

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Efecto del Ácido Salicílico en el Crecimiento y Desarrollo de un Cultivo  
de Acelga (*Beta vulgaris* L. var. *fordhook*).

Por:

**RICARDO RAMÍREZ ZAMBRANO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Efecto del Ácido Salicílico en el Crecimiento y Desarrollo de un Cultivo  
de Acelga (*Beta vulgaris* L. var. *fordhook*).

Por:

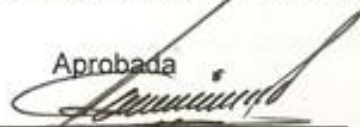
**RICARDO RAMIREZ ZAMBRANO**

TESIS


Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**


Aprobada

  
Dr. Manuel De La Rosa Ibarra

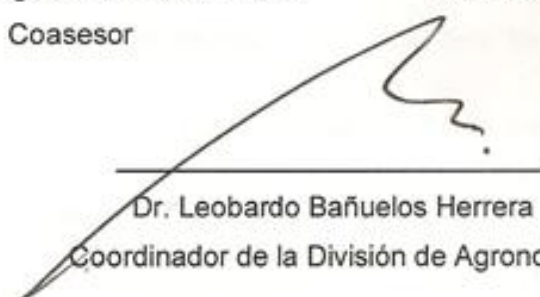
Asesor Principal

  
Biol. Miguel Agustín Carranza Pérez

Coasesor

  
M.C Andrés Rodríguez Gámez

Coasesor

  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Junio del 2012

## *Agradecimientos*

A **Dios** nuestro señor por seguir brindándome vida y fuerzas para continuar con cada sueño que e tenido en mi corta vida y por haberme dado la oportunidad de existir en este mundo.

A **Dr. Manuel de la Rosa Ibarra** por darme la oportunidad de formar parte de sus tesis así como su apoyo para poder realizar este trabajo ya que sin su ayuda no hubiese sido posible terminarlo.

A **mis Padres** por darme su apoyo incondicional durante toda mi vida y por haber confiado en mí para ver culminado este proyecto que es suyo.

A **mis Hermanos** por brindarme su apoyo durante toda mi vida y sobre todo durante el transcurso de mi formación profesional.

A **mis compañeros de carrera**: Viky, Sandy, Bety, Eloy (el oaxaco), Gilberto (la borrega), Angy, Eliza y al resto gracias por haber compartido tantos momentos buenos y malos durante toda la carrera.

**A mis Amigos:** don Fran, Miguel, el Pacho, Checo, la Mara, Lucio, Chenko, el Gato, el Burro, Bodoque, Paco, Punk, Ventura (el gordo) y a todos aquellos que en su momento me brindaron su amistad gracias por cada momento de coraje, risas, peleas, lágrimas y pedas.

## *Dedicatoria*

### *A mis padres*

**A ti Madre:** Sra. Ma. Elena Zambrano Moreno, por haberme dado el mejor regalo del mundo que es la vida, por estar conmigo en las buenas y en las malas durante toda mi vida, por brindarme el apoyo incondicional en todo momento, por ser mi pilar para formarme como un hombre con principios y valores por todo esto y mucho mas, muchas gracias mamá.

**A ti Padre:** Sr. Candelario Ramírez Zavala, por ser el hombre que nos has dado todo, trabajando casi de sol a sol, con único afán de sacar a la familia adelante, por tu apoyo incondicional por esto y muchas mas razones gracias papá.

**A mis Hermanos:** Candelario, Verónica, Edit., José Miguel, J. Guadalupe, Noé y Guadalupe gracias por su apoyo incondicional, por haber compartido momentos buenos y malos de nuestras vidas muchas gracias.

**A mis Sobrinos.** Jesica, David, Erik, Paulina, Jesús Alejandro, Juan Diego y los que están por llegar, que sean hombres y mujeres de bien con valores y principios con el fin de que sean personas justas y correctas, esperando que sigan mi ejemplo de ser un profesionalista.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>3</b>
<b>HIPOTESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
Reguladores de crecimiento en la agricultura. ....	4
Clasificación de los reguladores de crecimiento. ....	4
Ácido Salicílico.....	5
Descripción.....	5
Origen del ácido salicílico.....	6
Clasificación del ácido salicílico .....	6
Papel del ácido salicílico en las plantas.....	7
Biosíntesis y degradación del ácido salicílico .....	9
Ácido salicílico y daño oxidativo.....	11
Ácido salicílico como molécula señalizadora .....	12
Aplicación del ácido salicílico .....	15
Crecimiento y desarrollo.....	20
Desarrollo.....	21
Análisis del crecimiento .....	22
<b>MATERIALES y MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
Características climáticas.....	27
Procedimiento .....	27
Pretratamiento de la semilla .....	28
Llenado de macetas.....	28
Siembra.....	28
Preparación de los tratamientos .....	29
Labores culturales .....	30
Riego .....	30
Deshierbe.....	30
Control fitosanitario .....	30
Diseño experimental .....	31
Variables dependientes.....	31

<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
Coeficientes de Partición de Biomasa.....	34
Índices de Crecimiento .....	40
TCR.....	40
TAN.....	42
RAF.....	44
RPF.....	46
AFE.....	47
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>51</b>



## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: análisis de varianza y comparación de medias de coeficientes de partición de biomasa (CPB) para un cultivo de acelga ( <i>Beta vulgaris</i> L. var. Fordhook) aplicando ácido salicílico.....	34
Cuadro 2: análisis de varianza y comparación de medias de TCR para un cultivo de acelga ( <i>Beta vulgaris</i> L. Var. Forhook) aplicando ácido salicílico.....	40
Cuadro 3: análisis de varianza y comparación de medias de TAN para un cultivo de acelga ( <i>Beta vulgaris</i> L. var. Forhook) aplicando ácido salicílico. ....	42
Cuadro 4: análisis de varianza y comparación de medias de RAF para un cultivo de acelga ( <i>Beta vulgaris</i> L. var. Forhook) aplicando ácido salicílico. ....	44
Cuadro 5: análisis de varianza y comparación de medias de RPF para un cultivo de acelga ( <i>Beta vulgaris</i> L. var. Forhook) aplicando ácido salicílico. ....	46
Cuadro 6: análisis de varianza y comparación de medias de RPF para un cultivo de acelga ( <i>Beta vulgaris</i> L. var. Forhook) aplicando ácido salicílico. ....	48

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vía propuesta de síntesis del ácido salicílico en plantas (modificado por Raskin, 1992).....	10
Figura. 2. Vías de biosíntesis del ácido salicílico en Arabidopsis, descrita por Wildermuth et al., (2001).....	11

## INTRODUCCIÓN

Los Fitoreguladores son compuestos capaces de aumentar el desarrollo de las plantas, acelerar el alargamiento y la división celular, así como incrementar la producción de biomasa y rendimientos en cultivos de importancia económica. Son capaces de potenciar la resistencia a bajas temperaturas, disminuyen el daño producido por los herbicidas en las cosechas y favorecen el desarrollo de las plantas en estrés hídrico, así como la tolerancia a la salinidad del suelo (Yokota y Takahashi, 1986).

Innumerables compuestos han sido considerados como fitoreguladores entre ellos el ácido salicílico (AS) que pertenece a un grupo muy diverso de sustancias conocidas como compuestos fenólicos, está presente en las plantas y forma parte del grupo de los salicilatos, cuya característica química los relaciona por presentar el radical 2-hidroxibenzoico como el ácido acetilsalicílico y el metilo de AS (Klessig y Malaym, 1994). 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 *PALMCEAE* (Raskin, 1992).

El AS ha mostrado tener un efecto positivo en el rendimiento de otros cultivos por ejemplo López *et al.*, (1998) demostraron un aumento en el rendimiento en tres variedades de trigo, donde la variedad altar c84 arrojó los mejores resultados con incrementos de 900 kg/Ha a una dosis de  $1 \times 10^{-5} \text{M}$  en relación al testigo, en oasis f86 y opata m85 la dosis de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  fue la mejor con

aumentos de 500 kg/Ha de diferencia. Por otro lado Sánchez (2002) al realizar un análisis comparativo de AS en emergencia y crecimiento de plántulas de lechuga obtuvo una mejor respuesta con respecto al testigo. Por su parte Ramírez *et al.*, (2006) al aplicar ácido salicílico a una concentración de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  en coliflor, brócoli, repollo y acelga, demostraron que el repollo alcanzó un crecimiento mayor en la longitud de la raíz. En coliflor se obtuvo mayor altura de la planta. El brócoli aumentó la longitud de la raíz y altura de la planta, por otra parte la acelga presentó mayor peso de materia fresca total, con respecto al testigo.

Debido a las condiciones climáticas adversas que presenta las diferentes regiones del país (heladas, inundaciones, sequías y pérdida de fertilidad de suelos), los agricultores ven limitadas las posibilidades de cultivar acelga a bajos costos, esto ha provocado que en los últimos años el mercado de este cultivo se haya visto afectado. Debido también a la disminución de la producción, actualmente se están realizando investigaciones para tratar de obtener mejores cosechas a costos bajos en el cultivo ya mencionado.

El uso del ácido salicílico en la agricultura ha demostrado ser una buena alternativa ya que aumenta el crecimiento y desarrollo en otros cultivos al igual que en acelga y al mismo tiempo incrementa la resistencia de las plantas a factores de estrés por lo cual los agricultores se verán beneficiados obteniendo rendimientos de producción más altos a bajos costos.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto del ácido salicílico en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. *forhook*) mediante la aplicación de ácido salicílico

## **HIPOTESIS**

Al menos una de las concentraciones de ácido salicílico utilizadas en este trabajo modificara el crecimiento y desarrollo de un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. *forhook*)

## REVISIÓN DE LITERATURA

Reguladores de crecimiento en la agricultura.

Los reguladores de crecimiento (RC) han sido mayormente utilizados en agricultura intensiva, como fruticultura y viticultura, aunque existen también notables ejemplos de uso en cultivos extensivos como cereales. Se puede prever que, con el desarrollo de cultivos extensivos para responder a nuevos usos (biocombustibles, p. ej.), el empleo de RC se intensificará. Varios de estos RC son ampliamente utilizados en agricultura como retardantes de crecimiento, inhibidores de maduración y senescencia, entre otros variados usos. Más allá de la complejidad propia de los diversos modos de acción conocidos de los reguladores de crecimiento, los recientes avances en aspectos básicos de regulación hormonal han permitido verificar que los RC con acción hormonal efectivamente son percibidos por las plantas mediante los propios sistemas de receptores específicos y que las formas de transmisión de señales son análogas a las de fitohormonas endógenas (Retamales, 2007).

