida que la planta acumula una mayor cantidad de carbohidratos en otros órganos de la planta, especialmente en los reproductivos (Palomo *et al.*, 2003).

AFE

En el análisis de varianza y comparación de medias para la AFE no se

encontraron diferencias significativas para ninguno de los muestreos (Cuadro No. 6). En cuanto en el primer muestreo se observa una clara tendencia a la disminución de esta variable hasta el cuarto muestreo, presentando las hojas más delgadas en su mayoría las concentraciones más altas de AS, mientras que la plantas testigo presentaron las hojas más gruesas.

Cuadro No. 6.6. Análisis de varianza y comparación de medias del índice de crecimiento RAF en un cultivo de tomate con diferentes concentraciones de Ácido Salicílico.

TRATAMIENTOS	VARIABLES	FECHAS DE MUESTREO					
		16/05/2011- 26/05/2011	26/05/2011- 05/06/2011	05/06/2011- 15/06/2011	15/06/2011- 25/06/2011	25/06/2011- 05/07/2011	05/07/2011- 15/07/2011
AS 1X10 ⁻⁶ M		226.1 A+	141.22 A	96.98 A	86.31 A	94.36 A	93.30 A
AS 1X10 ⁻⁷ M		214.6 A	150.17 A	80.83 A	76.37 A	112.49 A	109.99A
AS 1X10 ⁻⁸ M	AFE	201.57 A	139.48 A	88.42 A	80.17 A	97.27 A	99.59 A
AS 1X10 ⁻⁹ M	cm•g ⁻¹	230.48 A	142.54 A	87.29 A	77.34 A	90.49 A	90.99 A
TESTIGO		245.66 A	141.5 A	83.18 A	81.07 A	114.87 A	112.52 A
C.V. (%)		12.11	17.65	23.73	21.17	16.01	17.29 A
		NS	NS	NS	NS	NS	NS

AFE: Área Foliar Específica

C.V.= Coeficiente de Variación.

NS= Diferencia no significativa.

+ = Medias seguidas con la misma letra, en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, p=0.05).

Para el quinto muestreo todas las plantas presentaron una tendencia al incremento en esta variable. Las plantas testigo presentaron hojas más delgadas, mientras que en las plantas del tratamiento 1x10⁻⁹ M de AS se observaron hojas más gruesas.

En el sexto muestreo se observa en la mayoría de las plantas una

tendencia a la disminución, a excepción de las plantas del tratamiento con AS 1×10^{-8} M en las cuales se observan un ligero incremento y las plantas del tratamiento 1×10^{-9} M de AS las cuales se mantienen con el mismo grosor que presentaron en el muestreo anterior. Para este muestreo las plantas testigo siguen manteniendo la tendencia de formar hojas más delgadas, en comparación al resto de las plantas.

En general el AFE mantuvo una tendencia a la disminución desde el inicio de la investigación, ya que sus valores más altos fueron observados en el primer muestreo y posteriormente se presentó una caída drástica en todos los tratamientos, tendencia que se mantuvo hasta finalizar los muestreos (Figura No. 7).

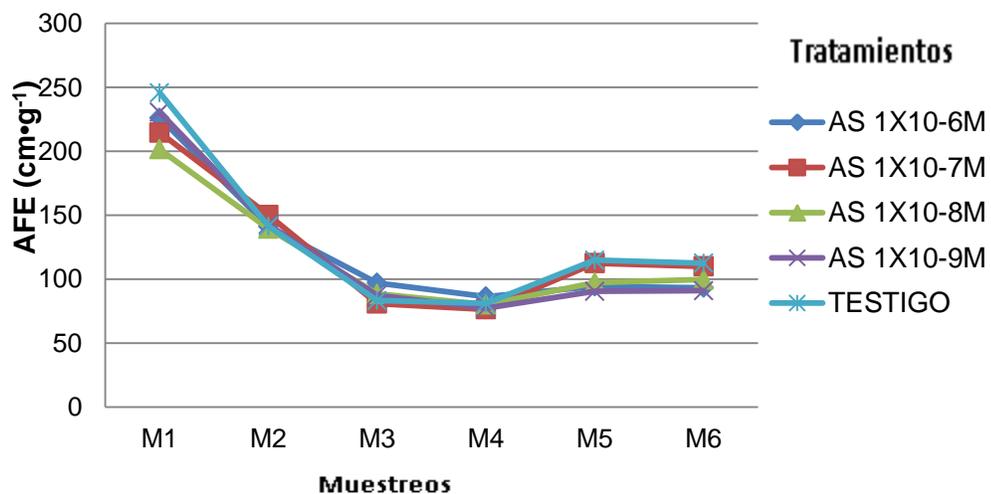


Figura No. 6.7. Área Foliar Especifica en un cultivo de tomate tratado con diferentes concentraciones de Acido Salicílico.

Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Rincón *et al.* (2001) quienes encontraron que en un cultivo de coliflor el área foliar específica (AFE) presentó el valor máximo en el momento del trasplante, disminuyendo posteriormente con el paso del tiempo. Así también por los encontrados por Páez *et al.* (2000) quienes al trabajar con el cultivo de tomate y observaron un efecto en el aumento en AFE hasta los 45 días de crecimiento vegetativo. El AFE disminuyó después de los sesenta días de crecimiento de la planta, se considera que este índice representa el costo energético o material para la formación de una unidad de superficie foliar.

7. CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación permiten concluir que:

Las plantas tratadas con AS se vieron alteradas en su patrón de comportamiento, priorizando el envío de biomasa a la parte cosechable, mientras que las plantas testigo lo hicieron a la formación de biomasa vegetativa.

Las plantas tratadas con las concentraciones más altas de AS presentaron mayor precocidad en la formación de flores y frutos, lo que aceleró el rendimiento potencial del cultivo.

Los resultados aquí presentados permiten recomendar la aplicación del AS a los productores de la región, ya que el uso de este producto genera precocidad en la formación de la parte cosechable, lo que trae consigo una ventaja en tiempo de la salida al mercado del producto, obteniendo así mayores beneficios económicos.

8. LITERATURA CITADA

- J. 2002. Absorcao de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condicoes de campo e de ambiente protegido. Horticultura Brasileira. 20(1):90–94.
- Agüero, M., N. Miguelisse, G. Barral y O. Castillo. 2007. Establecimiento y desarrollo en el cultivo forzado de tomate: aplicación de dosis variables de fitorreguladores. Facultad de Ciencias Agrarias. 39(1):123-131.
- 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.
- Agustí, M. 2003. Aplicación de fitoreguladores Abdalla, en citricultura. 2ª edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 261 pp.
- Alpi, A. y F. Tognoni. 1991. Cultivo en invernadero: actual orientación científica y técnica. 3ra. Edición. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid, España. 345 pp.
- Aparecida, J. y E. Orika. 2008. Growth of *Salvia officinalis* plants under action of plant growth regulators. Ciencia Rural. 38(8) 2186-2190.
- Ascencio, J. 1972. Análisis del 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 Investigacion. Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales. Turrialba, Costa Rica. 98 pp.
- Ashrafuzzaman, M., M. Khan and S. Shahidullah. 2002. Vegetative growth of maize (*Zea mays*) as affected by a range of salinity. Crop Research Hisar. 24: 286–291.
- Balbi, V. y A. Devoto. 2008. Jasmonate signalling network in *Arabidopsis thaliana*: crucial regulatory nodes and new physiological scenarios. New Phytologist. 177: 301-318.
- Barreiro, A., V. Zucareli, J. Orika y J. Rodriguez. 2006. Análise de crescimento de plantas de manjeriçao tratadas com reguladores vegetais. Bragantia, Campinas. 65(4)563-567.
- Benincasa, M. 1998. Análise de crescimento de plantas, noções básicas. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP. Río de Janeiro, Brasil. 41pp.

- Broekaert, W., S. Delaure, M. de Bolle, y B. Cammue. 2006. The role of ethylene in host-pathogen interactions. *Annual Review of Phytopathology*. 44: 393-416.
- Brouwer, R. 1962. Distribution of dry matter in the plant. *Netherlands Journal of Agricultural Sciences*.10: 361-376.
- 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.
- Clavijo, J. 1989. Análisis de crecimiento en malezas. *Comalfi*. 15: 12-16.
- Cleland, C., and O. Tanaka. 1979. Effect of daylength on the ability of salicylic acid to induce flowering in the long-day plant *Lemna gibba* G3 and the short-day plant *Lemna paucicostata* 6746. *Plant Physiol.* 64(3): 421-424.
- Coletto, J. 1995. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. *Agroguías Mundi-Prensa*. 2ª. Edición. Madrid, España. 168 pp.
- 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.
- El-Keblawy, A. and J. Lovet. 1996. Resource re-allocation following fruit removal in cucurbits, patterns in cantaloupe melons. *New Phytologist* 134: 413-422.
- Fariduddin, Q., S. Hayad and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica* 41(2):281-284.
- Farooq, M., S. Basra, A. Wahid, N. Ahmad and B. Saleem. 2009. Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 195(4) 237–246.
- Garcion, C. and J. Métraux. 2006. Salicylic acid. In plant hormone signaling. Hedden P. and G. Thomas Eds. Blackwell Publishing. Oxford, Inglaterra. 255 pp.
- Gary, C., J. Jones y M. Tchamitchian. 1998a. Crop modelling in horticulture: state of the art. *Scientia Horticulturae* 74: 3-20.
- Geraud F., D. Chirinos and M. Marín. 1995. Desarrollo de la planta de tomate, *Lycopersicon esculentum miller*, cv. Río grande en la zona del río limón del estado Zulia, Venezuela. ii. Índice de Crecimiento Relativo, Razón de Peso Foliar y Gamma. *Rev. Fac. Agron. (luz)*. 12:15-23.
- Gianfagna, T. 1987. Natural and synthetic growth regulators and their use in horticultural and agronomic crops. in: *Plant hormones and their role in plant*.