Clasificación de los reguladores de crecimiento.

Lluna R., (2006) señala que las auxinas son grupos de compuestos que se encuentran en toda la planta y que son capaces de estimular la elongación celular, la división celular en el cambium en presencia de citoquininas, la diferenciación del xilema y del floema, retrasar la senescencia de las hojas y una de las aplicaciones más importantes de las auxinas es la estimulación de la formación de las raíces. La auxina natural de mayor utilización es AIA (Adam, 2001), la citocinina como regulador de crecimiento vegetal incrementa la tasa y la velocidad de acumulación

de los ácidos nucleicos en el primordio de la yema lo cual activa el ADN; influye en su división en fragmentos, en el crecimiento de estos fragmentos así como en la división celular. Esto se traduce en la velocidad, porcentaje de brotación así como el vigor de los brotes lo cual favorece el flujo de las reservas de los tejidos hacia los brotes. La auxina como regulador de crecimiento vegetal incrementa la tasa y velocidad de reposición del ARN de transferencia en los primordios generados por la baja o la alta temperatura así como la hidratación de los mismos lo que se traduce por una mayor plasticidad en las células permitiendo así un crecimiento y desarrollo más compacto y sostenido de los brotes, flores y el prendimiento de frutos bajo condiciones de baja o alta temperatura. La giberelina como regulador de crecimiento vegetal bajo condiciones de baja y alta temperatura incrementa la síntesis de los azúcares, la síntesis de enzimas de hidrólisis (beta10 y alfa amilasa, proteasas, lipasas entre otros) que incrementan la conversión de las reservas energéticas en reservas metabólicas para producir mayor energía en corto tiempo lo que se traduce por una rápida brotación, floración, crecimiento y desarrollo de la planta.

## Ácido Salicílico

### Descripción

El ácido salicílico es un compuesto encontrado en todos los tejidos de las plantas y comenzó a sobresalir como molécula señalizadora en plantas cuando se descubrió su papel como inductor de la termogénesis en plantas de la familia Aráceae (Raskin, 1992). El ácido salicílico (AS) es un compuesto fenólico derivado del ácido benzoico involucrado en el metabolismo secundario de la plantas,

además se ha identificado que el ácido benzoico y el ácido ortocumarico son precursores o intermediarios del ácido salicílico (Coquoz, *et al.*, 1998).

#### Origen del ácido salicílico

El ácido salicílico es muy conocido gracias al extenso uso clínico de la aspirina o ácido acetilsalicílico. El nombre de ácido salicílico proviene de *Salix*, el árbol cuyas hojas y corteza tradicionalmente se utilizaban para el dolor y fiebre, y de donde Johann Buchner en 1828 aisló la salicina. En 1874 se inició la producción comercial de AS en Alemania, mientras que el nombre comercial de aspirina, aplicado al ácido acetilsalicílico fue introducido en 1898 por Bayer Company (Raskin, 1992).

#### Clasificación del ácido salicílico

El AS pertenece a un grupo muy diverso de sustancias conocidas como fenólicos. En las plantas los compuestos fenólicos, relacionados con el llamado metabolismo secundario, están involucrados en gran cantidad de actividades de regulación en las plantas. En particular diferentes estudios muestran la importancia de AS en los procesos fisiológicos y de adaptación de las plantas. El AS se ha encontrado en todos los tejidos de las especies que han sido analizadas. Algunas especies de importancia económica como la soya, arroz y cebada contienen hasta  $1\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de peso fresco. En algunos casos su presencia afecta la síntesis de otros reguladores de crecimiento los cuales afectan directamente algún proceso fisiológico.



Partiendo de la observación de que la aspirina aumenta la vida en florero de las flores cortadas, probablemente por un efecto combinado de inhibición en la biosíntesis de etileno y celulosa en los tejidos (Ferrarese *et al.*, 1996) y de acidificación del medio, se sabe que el AS presenta propiedades de retraso de senescencia (Bourbouloux *et al.*, 1998), inductor de floración y tuberización así como de compuestos termogénicos y alelopáticos, entre otras (Raskin, 1992).

#### Papel del ácido salicílico en las plantas

El ácido salicílico se encuentra en las plantas en forma libre o en forma conjugada. A excepción de unas cuantas plantas como el arroz y la papa generalmente no se encuentra gran cantidad de AS endógeno en forma libre. Las formas conjugadas son glicosidos, esterés, amidas y ácidos dihidroxibenzoicos. Se supone que cuando se requiere de AS una parte de ello proviene de las reservas de conjugados (Hennig *et al.*, 1993) mientras que otra parte proviene de la actividad de PAL (Raskin, 1992).

En cuanto a la distinción entre la aplicación de AS o de ácido acetilsalicílico en las plantas no se ha detectado diferencias importantes entre uno y otro. Se supone que al acetilsalicílico es rápidamente convertido a AS en los tejidos tanto de plantas como de animales.

Por lo que al AS cumple un papel muy importante en la transmisión de señales. Su actividad fisiológica más relevante ha sido demostrada como señal que interviene en la inducción de la resistencia sistémica adquirida, un efecto de respuesta de tipo inmunológica ante una infección por patógenos.

En los últimos años el papel más estudiado del AS es su participación como molécula señal en defensas locales y regulación de la respuesta sistémica adquirida (RSA) que se ejecuta en las plantas después de ser atacada por patógenos (Shah, 2003; Dong, 2004). Se ha determinado que incrementos de 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 genes PR. Esta correlación y función de la hormona fueron demostradas además con la aplicación de agentes que bloquean la síntesis de AS o la expresión de genes que codifican para enzimas que degradan AS (Delaney *et al.*, 1994; Wildermuth *et al.*, 2001). Más aún, la aplicación de AS exógenamente es capaz no sólo de inducir la expresión de genes *PR*, sino también de conferir mayor resistencia contra patógenos. La acumulación local de AS en el sitio de infección generaría la movilización de una señal sistémica, probablemente metil-salicilato, la cual induce una respuesta sistémica adquirida responsable de la expresión de genes de resistencia en lugares distantes (Dempsey *et al.*, 1999). La regulación de la expresión génica mediada por AS involucra la proteína NPR1/NIM1 la cual forma complejos con factores de transcripción llamados TGA (de tipo bZIP) para regular promotores de genes *PR*. A su vez, la regulación de NPR1 a nivel de expresión es controlada por factores de transcripción de la clase WRKY (Yu *et al.*, 2001; Dong 2004).

Enyedi *et al.*, (1992) al trabajar con tabaco encontraron que la aplicación exógena de AS aumenta el nivel de AS endógeno en la parte atacada de la planta por el virus del mosaico del tabaco aumentando la resistencia sistémica adquirida

y reduciendo el área de la lesión, mencionando que los datos obtenidos apoyan la hipótesis de que el AS es un producto natural que induce la patogénesis relacionado con las proteínas y la resistencia sistémica adquirida. También Rasmussen *et al.*, (1991) con sus resultados obtenidos apoyan que la aplicación exógena del AS, induce la resistencia sistémica adquirida pero que sus datos sugieren que el AS no es la señal sistémica primaria para inducir la resistencia sistémica adquirida en el cultivo de pepino.

El AS aplicado de forma exógena en concentraciones de  $1 \times 10^{-2} \text{M}$  a  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  aumenta la biomasa de soya (Gutiérrez *et al.*, 1998.), el rendimiento de trigo (López *et al.*, 1998) al igual que el rendimiento y la calidad de diversas hortalizas según se desprenden de los resultados de diferentes trabajos experimentales del grupo de Gutiérrez Coronado adscrito al Instituto Tecnológico de Sonora. Además de los anteriores resultados acerca de cómo el AS interviene modificando diferentes actividades fisiológicas y del desarrollo, existe otra vertiente de trabajo experimental acerca del papel del AS en las respuestas celulares relacionadas con el daño oxidativo, respuesta bioquímica que parece ser un factor común en las plantas sometidas a diversos tipos de estrés.

#### Biosíntesis y degradación del ácido salicílico

En las plantas superiores el AS parece derivar de la vía del shikimato-fenilpropanoides. Se han propuesto dos caminos de la síntesis el AS a partir de la fenilalanina, la diferencia entre uno y otro se encuentra en el paso de hidroxilación del anillo aromático (Fig. 1.). en una reacción mediada por la enzima fenilalanina-amonio-lisa (PAL) la fenilalanina es convertida en ácido cinámico, este último es

transformado en ácido benzoico (AB) o en ácido ortocumarico los cuales se supone son los precursores del AS (Raskin, 1992).

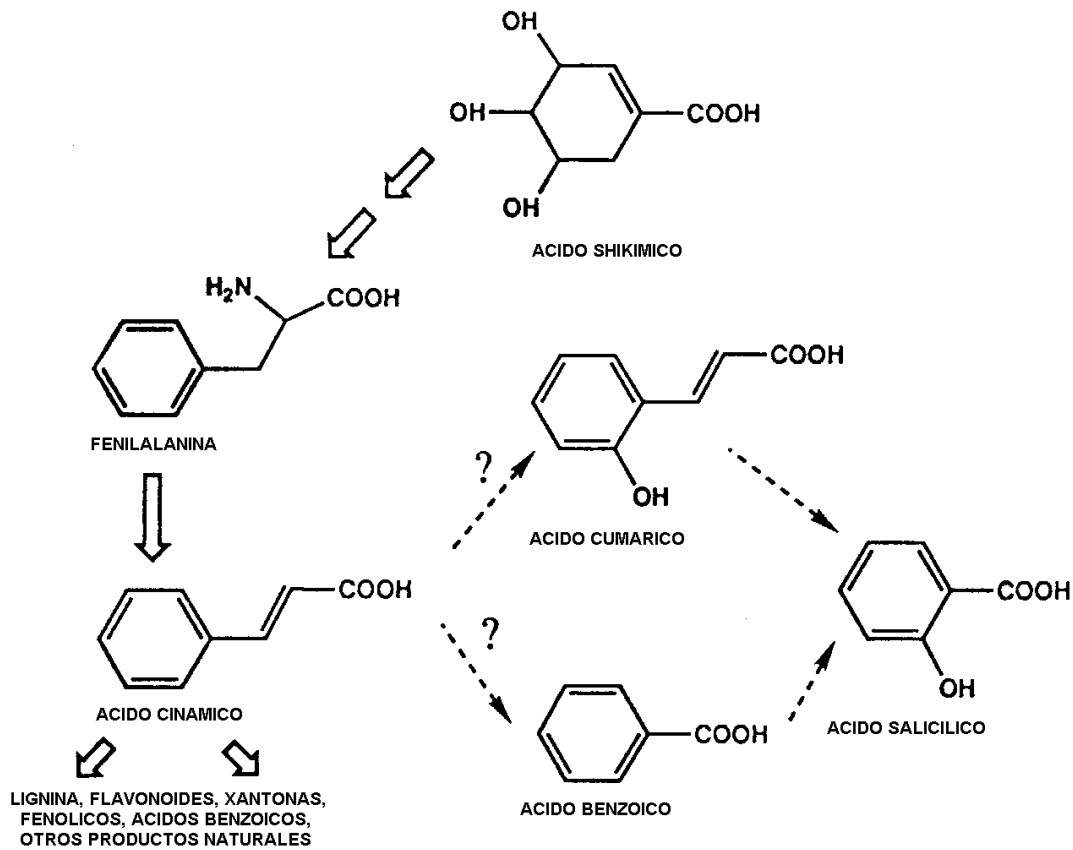


Figura 1. Vía propuesta de síntesis del ácido salicílico en plantas (modificado por Raskin, 1992).

Sin embargo se han sugerido rutas alternativas para la formación de AS basado además en los modelos que se han encontrado en algunas bacterias. Por ejemplo existen bacterias que sintetizan AS vía el ácido corísmico: las enzimas isocorismato sintasa (ICS) y la isocorismato piruvato liasa (IPL) pueden catalizar la formación de AS en sólo dos pasos desde isocorismato. Sobre-expresión de estas dos enzimas en *Arabidopsis* es capaz de aumentar los niveles de AS en la planta (Verberne *et al.*, 2000). Además la existencia de una ruta similar ha sido descrita para *Arabidopsis* (Wildermuth *et al.*, 2001). El gen *SID2* que codifica para una

isocorismato sintasa cloroplástica en *Arabidopsis* es inducido en tejidos infectados con patógenos. Esta y otras evidencias sugieren que al menos en *Arabidopsis* existe esta ruta adicional para la síntesis de AS que involucra a los ácidos corísmico e isocorísmico (Fig. 2).

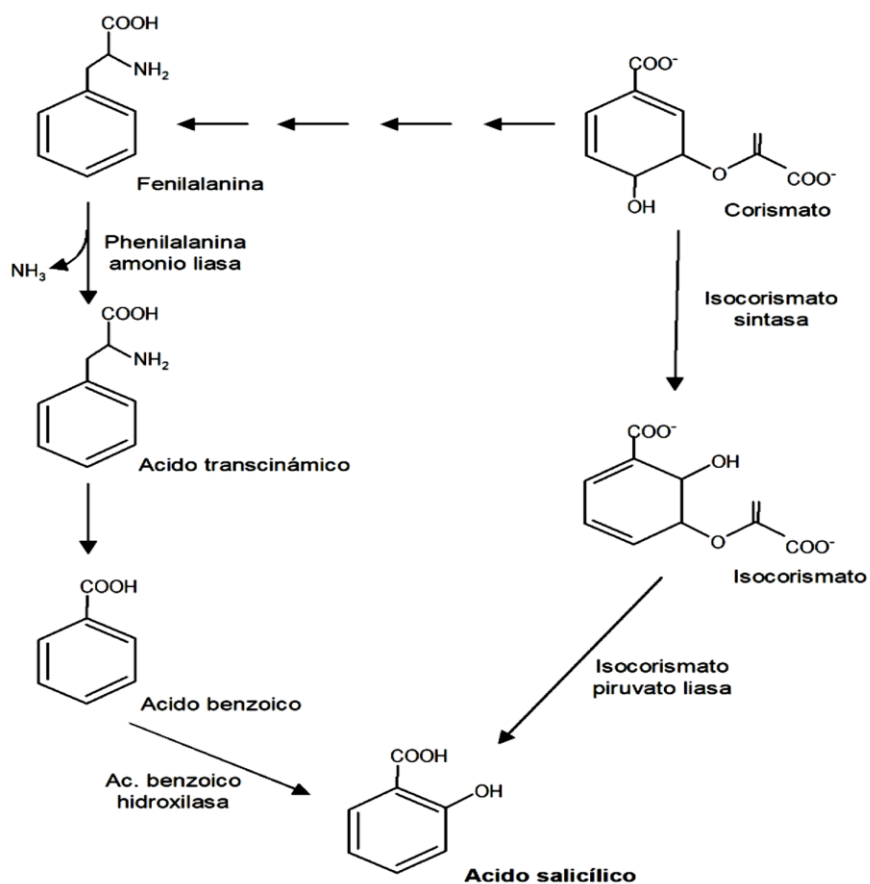


Figura. 2. Vías de biosíntesis del ácido salicílico en *Arabidopsis*, descrita por Wildermuth *et al.*, (2001).

### Ácido salicílico y daño oxidativo

El daño o estrés oxidativo se presenta cuando la producción de especies activas de oxígeno (EAO) rebasa la capacidad de los sistemas antioxidantes y de captura de radicales libres de la célula. Normalmente el nivel de EAO es alto

cuando la planta se ve sometida a alguna condición de estrés biótico o abiótico. Aunque la presencia de EAO causa daño por oxidación de ADN, lípidos y proteínas, las plantas también hacen uso de las EAO en la disipación energética y como señalizadores desencadenantes de respuestas de adaptación y defensa (Draper, 1997). A su vez estas últimas se asocian con cambios morfológicos y fisiológicos de la planta (Inzé y Van Montagu, 1995). Es probable que el ácido salicílico tenga algún papel regulador sobre el balance de oxidación-reducción de las células vegetales, y ello tal vez explique la capacidad del AS de incluir respuestas tan variadas: como las respuestas fisiológicas, morfogénicas y adaptativas en las plantas. Lo anterior se sigue a partir del comprobado efecto del ácido salicílico sobre la actividad de la catalasa y otras enzimas que controlan el nivel de las EAO (Raskin, 1992).

#### Ácido salicílico como molécula señalizadora

El AS comenzó a sobresalir como molécula señalizadora cuando se descubrió una función reguladora muy especial del AS esta fue descubierta cuando se estudiaba el fenómeno de la termogénesis en flores de especies de la familia Aráceae. Previamente se conocía que este fenómeno estaba relacionado al proceso de respiración resistente a cianuro que involucra a la oxidasa alternativa. Hace varias décadas se postuló la hipótesis de una señal química o “calorigeno” que se movilizaba desde la flor masculina hacia el resto de la inflorescencia y muy posteriormente se evidenció que SA era capaz de inducir la oxidasa alternativa y la producción de calor en una planta del género *Arum* (Raskin *et al.*, 1987). La

producción de calor tendría como función atraer polinizadores en este género de flores.

Poco después se demostró su importancia en las reacciones de defensa contra los patógenos (Malamy *et al.*, 1990; Métraux *et al.*, 1990). Asimismo el AS parece relacionarse con la adaptación de las plantas a los ambientes extremos, y esto pudiera convertir a este compuesto y sus derivados en herramientas para el manejo agronómico del estrés.

El modelo inicial propuesto sobre el mecanismo de acción del AS que era un inhibidor de la actividad de la catalasa. Esta afirmación surgió del hecho de que esta enzima es inhibida *in vitro* por el AS (Raskin, 1992). Asimismo fue demostrado en *Arabidopsis*, tabaco, tomate y pepino, que la proteína receptora de AS es una catalasa con alta afinidad por el AS y que muestra inhibición en presencia de este último compuesto (Chen *et al.*, 1993; Sánchez y Klessig, 1994).

Las catalasas pertenecen a un grupo de enzimas involucradas en la regulación de los niveles celulares de las especies activas de oxígeno. Se encuentran en todos los organismos aerobios convirtiendo el  $H_2O_2$  en  $H_2O$  y  $O_2$  protegiendo así a las células de los efectos dañinos del  $H_2O_2$ . Si bien los niveles altos de este compuesto son tóxicos, el  $H_2O_2$  en baja concentración parece jugar un papel importante en la transducción de señales ambientales en plantas y animales (Prasad *et al.*, 1994), esto es, el  $H_2O_2$  en niveles no tóxicos para relacionarse con la inducción de las respuestas de adaptación al estrés. Ya que la producción de  $H_2O_2$  es un proceso continuo en las plantas, la inhibición de la actividad de catalasa, una de las principales rutas de degradación del  $H_2O_2$ ,

podiera resultar en la acumulación de este compuesto. En relación a ello Chen *et al.*, (1993) encontraron que el tratamiento de hojas de tabaco con AS dio lugar a niveles elevados de  $H_2O_2$  *in vitro*. Por su parte Dat *et al.*, (1998) observaron el mismo incremento endógeno de  $H_2O_2$  al aplicar AS en las hojas de *Sinapsis alba*.

Sin embargo, Ruffer *et al.*, (1995) encontraron que más que unirse de manera específica a las catalasas, el AS se une a las enzimas que contiene hierro como las catalasas, aconitasas, lipoxidasas y peroxidasas. Así mismo otros resultados experimentales indican que el AS no siempre inhibe la actividad catalasa aunque se observan incrementos en los niveles de  $H_2O_2$  (Raskin, 1992). Probables explicaciones a esta discordancia son que el AS ejerce efectos más amplios que la mera inhibición de esta enzima o bien que las respuestas sean dependientes de la especie vegetal o de la edad de los tejidos u órganos utilizados en los estudios. Por otra parte algunos investigadores han propuesto un papel directo para el AS en potenciar la producción de  $H_2O_2$  por medio de la activación de una NAD(P)H oxidasa de la membrana plasmática. Esto pudiera ser parte de la explicación de los resultados dispares entre presencia de AS y actividad catalasa.