- P. Davies. Ed. Netherlands: Kluwer Academic Publisher. Boston, U.S.A. 681 pp.
- Gianfagna, T. 1995. Natural and synthetic growth regulators and their use in horticultural and agronomic crops. in Plant hormones. P. Davies Ed. Netherlands: Kluwer Academic Publisher. Boston, U.S.A. 833pp.
- Hayad, S., B. Ali and A. Ahmad. 2007. Salicylic acid: Biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. In: Salicylic acid a plant hormone. Hayad, S. and A. Ahmad Eds. Springer. Aligarh, India. 401 pp.
- Hernández, M., M. Chailloux, V. Moreno, M. Mojena y Julia M. Salgado. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y su efecto en la acumulación de biomasa y extracción de nutrientes. Cultivos Tropicales. 30(4)71-78.
- Heuvelink, E. 1995a. Dry matter production in a tomato crop: measurements and simulation. Ann. Bot. (London) 75: 369-379.
- Heuvelink, E. y L. Marcelis. 1989. Dry matter distribution in tomato and cucumber. Acta Horticulturae. 260: 149-157.
- Huang Y., C. Chen and C. Kao. 1993. Salicylic acid inhibits the biosynthesis of ethylene in detached rice leaves. Plant Growth Regulation. 12: 79-82.
- Humphreys, J. y C. Chapple. 2002. Rewriting the lignin roadmap. Current Opinion in Plant Biology. 5(3): 224-229.
- Hunt, R. 1990. Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. Unwin Hyman, Boston, London. 112 pp.
- 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., K. Balbaa and M. Gaballah. 2007. Salicylic Acid and Salinity Effects on Growth of Maize Plants. Journal of Agriculture and Biological Sciences. 3(4): 321-328.
- Hwang, S., I. Lee, S. Yie, y D. Hwang. 2008. Identification of an OsPR10a promoter region responsive to salicylic acid. Planta. 227: 1141–1150.
- Janda, T., E. Horvat, G. Szalai and E. Paldi. 2007. Role of salicylic acid in the induction of abiotic stress tolerance. In: Salicylic acid: a plant hormone. Hayad, S and A. Ahmad. Eds. Springer. Aligarh, India. 401 pp.

- Jiménez, J. 2005. Evaluación del efecto del ácido acetil salicílico y del rezist compuesto a base de cobre, manganeso y zinc, en la incidencia de enfermedades y en la productividad de la cebolla c.v. Jaguar. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (programa de hortalizas). Informe Técnico: 10-14.
- Jordán, M y J. Casaretto. 2006. Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Ácido Salicílico y Ácido Jasmónico. En: Fisiología Vegetal. F.A . Squeo & L. Cardemil, Eds. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile. 280 pp.
- Karakas, B., P. Ozias, C. Stushnoff, M. Suefferheld and M. Rieger. 1997. Salinity and drought tolerance of mannitol-accumulating transgenic tobacco. *Plant Cell and Environment*. 20: 609–616.
- Kaydan, D., M. Yağmur and N. Okut. 2006. Effects of Salicylic Acid on the Growth and Some Physiological Characters in Salt Stressed Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Tarim Bilinleri Dergisi*. 13 (2) 114-119.
- Khan, W., B. Prithviraj and D. Smith. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*. 160:485-492.
- Khodary, S. 2004. Effect of salicylic acid on growth, photosynthesis and metabolism in salt stressed maize plants. *International Journal of Agriculture & Biology*. 6:5-8.
- Kogel, K., U. Beckhove, J. Dreschers, S. Münch y T. Rommé. 1994. Acquired resistance in barley (the resistance mechanism induced by 2,6-dichloroisonicotinic acid is a phenocopy of a genetically based mechanism governing race-specific powdery mildew resistance). *Plant Physiology*. 106(4) 1269–1277.
- Larqué-Saavedra A., R. Martín-Mex, A. Nexticapan-Garcéz, S. Vergara-Yoisura y M, Gutiérrez-Rendón. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Chapingo, Serie Horticultura. 16 (3):183-187.
- Larqué, A. and R. Wain. 1974. Abscisic acid levels in relation to drought tolerance in varieties of *Zea mays* L. *Nature*. 251(5477):716-717.
- Lentz, W. 1998. Models applications in horticulture: a review. *Scientia Horticulturae*. 74: 151-174.
- Levent, A., C. Kaya, M. Dikilitas, I. Yokas, B. Burun, and H. Altunlu. 2007. Comparative effects of various salicylic acid derivatives on key growth parameters and some enzyme activities in salinity stressed maize (*Zea mays* L.) plants. *Pak. J. Bot.*, 39(3): 787-798.