Como se mencionó, otra posibilidad respecto al AS es que actué cambiando el balance redox celular por medio de la inducción del  $H_2O_2$  o de otras EAO, así como por medio de la modificación en la síntesis y actividad de enzimas y compuesto antioxidantes.

Al respecto, Willekens *et al.*, (1997) estudiaron el papel de la catalasa y el  $H_2O_2$  en las plantas bajo estrés. Para ello utilizaron plantas transgénicas de



tabaco con un 10% de actividad en relación con las plantas silvestres. Las plantas deficientes en catalasa no mostraron desordenes visibles al crecer en condiciones de baja irradiación, sin embargo, bajo alta irradiación las hojas desarrollen lesiones necróticas. No se detectó acumulación de  $H_2O_2$  durante el desarrollo de la necrosis, tal vez como resultado de una compensación que elevo los niveles de ascorbato peroxidasa y glutatión peroxidasa. La necrosis foliar mostro correlación positiva con el contenido de glutatión oxidado y correlación negativa con el nivel de ascorbato foliar, indicando que la catalasa es crítica para mantener el balance redox durante el estrés oxidativo. Asimismo el daño no se presentó en un enriquecido con  $CO_2$  lo que indica una aparente dependencia de la actividad respiratoria. Las plantas deficientes en catalasa revelaron mayor susceptibilidad al paraquat, salina y ozono pero no a las bajas temperaturas.

Otro resultado que indica el probable papel del AS en la modificación del balance redox celular fue reportado por Chen *et al.*, (1996) ellos encontraron que el gen GST6 de *Arabidopsis*, que expresa una glutacion-S-transferasa, es inducido por la aplicación de auxinas, AS o  $H_2O_2$ . Las glutacion-S-transferasas, son una familia de enzimas involucradas en la destoxificación de xenobioticos y en la protección contra el daño oxidativo.

#### Aplicación del ácido salicílico

Al parecer la aplicación de AS, actúa como un regulador sobre el balance de oxidación-reducción de las células vegetales, incluyendo respuestas fisiológicas y adaptativas en las plantas. Se ha demostrado que la aplicación foliar

del AS da lugar una respuesta de resistencia sistémica adquirida (RSA) por lo cual se dice que el AS funciona como activador o inductor de este proceso.

La aplicación foliar de ácido salicílico en concentraciones de 10 a 100 $\mu$ M aumento la tolerancia al choque térmico (55° C por 1.5 h) en plantas de *Sinapsis alba*. Esta respuesta fue análoga a la obtenida con un tratamiento de aclimatación a 45° C previa al choque térmico. Ambos tratamientos indujeron un aumento transitorio en la concentración endógena de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seguida de una caída en la concentración del mismo, por debajo del testigo, así como disminución en la actividad catalasa (Dat *et al.*, 1998). López *et al.*, 1998) obtuvieron igualmente termo tolerancia en micro plasma de papa desarrollada en medio de cultivo con ácido acetilsalicílico en concentraciones de 1x10<sup>-6</sup>M a 1x10<sup>-5</sup>M. Al parecer el efecto protector del AS se relaciona con su capacidad para inducir la expresión de sus proteínas al choque térmico en las células vegetales, hecho demostrado en cultivos celulares de tomate por Cronjé, (1999).

La aplicación exógena de AS disminuye la susceptibilidad al daño por patógenos o estrés abiótico (Shiratsu *et al.*, 1997), y aumenta la tolerancia del fruto del daño por frío.

De hecho en el tabaco la aplicación de AS o partículas de virus del mosaico del tabaco da lugar a la inducción de prácticamente las mismas proteínas de defensa como PR-1, quitinasa y  $\beta$ -1,3-gluconasa (Kang *et al.*, 1998). En algunos cultivos como tabaco, tomate, pepino, soya, arroz y maíz fue demostrado, que la proteína receptora de AS es una catalasa con alta afinidad por el AS (Sánchez y

Klessig, 1994). En esta situación el AS participa de forma importante en la cascada de señalizaciones que da lugar a la respuesta de adaptación en ambientes extremos, a la expresión de los sistemas de control de daño oxidativo así como la inducción de la resistencia sistemática adquirida en el caso de patógenos a demás de presentar propiedades de retraso de senescencia, inductor de floración y tuberización (Raskin, 1992).

En cultivos celulares de soya la aplicación de AS y un inductor sintético, el BTH[benzo(1,2,3)thiadiazole-7carbothioic acid s-methyl ester), dio lugar a un aumento de 2 a 8 veces en la cantidad de compuestos y enzimas antioxidantes. Asimismo la inoculación de AS y BTH permitió que los cultivos celulares fueran más resistentes al herbicida Oxyfluorfen, el cual se sabe actúa como agente peroxidante de los lípidos de membranas (Knörzera *et al.*, 1999).

En los últimos años el AS ha sido el foco de una intensa investigación debido a su función como señal endógena de mediar respuestas de las plantas en defensa contra los patógenos. También se ha encontrado que el AS tiene un papel en la respuesta de las plantas a estrés abiótico como la sequía, la refrigeración, la toxicidad de metales pesados, el calor y estrés osmótico así como en el crecimiento y desarrollo de plantas. Por lo que el AS se ha aplicado en diferentes cultivos para aumentar el rendimiento y la calidad por ejemplo. La aplicación de AS incremento el rendimiento de trigo en concentraciones de  $1 \times 10^{-4} \text{M}$  y  $1 \times 10^{-6} \text{M}$ , aumentando el número de granos por espiga e incremento el rendimiento agronómico con respecto al testigo (López *et al.*, 1998). También Gutiérrez *et al.*, (1998) Demostraron que la aplicación de AS a concentraciones de  $1 \times 10^{-2} \text{M}$  y

$1 \times 10^{-8} \text{M}$ , aumento la biomasa de plantas de soya, por otra parte San Miguel *et al.*, (2003) reportaron que el AS aplicado en diferentes formas provoca el cierre de estomas y reduce la transpiración, aumentando la biomasa en soya y pinos.

Ramírez *et al.*, (2009) demostraron que la aplicación de AS a concentraciones de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  incremento el rendimiento de chile por planta así como el nivel de capsaicina. También al aplicar AS en pepino se encontró que este tiene un efecto significativo en el rendimiento por planta en las concentraciones evaluadas. Ya que presentaron diferencias significativas, indicando que el mejor tratamiento fue  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  el cual incremento en un 33% en comparación con el testigo. El tratamiento  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  excedió al testigo por 25% (Martín-Mex., 2003).

Martín *et al.*, (2004) demostraron que el AS incrementa el rendimiento de fruta comercial de papaya siendo las concentraciones de  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  y  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  las que presentaron los mejores rendimientos con incrementos superiores de 21.9 y 14.9 % respecto al testigo.

Martín *et al.*, (2010) mostraron que todas las concentraciones probadas de AS incrementaron el número de flores de petunia abiertas por planta. En concentraciones tan bajas como de 0.0001 micro mol ( $\mu\text{M}$ ) ó 0.1  $\mu\text{M}$  indujeron respuestas positivas en 33 % y 37 %, en comparación con el testigo. La concentración más alta, de 1  $\mu\text{M}$ , aumentó no sólo el número de flores en 72 %, sino también indujo la floración seis días antes con respecto al testigo.

Villanueva *et al.*, (2009) al trabajaron con *Chrysanthemum* y demostraron que las plantas asperjadas con AS obtuvieron un diámetro de tallo más grande

con respecto al testigo incrementando de manera significativa el peso de materia fresca y seca de follaje y raíz, volumen de raíz y área foliar. La floración se alcanzó 113 días después del trasplante y también se obtuvo el mayor diámetro de la flor (13.6 y 12.6 cm) con los tratamientos de AS a concentraciones de  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  y  $1 \times 10^{-10} \text{M}$ , respectivamente.

Ramírez *et al.*, (2006) al aplicar ácido salicílico a una concentración de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  en coliflor, brócoli, repollo y acelga, demostraron que el repollo alcanzó un crecimiento mayor en la longitud de la raíz de 4.46 cm en comparación al testigo. Coliflor solo aumento la altura de la planta con 1.98 cm más que el testigo. El brócoli aumento la altura de la planta con 3.1 cm sobre el testigo y su longitud de la raíz con una diferencia de 4.37 cm sobre el testigo, por otra parte la acelga aumento su peso de materia fresca total a 852 g mientras que el testigo solo alcanzó 832 g, al igual que su peso fresco aéreo 15 g más que el testigo. Demostrando que la aplicación del AS si influye positivamente en el crecimiento y desarrollo de los cultivo con que trabajo.

Al igual que Sánchez, (2002) realizo un análisis comparativo de AS en emergencia y crecimiento de plántulas de lechuga a concentraciones de  $1 \times 10^{-4} \text{M}$ ,  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  Y testigo obteniendo que el tratamiento con una concentración de  $1 \times 10^{-4} \text{M}$  fue el que presento respuestas a la aplicación de ácido salicílico con un 92.11% de emergencia y crecimiento, siguiéndole el tratamiento con una concentración de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  en comparación con el testigo.

El AS se ha aplicado en diferentes cultivos para aumentar el rendimiento y la calidad. De acuerdo con la información planteada el AS y sus derivados también

pueden aplicarse como herramientas para la promoción y aumento de los mecanismos naturales de resistencia de las plantas, cuando estos involucren la participación de especies activas de oxígeno (EAO). En este sentido se requiere realizar gran cantidad de investigación en diferentes especies, para estudiar en que forma las aplicaciones exógenas de AS y compuestos análogos como el metil-salicilato, el ácido benzoico, el BTH, etc. modifican los mecanismos de adaptación al estrés abiótico. Si fuese posible llegar a utilizar estos compuestos como potenciadores de los mecanismos naturales de adaptación, ya que su bajo costo y el hecho de constituir productos naturales los convertiría en opciones atractivas para los productores agrícolas.

#### Crecimiento y desarrollo

Las plantas, a diferencia de los animales, tienen un sistema abierto de crecimiento. Esto significa que la planta posee regiones embrionarias más o menos perennes, de las cuales se producen periódicamente nuevos tejidos y órganos. Estas regiones se denominan meristemos. Durante la embriogénesis, la planta es capaz de establecer su eje apical-basal mediante la diferenciación del meristemo apical y el meristemo radicular, sin embargo después de la embriogénesis y durante el desarrollo se dan los picos de actividad de los meristemos es decir, las células retienen su potencial de división una vez finalizada la embriogénesis (Peter, 2004).

El crecimiento es un fenómeno cuantitativo, susceptible de medirlo y expresarlo como un aumento de longitud o diámetro del cuerpo del vegetal y del peso. Greulach y Adams, (1967), menciona al crecimiento como incremento

irreversible en la masa, incluyendo la división, diferenciación de incremento de estos, lo cual indica que es un proceso cuantitativo. Se puede expresar a través del análisis del peso seco y área foliar.

El crecimiento puede medirse como longitud, área foliar, peso fresco, peso seco, volumen, entre otros. Cada uno de estos parámetros describe algo diferente y rara vez hay una relación simple entre ellos en un organismo en crecimiento (Bidwell, 1979). Cabe anotar que el crecimiento está ligado a factores ambientales como luz, temperatura y humedad (Salisbury y Ross, 1994). Por lo que el crecimiento de las plantas se constituye en un fiel reflejo de que en ellas tienen lugar una serie de cambios estructurales de tamaño, peso y forma específicos, que ocurren de acuerdo con los patrones de división celular y diferenciación, los cuales no pueden considerarse fuera del contexto ambiental (Rodríguez, 2000).

## Desarrollo

El desarrollo vegetal es el proceso conjunto de crecimiento y diferenciación celular de las plantas que está regulado por la acción de diversos compuestos, dentro de los que se destacan carbohidratos, proteínas, ácidos nucleicos, lípidos y hormonas. Los procesos de crecimiento y diferenciación se alternan durante todas las etapas de vida de la planta, desde el desarrollo del embrión, pasando por la etapa juvenil hasta la planta adulta en donde continuamente se están diferenciando apéndices tales como hojas, flores y frutos. Las investigaciones básicas han establecido la importancia de las fitohormonas, en el proceso de desarrollo vegetal, al inducir respuestas fisiológicas específicas y rápidas del desarrollo cuando se introducen en plantas (ejemplo: inducción de maduración

por etileno, caída de hojas con auxinas, estímulo del crecimiento vegetativo por citocininas, etc.). El efecto de varios de los otros compuestos como azúcares, lípidos y vitaminas en el desarrollo vegetal es menos directo, por lo que no tienen alta capacidad para modificar procesos de manera inmediata (Pimienta *et al.*, 2006).

El desarrollo puede definirse como cambio ordenado o progreso, a menudo (aunque no siempre) hacia un estado superior, más ordenado o más complejo. El desarrollo puede tener lugar sin que haya crecimiento y viceversa, pero a menudo los dos están combinados en un solo proceso (Bidwell, 1979).

La división celular produce células nuevas, muchas de las células no llegaron a ser no solo más grandes, sino también más complejas. Este proceso de especialización celular se conoce como diferenciación; crecimiento y desarrollo de células para formar tejidos, órganos y organismos con frecuencia se denomina en conjunto desarrollo (Salisbury y Ross, 1994).

Tanto el crecimiento y el desarrollo son una combinación de muchos eventos a diferentes niveles, desde el nivel biofísico y bioquímico hasta el organismo, que da como resultado la producción integral del organismo Bidwell (1979).

#### Análisis del crecimiento

Los procesos de crecimiento y desarrollo son eventos estrechamente relacionados puesto que el crecimiento está acompañado por morfogénesis y



diferenciación. Estos eventos se traducen en cambios morfológicos y fisiológicos con el aumento de la edad de la planta Salisbury y Ross, (1992).

La tasa de crecimiento de una planta es el resultado tanto de su “antecedente” genético como del ambiente en el cual crece y se desarrolla. Por consiguiente, el crecimiento y desarrollo de la planta es consecuencia de la interacción de procesos asociados con relaciones hídricas, nutrición mineral, fotosíntesis, transporte en el floema y respiración. Por otro lado, estos procesos fisiológicos pueden estar controlados por la tasa de crecimiento de la planta (Lambers *et al.*, 1998; Taiz y Zeiger, 1998).

Para el análisis de crecimiento se utiliza una técnica de tipo destructivo que requiere el uso de grupos homogéneos de plantas o parcelas a las cuales se les practica mediciones frecuentes de peso seco de los órganos y del tamaño del sistema asimilatorio (White, 1988).

El análisis de crecimiento es de gran utilidad porque permite conocer las características de una planta más fuertemente asociadas con la producción y suministra información relevante para la comprensión del funcionamiento de una planta dependiente del genotipo y el ambiente. El crecimiento de las plantas puede ser evaluado cuantitativamente, a través de la determinación de la producción primaria (peso seco) en función del tiempo (Hunt, 1990; Lambers *et al.*, 1998).

El crecimiento puede ser analizado en función del incremento de materia seca total y su distribución (partición) entre órganos involucrados en adquisición de recursos de la parte aérea y del sustrato. Para mayor precisión, el peso seco de la planta se puede dividir en sus diferentes órganos de importancia económica

y fisiológica para analizar el crecimiento al nivel de órganos y células individuales. En estos términos la partición de recursos juega un papel crucial en la determinación de la tasa de crecimiento de una planta (Lambers *et al.*, 1998).

El análisis de crecimiento ha sido practicado de dos formas diferentes, una de ellas es el análisis clásico originado con los trabajos de Blackman que realizo en 1919, basado en medidas realizadas a intervalos de tiempo relativamente largos con un gran número de plantas y el análisis funcional en el cual las medidas se hacen a intervalos de tiempo más frecuentes, utilizando un pequeño número de plantas (Hunt, 1990).

Dentro de un análisis de crecimiento, se debe de tener en cuenta el análisis de los coeficientes de partición de biomasa e Índices de crecimiento, los cuales ayudan a cuantificar y cualificar un cultivo.

Coeficientes de partición de biomasa:

Es la producción de biomasa asignada a hojas, tallos y raíz. Donde dicha distribución de biomasa se expresa en gramos, al dividir la cantidad de biomasa de cada órgano entre la cantidad de biomasa total.

- Coeficiente de partición de biomasa de hoja: permite cuantificar la biomasa que fue enviada para la formación de este órgano a partir de la biomasa total producida durante la fotosíntesis,  $C.P.B \text{ Hoja} = \left( \frac{PS_{Hoja}}{PST} \right)$ , expresada en g.
- Coeficiente de partición de biomasa de tallo: permite cuantificar la biomasa que fue enviada para la formación de este órgano a partir de la biomasa

total producida durante la fotosíntesis, C.P.B. Tallo= $\left(\frac{PST_{Tallo}}{PST}\right)$ , expresada en g.

- Coeficiente de partición de biomasa de raíz: permite cuantificar la biomasa que fue enviada para la formación de este órgano a partir de la biomasa total producida durante la fotosíntesis, C.P.B. Raíz= $\left(\frac{PST_{Raíz}}{PST}\right)$ , expresada en g.

Entre los índices de crecimiento más utilizados encontramos los siguientes:

- Tasa de Asimilación Neta (TAN): Permite cuantificar la fotosíntesis laminar. La TAN es la producción de materia seca elaborada por la planta, determinada fundamentalmente por la fotosíntesis y la respiración. Expresándose en  $g \cdot cm^2 \cdot dia^{-1}$
- Tasa Relativa de Crecimiento (TRC): Expresa el incremento en masa seca de la planta en un intervalo de tiempo dado, tomando como referencia el valor de la masa seca producida y acumulada. Este índice permite realizar comparaciones cuantitativas, y se expresa en  $g \cdot g^{-1} \cdot día^{-1}$ .
- Relación de Área Foliar (RAF): Es un índice morfológico que describe el “follaje de la planta”. Una proporción entre el potencial fotosintético y el respiratorio de los componentes. Es la relación entre el área foliar total y la materia seca total por planta. Se expresa en  $mm^2 \cdot mg^{-1}$  ó  $cm^2 \cdot g^{-1}$ .
- Relación de Peso Foliar (RPF): determina la distribución de asimilados hacia las hojas, y es un indicador de la frondosidad de la planta. Se expresa  $g \cdot g^{-1}$ .

- Área Foliar Especifica (AFE): mide el grosor de la hoja y representa la superficie foliar por gramo de hoja. Se expresa  $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ .

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el periodo primavera-verano del 2011 en el invernadero numero dos correspondiente al Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

### Características climáticas

El invernadero es de tipo túnel, presenta una temperatura media que oscila entre 22°C y 28°C durante el día y durante la noche es de 14°C con una humedad relativa de 70% dicho invernadero cuenta con un equipamiento de una pared fría automática, dos extractores de aire y su cubierta es de fibra de vidrio color blanco lechoso de .5 pulgadas de grosor, con una orientación de sur a norte.

### Procedimiento

Se delimito el área de trabajo en 5m<sup>2</sup> dentro del invernadero para poder establecer el experimento. En el área asignada se realizó un acondicionamiento que consistió principalmente en desalojar y limpiar el área para que estuviera listo el día de la colocación de macetas. Se utilizaron macetas de polietileno color negro con capacidad de 3kg y se desinfectaron con hipoclorito a una concentración de 2.5 mm/L de agua y posteriormente enjuagadas con agua limpia. Esto con el fin de eliminar residuos que se encuentren en las macetas y que pudieran alterar la investigación.

#### Pretratamiento de la semilla:

Se sumergió la semilla de acelga en ácido giberélico a una concentración de 350 ppm durante 24 horas esto con el fin de asegurar una buena germinación y emergencia de las plantas.

#### Llenado de macetas

Las macetas, previamente desinfectadas, se llenaron con el sustrato ya preparado hasta tres cuartas partes de su capacidad para realizar posteriormente la siembra y fertilización la cual se realizó al momento de la siembra, mediante la aplicación de súper fosfato triple 17, Incorporando 2.5g en cada una de las macetas cuando estas tuvieron tres cuartas partes de su capacidad, enseguida se agregó más sustrato para completar la capacidad total de la maceta.

Se utilizó tierra agrícola previamente cribada, después se mezcló con peat moss a una proporción de 1:1. Se humedeció ligeramente para que la mezcla quedara a capacidad de campo.

#### Siembra

Para esta investigación se trabajó con acelga var. fordhook bajo siembra directa, la cual fue realizada el día 26 de mayo de 2011, colocando 3 semillas por maceta, para asegurar el número de plantas necesarias en la investigación. El aclareo se realizó cuando las plántulas alcanzaron entre tres y cuatro hojas, con la intención de tener solo una planta por maceta, asegurando las 84 unidades de muestra siendo estas homogéneas.