- Lluna, R. 2006. Hormonas vegetales: crecimiento y desarrollo de la planta. *Industria Hortícola*. 196: 22-26.
- Loake, G. y M. Grant. 2007. Salicylic acid in plant defence-the players and protagonists. *Current Opinion in Plant Biology*. 10: 466-472.
- López, R., V. Camacho y M. Gutiérrez. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. *Terra* 16:43-48.
- Lorenzo, O. y R. Solano. 2005. Señalización de ácido jasmónico e interacciones con otras hormonas. *Biojournal.Net*. 1: 1-16.
- Manrique, L. 1990. Plant morphology of cassava during summer and winter. *Agronomy Journal*. 82(5): 881-886.
- Martín, R. y A. Larqué. 2003. Efecto de salicilatos en la productividad de pepino europeo (*Cucumis sativus* L.). Memoria del X congreso nacional de la sociedad mexicana de ciencias hortícolas, IX congreso nacional y II internacional de la asociación mexicana de horticultura ornamental (20 al 24 de octubre del 2003). Chapingo, México. 389pp.
- Martín, R., E. Villanueva, T. Herrera and A. Larqué. 2005. Positive effect of salicylates on the flowering of african violet. *Scientia Horticulturae*. 103(4): 499-502.
- Martín, R., S. Vergara, A. Nexticapán and A. Larqué. 2009. Application of low concentrations of salicylic acid increases the number of flowers in petunia híbrida. *Agrociencia*. 44 (7) 773-778.
- Martínez, C., E. Pons, G. Prats, and J. León. 2003. Salicylic acid regulates flowering time and links defence responses and reproductive development. *The Plant Journal*. 37(2): 209-217.
- Mauch, B. y J. Mettraux. 1998. Salicylic acid and systemic acquired resistance to pathogen attack. *Annals of Botany*. 82: 535-540.
- Métraux, J. y I. Raskin. 1993. Role of phenolics in plant disease resistance. in *biotechnology in plant disease control*, ed. I Chet. John Wiley & Sons. New York, U.S.A. 372 pp.
- Montaldi, E. 1995. *Principios de Fisiología Vegetal*. Ediciones Sur, La plata, Argentina. 298 pp.
- Moorby, J. 1970. The production, storage and translocation of carbohydrates in developing potato plants. *Ann. Bot.* 34: 297-308.

- Morris, S., B. Vernooij, S. Titatarn, M. Starrett, S. Thomas, C. Curtis, R. Frederiksen, A. Bhandhufalck, S. Hulbert, y S. Uknes. 1998. Induced resistance responses in maize. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 11(7) 643–658.
- Nickell, G. 1982. *Plant growth regulators. Agricultural Uses*. Springer-Verlag. Berlin, German Federal Republic. 173 pp.
- Olayinka, B., K. Olorunmaye y E. Etejere. 2009. Influence of metolachlor on physiological growth character of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) *Journal of Ethnobotanical*. 10:7-14.
- Páez, A., V. Paz y J. López. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 17: 173-184.
- Palomo, A., J. Arnaldo, E. Gutiérrez, A. Espinoza y S. Rodríguez. 2003. Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgénicas y convencionales. Línea de investigación en producción agrícola del posgrado en ciencias agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. 125-130.
- Parra, A., A. Becerril and A. Castillo. 2004. Growth of apple (*Malus sylvestris* (Lñ) Mill. var. domestica (borkh) mansf.) tree cv. golden delicious affected by soil moisture, nutritions and rootstock. *Fitotecnica Mexicana*. 27(4): 339-348.
- Quezada, R. 2005. Evaluación de micronutrientes de biocampo sobre el desarrollo de plántulas de tomate. Centro de Investigación de Química Aplicada. Saltillo, Coahuila, México.
- Ramírez, H., O. Méndez, A. Benavides y C. Amado. 2009. Influencia de prohexadiona-ca y promotores de oxidación sobre el rendimiento, capsaicina y vitamina c en chile jalapeño. *Chapingo. Serie Horticultura*. 5(3) 231-236.
- 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 Agrotecnología*. 31(3) 713-719.
- Rincón, L., C. Pellicer, P. Sáez, A. Abadía A. Pérez y C. Marín. 2001. crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes de la coliflor. *Investigación agraria.: Prod. Prot. Veg*. 16:119-130.
- Rojas, T. 1988. *Las siembras de ayer: la agricultura indígena del siglo XVI*. S.E.P. México. 230pp.

- Saavedra, G. 2008. Estructuras de hormonas vegetales. *Ciencia Ahora*. 21: 41-44.
- Sakhabutdinova, A., D. Fatkhutdinova, M. Bezrukova, F. Shakirova. 2003. "Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants". *Journal Plant Physiol. Special Issue*. 314-319.
- Sánchez-Chavez, E., R. Barrera-Tovar, E. Muñoz-Marquez, D. Ojeda-Barrios y A. Anchond-Najera. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. *Chapingo Serie Horticultura*. 17: 63-68.
- Sedano, C., V. González, E. Engleman y C. Villanueva. 2005 Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita. *Chapingo. Serie Horticultura*. 11(002) 291-297.
- Shah, J. 2003. The salicylic acid loop in plant defense. *Current Opinion in Plant Biology*. 6: 365–371.
- Shiratsu, K., H. Nakajima, V. Rajasekhar, R. Dixon, and C. Lamb. 1997. Salicylic acid potentiates an agonist-dependent gain control that amplifies pathogen signals in the activation of defense mechanisms. *Plant Cell* 9:261-270.
- Shulaev, V., P. Silverman, y I. Raskin. 1997. Airborne signalling by methyl salicylate in plant pathogen resistance. *Nature*. 385: 718–721.
- Sibgha, N. and M. Shraf. 2008. Mitigación de los efectos adversos del estrés de sal en girasol (*Helianthus annuus* L.) por aplicación exógena de ácido salicílico. *Crecimiento y la fotosíntesis. Botanical Journal*. 40(4): 1657-1663.
- Umetamy, Y., E. Kodakary, T. Yamamura, S. Tanaka y M. Tabata. 1990. Glucosylation of salicylic acid by cell suspension cultures of *Mallatus japonicus*. *Plant Cell Reports* 9: 325-327.
- Van loon, I. 1997. Induced resistance in plants and the role of pathogenesis related proteins. *Journal of Plant Pathology*. 103: 753-765.
- Verberne, M., R. Verpoorte, J. Mercado, y H. Linthorst. 2001. Overproduction of salicylic acid in plants by bacterial transgenes enhances pathogen resistance. *Nature Biotechnology*. 18: 779–783.
- Villanueva, E., G. Alcántar, P. Sánchez, M. Soria y A. Larque. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de [*Chrysanthemum morifolium* (ramat) kitamura] en Yucatán. *Chapingo Serie Horticultura* 15(2): 25-31.
- Vlot, A., D. Dempsey, and D. Klessig. 2009. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual Review of Phytopathology*. 47: 177-206.

- Vlot, A., D. Klessig, y S. Park. 2008. Systemic acquired resistance: the elusive signal(s). *Current Opinion in Plant Biology*. 11: 436–442.
- Weaver, R. 1976. *Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura*. Editorial Trillas, México. 622pp.
- White, R. 1979. Acetylsalicylic acid (aspirin) induces resistance to tobacco mosaic virus. *Virology* 99 410-412.
- Yáñez, N. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. Memoria de las ponencias. Tecnología, Comercio y Servicios Agrícolas Mundiales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro a 7 de octubre del 2002 Saltillo, Coahuila. 2-3.
- Yildirim E. y A. Dursun. 2009. Effect of foliar salicylic acid applications on plant growth and yield of tomato under greenhouse conditions. *Acta Hort. (ISHS)* 807: 395-400.