## Preparación de los tratamientos

Los tratamientos que se emplearon en esta investigación fueron los siguientes: T1=Testigo (aplicando solo agua destilada); T2= $1 \times 10^{-6}$ M; T3= $1 \times 10^{-8}$ M y T4= $1 \times 10^{-10}$ M de ácido salicílico.

Para obtener las concentraciones de cada uno de los tratamientos se elaboró una concentración base pesando 0.136 g de ácido salicílico, y diluyéndolo con 2 ml de alcohol etílico en un tubo de ensayo; una vez disuelto se colocó en un vaso de precipitado y se aforo a un litro con agua destilada obteniendo la concentración a  $1 \times 10^{-3}$ M de AS, de esta solución se tomó 1 ml y se diluyó en 999 ml de agua destilada quedando una concentración de  $1 \times 10^{-6}$ M de AS para el segundo tratamiento, enseguida, de esta misma solución se tomó 10 ml y se diluyeron en 990 ml de agua destilada obteniendo una concentración de  $1 \times 10^{-8}$ M de AS para el tercer tratamiento. De esta solución a concentración  $1 \times 10^{-8}$ M de AS se tomaron 10ml y se diluyeron en 990 ml de agua destilada quedando una solución de  $1 \times 10^{-10}$ M de AS para el cuarto y último tratamiento.

Los tratamientos fueron aplicados dos veces, la primera aplicación se realizó cuando las plantas presentaron de 4 a 5 hojas (15 de julio del 2011) y la segunda fue aplicada después de 6 días de la primera aplicación, junto con esta se realizó el primer muestreo el día 21 de junio del 2011 esto con el fin de que los muestreos tuvieron una diferencia de seis días entre cada muestreo, las concentraciones de los diferentes tratamientos fueron aplicadas con un atomizador con capacidad de medio litro, aislando las macetas con un bote sin base para evitar que otras plantas tuvieran contacto con las soluciones de ácido salicílico.

## Labores culturales

### Riego

Los riegos se aplicaron de forma manual y cuando cada planta lo necesito, tratando que nunca entren a una marchitez y que pudiera afectar su desarrollo productivo por la deficiencia de agua.

### Deshierbe

Consistió en eliminar las malas hierbas tratando de no arrancar la plántula del cultivo, realizando una limpieza a las macetas. Esta actividad es benéfica en el desarrollo de la acelga y evita competencia por espacio o nutrientes.

### Control fitosanitario

Las principales plagas más comunes en el cultivo de la acelga son:

Pulgón (*Aphis fabae*), Gusano blanco (*Melolontha melolonta*), Gusano Gris (*Agrotis segetum*), Pulguilla (*Chaetocnema tibialis*) y Mosca de la remolacha (*Pegomia betae* o *P. hyoscyami*).

Su tratamiento se basa en el control de los adultos mediante productos de contacto como Diazinon, Naled o Triclorfon.

En cuanto a enfermedades se pueden mencionar Mildiu (*Peronospora farinosa f. sp. betae*), Cercospora (*Cercospora beticola*), *Peronospora (Peronospora schatii)*, Sclerotinia (*Sclerotinia libertiana*).

Su control es a base de tratamientos con Zineb, Diclofluanida, Maneb, etc., cuando aparezcan los primeros síntomas.



## Diseño experimental

La distribución de los tratamientos en el área experimental fue llevada a cabo mediante un diseño completamente al azar realizando un sorteo para el etiquetado de las macetas tomando en cuenta 4 tratamientos (T1=testigo, T2= $1 \times 10^{-6}$ M, T3= $1 \times 10^{-8}$ M, T4= $1 \times 10^{-10}$ M), 3 repeticiones y 7 muestreos dando un total de 84 plantas, la unidad experimental fue de una planta por cada tratamiento; para la evaluación se tomaron plantas de acuerdo al muestreo con el que fueron etiquetadas las macetas. A los resultados se les realizó un análisis de varianza y comparación de medias entre tratamientos con el paquete estadístico de la UANL.

## Variables dependientes

Las variables agronómicas que se consideraron dentro de la investigación fueron peso seco de raíz, peso seco de tallo, peso seco de hoja y peso seco total y área foliar.

Para obtener dichas variables se disectó la planta, primeramente se midió el área foliar de las hojas en el medidor de área foliar marca LI-COR.inc, modelo GR-120 una vez realizado este procedimiento se colocaron en bolsas de papel estraza así como tallo de la planta cada una en diferentes bolsas así como cada planta en diferente bolsa. La raíz se obtuvo arrancándola de la maceta en la que estuvo plantada de esta solo se obtuvo una parte se lavó y se colocó en bolsas de papel estraza, la otra parte de la raíz que se quedó en la meseta se dejó secar la tierra durante 3 días posteriormente se depositó en una criba con orificios de 0.5mm, para eliminar la tierra y separar la raíz, una vez obtenida la raíz se coló en bolsas de papel estraza. Se colocaron todas las bolsas en una estufa de secado

marca Felicia, modelo 293A a una temperatura de 75°C durante 48 horas, después de haber transcurrido este tiempo se sacaron de la estufa y se pesaron en una balanza analítica marca AND, modelo GR-120 para obtener el peso seco, para después de haber obtenido estos resultados de dichas variables, se les determino el coeficiente de partición de biomasa (CPB) e índices de crecimiento para cada uno de los tratamientos de la investigación.

Para determinar el CPB incluyo el peso seco de hoja, peso seco de tallo, peso seco de raíz y peso seco total. Para obtener el coeficiente de partición de biomasa de tallo se dividió el peso seco de tallo entre el peso seco total; para el coeficiente de partición de biomasa de raíz, se dividió peso seco de raíz entre peso seco total; para obtener el coeficiente de partición de biomasa de hoja se dividió peso seco de hoja entre el peso seco total. De esta manera se obtuvo el porcentaje de biomasa que fue destinado a cada órgano de la planta para su crecimiento y desarrollo.

Para determinar los índices de crecimiento se tomó en cuenta la Tasa de Asimilación Neta (TAN), Tasa de Crecimiento Relativo (TCR), Relación de Área Foliar (RAF), Relación de Peso Foliar (RPF) y Área Foliar Específica (AFE).

La Tasa de Asimilación Neta se obtuvo al restando el peso total dos menos el peso total uno entre el intervalo de días de cada muestreo multiplicando por logaritmo natural de área foliar dos menos el logaritmo natural uno dividido entre área foliar dos menos área foliar uno, matemáticamente se expresa:

$$TAN = \left( \frac{PST2 - PST1}{T2 - T1} \right) \left( \frac{\ln(AF2) - \ln(AF1)}{AF2 - AF1} \right), \text{ expresada en } g \cdot cm^{-2} \cdot dia^{-1}.$$

La Tasa de Crecimiento Relativo se obtuvo al sacar el logaritmo natural de peso seco total dos menos el logaritmo natural de peso seco total uno entre el intervalo de días entre cada muestreo matemáticamente se expresa:

$$TCR = \frac{\ln(PST2) - \ln(PST1)}{(T2 - T1)}, \text{ expresada en } g \cdot g^{-1} \cdot \text{día}^{-1}.$$

La Relación Área Foliar se obtuvo al dividir área foliar dos entre peso seco total uno más área foliar dos entre peso seco total dos entre la constante dos, matemáticamente se expresa en:  $RAF = \frac{((AF1 \div PST1) + (AF2 \div PST2))}{2}$ , expresada en  $cm^2 \cdot g^{-1}$ .

La Relación Peso Foliar se obtuvo al dividir peso seco de la hoja entre el peso seco total uno sumando el peso seco de la hoja dos entre el peso seco total dos dividido con la constante dos, matemáticamente se expresa:

$$RPF = \frac{((PSH1 \div PST1) + (PSH2 \div PST2))}{2}, \text{ expresado en } g \cdot g^{-1}.$$

El Área Foliar Especifica se obtuvo al dividir área foliar uno entre peso seco de la hoja uno sumado al área foliar dos entre el peso seco de la hoja dos dividido entre la constante dos, matemáticamente se expresa como:

$$AFE = \frac{((AF1 \div PSH1) + (AF2 \div PSH2))}{2}, \text{ expresado en } cm^2 \cdot g^{-1}.$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Coeficientes de Partición de Biomasa

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias (Tukey  $P=0.01$ ) de los coeficientes de partición de biomasa (CPB) no mostraron diferencias significativas en todos los muestreos, a excepción del primer y cuarto muestreo en el CPB de hoja muestra diferencias altamente significativas (Cuadro 1).

Cuadro 1: análisis de varianza y comparación de medias de coeficientes de partición de biomasa (CPB) para un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. Fordhook) aplicando ácido salicílico.

Tratamientos	Variables	Fechas de los Muestreos						
		21/06/2011	27/06/2011	03/07/2011	09/07/2011	15/07/2011	21/07/2011	27/07/2011
Testigo		0.866 b <sup>Ⓞ</sup>	0.814 a	0.837 a	0.683 b	0.577 a	0.521 a	0.488 a
$10^{-6}$ M		0.873 b	0.874 a	0.840 a	0.567 b	0.549 a	0.531 a	0.406 a
$10^{-8}$ M	C.P.B.Hoja	0.901 ab	0.815 a	0.813 a	0.648 ab	0.559 a	0.488 a	0.471 a
$10^{-10}$ M		0.926 a	0.816 a	0.795 a	0.697 a	0.542 a	0.554 a	0.470 a
C.V. (%)		1.89	4.93	3.42	5.58	6.60	9.74	11.67
S.E.		**	NS	NS	**	NS	NS	NS
Testigo		0.104 a	0.021 a	0.098 a	0.222 a	0.297 a	0.313 a	0.333 a
$10^{-6}$ M		0.092 a	0.009 a	0.099 a	0.300 a	0.324 a	0.324 a	0.362 a
$10^{-8}$ M	C.P.B.Tallo	0.062 a	0.020 a	0.106 a	0.239 a	0.308 a	0.358 a	0.343 a
$10^{-10}$ M		0.045 a	0.019 a	0.142 a	0.202 a	0.275 a	0.267 a	0.303 a
C.V. (%)		31.83	43.29	22.94	15.29	15.20	14.63	10.88
S.E.		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Testigo		0.031 a	0.165 a	0.065 a	0.095 a	0.126 a	0.166 a	0.179 a
$10^{-6}$ M		0.035 a	0.117 a	0.061 a	0.133 a	0.127 a	0.145 a	0.231 a
$10^{-8}$ M	C.P.B. Raiz	0.037 a	0.165 a	0.081 a	0.112 a	0.133 a	0.154 a	0.186 a
$10^{-10}$ M		0.029 a	0.165 a	0.062 a	0.101 a	0.133 a	0.179 a	0.227 a
C.V. (%)		4.93	28.24	13.13	32.65	18.39	27.41	34.23
S.E.		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

C.P.B= Coeficientes de Partición de Biomasa.

C.V= Coeficiente de Variación.

\*\*=Diferencia Altamente Significativa ( $P=0.01$ )

NS= Diferencia no Significativa.

Ⓞ=Medias con la Misma Letra Dentro de la Columna son Iguales (Tukey  $P\leq 0.01$ ).

S.E.=Significancia Estadística.

En el primer muestreo las plantas testigo distribuyeron su biomasa nueva producida enviando 86% a formar hoja 10% a tallo y 3% a raíz, sin embargo todas las plantas tratadas con AS superaron al testigo enviando más biomasa a formar hoja y raíz respectivamente, excepto las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-10}$ M de AS estuvieron por debajo del testigo en el envío de biomasa para la formación de raíz. Sin embargo el envío de biomasa para la formación de tallo fue mayor para las plantas testigo superando el envío de biomasa para las plantas tratadas con AS.

Para el segundo muestreo se observa una tendencia en la reducción del envío de biomasa hacia la formación de hoja a excepción de las plantas con  $1 \times 10^{-6}$ M de AS que mantuvieron su envío de biomasa por encima de las demás plantas de todos los tratamientos. Para la variable tallo se mantiene una tendencia en la disminución observando que las plantas del tratamiento con AS DE  $1 \times 10^{-10}$ M son las que enviaron menos biomasa, sin embargo las plantas de los demás tratamientos tuvieron un envío de biomasa similar. En raíz se observa una gran tendencia al incremento del envío de biomasa para la formación de esta observando que las plantas de los tratamientos  $1 \times 10^{-8}$ M,  $1 \times 10^{-10}$ M de AS y testigo enviaron la misma cantidad de biomasa, solamente las plantas del tratadas con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-6}$ M enviaron menor biomasa a raíz.

En el tercer muestreo existe una tendencia en la disminución del envío de biomasa para la formación de hoja mostrando que las plantas con  $1 \times 10^{-6}$ M de AS fueron las que enviaron más biomasa para la formación de esta, observando que las plantas con la concentración de AS de  $1 \times 10^{-10}$ M son las que enviaron menos biomasa para la formación de hoja. Mientras que para tallo aumenta mostrando que las plantas tratadas con AS enviaron más biomasa para la formación de este

con respecto al testigo y en raíz disminuye el envío de biomasa para su formación, observando que las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  de AS fueron las que enviaron más biomasa para la formación de esta sin embargo las plantas testigo enviaron más biomasa que el resto de las plantas tratadas con AS.

En el cuarto muestreo la tendencia de envío de biomasa nueva producida para la formación hoja disminuye, siendo las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS las que enviaron mayor biomasa para la formación de hoja, observando que las plantas tratadas con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  fueron las que enviaron menor biomasa con respecto a las demás plantas de los diferentes tratamientos. Mientras que para tallo y raíz tiende a aumentar el envío de biomasa para la formación de estas respectivamente, encontrando que las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  de AS fueron las que enviaron mayor biomasa para la formación de tallo, seguidas por las plantas tratadas con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  y las plantas testigo, mostrando que las plantas con la concentración de  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS fueron las que enviaron menor biomasa para la formación de tallo. Sin embargo todas las plantas tratadas con AS superaron al testigo enviando mayor biomasa para esta variable, donde las plantas con el tratamiento  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  fueron las que enviaron más biomasa, seguidas por las plantas con  $1 \times 10^{-8}$  y  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS.

Para el quinto muestreo se observa que el envío de biomasa para la formación de hoja tiende a disminuir observando que las plantas testigo superaron a las plantas tratadas con AS en el envío para la formación de esta. Por otro lado para la variable tallo y raíz existe una tendencia en el incremento de envío de

biomasa nueva producida, observando que las plantas tratadas con AS enviaron más biomasa que el testigo excepción de las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS que fueron las que enviaron menor biomasa para la formación e tallo. En cuanto a la variable raíz todas las plantas tratadas con AS superaron a las plantas testigo enviando mayor biomasa para la formación de raíz observando que las plantas de los tratamientos de AS a concentraciones de  $1 \times 10^{-8}$  y  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  enviaron la misma cantidad de biomasa para la formación de raíz seguidas por las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  de AS.

En el sexto muestreo la tendencia de disminución del envío de biomasa para la formación de hoja sigue existiendo excepto las plantas tratadas con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  se observa una tendencia de aumento del envío para su formación seguidas por las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  de AS, plantas testigo y las plantas tratadas con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  de las que produjeron menor biomasa. En la variable tallo se observa un aumento en él envío de biomasa para su formación, al igual que para la variable raíz, encontrando que las plantas tratadas con AS enviaron más biomasa que las plantas testigo para la formación de tallo, excepto las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS las que enviaron menor biomasa, contrario a las plantas tratadas con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  que fueron las que enviaron mayor biomasa para la formación de tallo. En él envío de biomasa para la variable raíz las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS fueron las que enviaron mayor biomasa para la formación de esta, seguidas por las plantas testigo y las plantas del tratamiento

$1 \times 10^{-8} \text{M}$  de AS, encontrando que las plantas con la concentración de AS a  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  las que enviaron menor biomasa para su formación.

Para el séptimo muestreo él envió de biomasa para la formación de hoja sigue disminuyendo mostrando que las plantas testigo enviaron mayor biomasa para la formación de hoja que las plantas tratadas con AS donde las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  de AS fueron las que enviaron menor biomasa que le resto de las plantas tratadas con AS. Contrario al envió de biomasa para la formación de tallo y raíz ya que ambas variables presentan una tendencia de incremento del envió de biomasa para su formación. Encontrando que las plantas tratadas con AS enviaron más biomasa para la formación de tallo que las plantas testigo, a excepción de las plantas con  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS las que enviaron menor biomasa para la formación de esta contrario a las plantas tratadas con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  las que enviaron mayor biomasa seguidas por las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  de AS. En la variable raíz las plantas que enviaron mayor biomasa para la formación de este órgano, fueron las del tratamiento de AS con una concentración de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  seguidas por las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS y testigo, encontrando que las plantas tratadas con la concentración de  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  de AS enviaron menor biomasa con respecto a los demás tratamientos.

En general se observa que a medida que pasa el tiempo las plantas destinan cada vez menos biomasa nueva producida para la formación de hojas en las plantas tratadas con AS y las plantas testigo, sin embargo el envió de biomasa



nueva producida es mayor para la formación de tallo y raíz respectivamente en las plantas de todos los tratamientos.

Resultados similares a los que publicaron Sánchez *et al.*, (2011) al evaluar el efecto del ácido salicílico sobre la producción de biomasa en chile jalapeño encontraron que el AS a diferentes concentraciones tiene un efecto positivo en mejorar e incrementar la biomasa en raíz, foliar y total. Por otro lado Villanueva *et al.*, 2009 al trabajar con *Chrysanthemum morifolium*, reportaron que la aplicación de AS es capaz de incrementar el desarrollo de la planta con respecto a la biomasa principalmente en peso y volumen radical y área foliar. Por su parte Mariña *et al.*, (2002) al trabajar con arroz mencionan que la distribución de biomasa entre la lámina foliar, tallo y vaina varía con respecto a la edad de la planta; ya que presentó incrementos similares cuando el ahijamiento se hizo activo, indicando de este modo que hay una distribución similar en la formación de la biomasa de cada parte de la planta durante el período de crecimiento y tiende a disminuir por la senescencia de las hojas.

Contrario a los resultados que reportaron Mora *et al.*, (2005) al estudiar el comportamiento de la acumulación y distribución de biomasa en papa mencionan que la acumulación de biomasa en la parte subterránea y la planta completa fue casi paralela aunque las hojas fueron las que acumularon mayor biomasa.

## Índices de Crecimiento

### TCR

En el análisis de varianza para la TCR no se encontraron diferencias significativas (Tukey  $P=0.05$ ) para todos los muestreos excepto para el primer muestreo que presentó diferencias significativas. Las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-6}M$  de AS fueron las que produjeron la mayor cantidad de biomasa nueva producida con  $0.371 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$  ubicándose por encima de los demás tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2: análisis de varianza y comparación de medias de TCR para un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. *forhook*) aplicando ácido salicílico.

Tratamientos	Variables	Fechas de los Muestreos					
		27/06/2011	03/07/2011	09/07/2011	15/07/2011	21/07/2011	27/07/2011
Testigo		0.278 ab <sup>©</sup>	0.183 a	0.044 a	0.058 a	0.119 a	0.054 a
$10^{-6}M$		0.371 a	0.121 a	0.025 a	0.079 a	0.119 a	0.056 a
$10^{-8}M$	TCR	0.196 b	0.212 a	0.011 a	0.112 a	0.049 a	0.030 a
$10^{-10}M$	$\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$	0.233 ab	0.201 a	0.032 a	0.077 a	0.127 a	0.003 a
C.V. (%)		23.43	36.25	128.85	107.02	68.66	116.11
S.E.		*	NS	NS	NS	NS	NS

TCR= Tasa de Crecimiento Relativo.

C.V.= Coeficiente de Variación.

\*= Diferencia Significativa.

S.E.=Significancia Estadística.

NS= Diferencia no Significativa.

©= Medias con la Misma Letra Dentro de la Columna son Iguales (TUKEY  $P \leq 0.05$ ).

Para el segundo muestreo existe una tendencia de disminución de biomasa para casi todas las plantas, solo las plantas tratadas con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-8}M$  incrementaron su biomasa, en el tercer muestreo se observa que todas las plantas presentan una disminución de producción de biomasa. En el cuarto muestreo las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-8}M$  de AS fueron las que produjeron mayor biomasa que las demás plantas de los diferentes tratamientos.

En el quinto muestreo se observa un incremento en la producción de biomasa para las plantas de todos los tratamientos excepto las plantas tratadas con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-8} \text{M}$ . Sin embargo las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS fueron las que produjeron más biomasa que el resto de las plantas de todos los tratamientos, donde su producción de biomasa fue similar para el tratamiento  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS y testigo respectivamente. Para el sexto muestreo existe una tendencia de la disminución de la producción de biomasa para todas las plantas de los diferentes tratamientos, donde las plantas tratadas a concentraciones de  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS fueron las que presentaron un drástica disminución de la producción de biomasa. Estos resultados son contrarios a los que encontraron García *et al.* (2001) al trabajar con lechuga demostraron que para el periodo primaveral la TCR fue de  $0.1310 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$  a los 42 días después del trasplante. Ya que el cultivo de la acelga para los 42 días después de la siembra alcanzo una TCR de  $0.044 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$  esto pudo ser por la edad de la planta ya que la TCR para este cultivo fue disminuyendo con respecto al tiempo. Sin embargo los resultados de la presente investigación también son contrarios para el periodo invernal con el que trabajo García *et al.* (2001) ya que encontraron que a los 72 días después de la siembra en el periodo invernal la TCR del cultivo alcanzo  $0.043 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ . Donde la acelga a los 62 días después de la siembra su TCR fue declinado alcanzando solo  $0.054 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$  pero siendo superior la TCR a la reportada por García *et al.*, (2001). Estos resultados están por arriba de los que encontraron Carranza *et al.* (2009) Quienes al trabajar con lechuga encontraron que la TRC máxima se alcanzó en los primeros 40 días después de la siembra, con  $0.116 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ , luego se redujo entre los 50 días después de la siembra

alcanzando  $0.06 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ . Ya que en la acelga alcanzó una TCR  $0.183 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$  al igual que para los 50 días después de la siembra para la acelga alcanzó una TCR de  $0.119 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ . Superando los resultados publicados por Carranza y colaboradores, en ambos muestreos.

## TAN

El análisis de varianza para la TAN indica que no existe una diferencia significativa (Tukey  $P=0.05$ ) para todos los muestreos sin embargo para el primer muestreo se encontraron diferencias significativas (Cuadro 3).

Cuadro 3: análisis de varianza y comparación de medias de TAN para un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. *forhook*) aplicando ácido salicílico.

Tratamientos	Variables	Fechas de los Muestreos					
		27/06/2011	03/07/2011	09/07/2011	15/07/2011	21/07/2011	27/07/2011
Testigo		15.10 ab <sup>©</sup>	12.30 a	2.80 a	3.10 a	9.30 a	6.20 a
$10^{-6}\text{M}$		19.00 a	7.70 a	1.90 a	4.40 a	9.30 a	5.50 a
$10^{-8}\text{M}$	TAN	10.40 b	13.50 a	0.70 a	6.10 a	3.90 a	3.20 a
$10^{-10}\text{M}$	$\text{g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{dia}^{-1}$	12.20 ab	14.10 a	1.70 a	4.50 a	1.00 a	3.10 a
C.V. (%)		19.95	34.97	138.69	109.66	69.34	11.90
S.E.		*	NS	NS	NS	NS	NS

TAN= Tasa de Asimilación Neta.

C.V.= Coeficiente de Variación.

\*= Diferencia Significativa.

S.E.=Significancia Estadística.

NS= Diferencia no Significativa.

©= Medias con la Misma Letra Dentro de la Columna son Iguales (Tukey  $P\leq 0.05$ ).

El análisis de comparación de medias demuestra que en el primer muestreo todas las plantas tratadas con ácido salicílico superaron al testigo, siendo las plantas del tratamiento  $1\times 10^{-6}\text{M}$  de AS el mejor tratamiento con una producción de  $19.00 \text{ g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{dia}^{-1}$ . En el segundo muestreo las plantas del tratamiento  $1\times 10^{-8}\text{M}$  y  $1\times 10^{-10}\text{M}$  de AS incrementaron su biomasa por  $\text{m}^2$  por día mientras que los demás tratamientos tienden a disminuir su producción de biomasa, en el tercer muestreo

las plantas de todos los tratamientos tienen una tendencia a disminuir la producción de biomasa. Para el cuarto muestreo la acumulación de biomasa aumentó para todas las plantas de todos los tratamientos, donde las plantas tratadas con AS sobre pasaron la acumulación de biomasa con respecto al testigo, siendo las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  de AS las que acumularon mayor biomasa. En el quinto muestreo las plantas tratadas con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  y testigo aumentaron su acumulación de biomasa, produciendo la misma cantidad, sin embargo las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-6}$  y  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS disminuyeron su acumulación de biomasa, siendo las plantas del tratamiento con AS con la concentración de  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  las que acumularon menor biomasa. Contrario para el sexto muestreo donde los tratamientos  $1 \times 10^{-8}$  y  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS aumentaron su acumulación de biomasa pero no superaron la acumulación de biomasa de las plantas testigo y las del tratamiento de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  de AS que aunque disminuyeron su acumulación de biomasa no fue superada por el resto de las plantas de los tratamientos. Estos resultados son contrarios a los que encontraron Carranza *et al.* (2009) al trabajar con lechuga demostrando que TAN fue creciente desde el trasplante hasta alcanzar un valor máximo de  $0.00046 \text{ g} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{día}^{-1}$  a los 54 días después de la siembra. Sin embargo el cultivo de la acelga alcanzó una máxima TAN de  $0.00124 \text{ g} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{día}^{-1}$  para el día 38 mayor que la que demostró Carranza y colaboradores. La TAN fue decreciendo para el cultivo de la acelga conforme crecía este, para el día 54 la acelga alcanzó una TAN de  $0.00093 \text{ g} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{día}^{-1}$  mayor de la que alcanzó el cultivo de lechuga reportado por Carranza *et al.*, (2009). Estos resultados también son contrarios a los que encontraron Colorado, *et al.* (2010) al trabajar con *Eruca sativa* ya que esta obtuvo una menor TAN en la

semana siete, con  $0.00011 \text{ g}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{dia}^{-1}$  ya que menciona que la tasa de crecimiento influenciada por el área foliar, y la información lograda por área foliar, se correlaciona bien con los resultados de la TAN por lo tanto a mayor área foliar mayor TAN. En el cultivo de la acelga para la séptima semana alcanzo un mayor TAN de  $0.00031 \text{ g}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{dia}^{-1}$  con respecto a *Eruca sativa* siendo mayor la TAN en acelga.

## RAF

Para el análisis de varianza de la RAF no se encontraron diferencias significativas para todos los muestreos. En el análisis de comparación de medias en el primer muestreo indica que el tratamiento que presento una mayor área foliar fue  $10^{-6}\text{M}$  produciendo  $196.490 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$  superando a los demás tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4: análisis de varianza y comparación de medias de RAF para un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. *forhook*) aplicando ácido salicílico.

Tratamientos	Variables	Fechas de los Muestreos					
		27/06/2011	03/07/2011	09/07/2011	15/07/2011	21/07/2011	27/07/2011
Testigo		172.4 a©	153.1 a	168.4 a	184.7 a	133.5 a	91.1 a
$10^{-6}\text{M}$		196.5 a	162.1 a	151.2 a	172.1 a	136.3 a	96.0 a
$10^{-8}\text{M}$	RAF	186.9 a	162.2 a	184.7 a	175.6 a	122.4 a	99.9 a
$10^{-10}\text{M}$	$\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$	176.6 a	151.6 a	192.8 a	207.2 a	129.6 a	146.4 a
C.V. (%)		11.44	8.72	23.00	19.27	6.95	35.95
S.E.		NS	NS	NS	NS	NS	NS

RAF= Relación Área Foliar.

C.V.= Coeficiente de Variación.

S.E.=Significancia Estadística.

NS= Diferencia no Significativa.

©= Medias con la Misma Letra Dentro de la Columna son Iguales (Tukey  $P\leq 0.05$ ).

El segundo muestreo indica que todas las plantas aplicadas con los tratamientos tienden a disminuir. Para el tercer muestreo las plantas del tratamiento  $1\times 10^{-6}\text{M}$  de AS presentan una tendencia de disminución de biomasa

mientras que las plantas de los de más tratamientos promueven una mayor producción de área foliar. En el cuarto muestreo se observa un incremento en el área foliar para casi todas las plantas de los tratamientos, siendo las plantas del tratadas con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  las que presentaron menor área foliar, donde las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  de AS disminuyeron su área foliar, pero superando las plantas del tratamiento con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$ . Ubicando las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS como las que obtuvieron mayor área foliar que el resto de las plantas de los diferentes tratamientos. En el quinto muestreo existe una tendencia en la disminución del área foliar para las plantas de todos los tratamientos. Donde las plantas del tratamiento de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  de AS y testigo presentaron mayor área foliar con respecto a las de más plantas de los diferentes tratamientos. Para el sexto muestreo la tendencia de la disminución del área foliar se mantiene para casi todas las plantas de los tratamientos excepto las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS ya que estas incrementaron su área foliar. Ubicando a las plantas testigo como las que presentaron menor área foliar con respecto a todas las plantas tratadas con AS. Estos resultados son contrarios a los encontrados por Carranza *et al.*, (2009) ya que al trabajar con lechuga se presentó una alta RAF a los 30 días después de la siembra de  $483.38 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  y, disminuyo hasta  $175,97 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  a los 64 días después de las siembra y se incrementó hasta la cosecha. Difiriendo con los resultados encontrados en esta investigación ya que la acelga alcanzo una RAF de  $172.443 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  para los 30 días después de la siembra y para los 62 días después de la siembra la RAF fue de  $91.131 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  por lo que los resultados quedan por debajo de los reportados por Carranza y colaboradores. Estos

resultados también son contrarios a los que Defilipis *et al.* (2007) encontraron ya que al trabajar con *Brassica rapa* reportaron que la RAF disminuyo hasta tomar valores constantes a partir del día 38. Y en el cultivo de la acelga mostro una tendencia en el incremento de la RAF a partir del día 38.

## RPF

En el análisis de varianza de la RPF no se encontró diferencias significativas (Tukey P=0.05) en todos los muestreos a excepción del cuarto muestreo que presento diferencias significativas ver (Cuadro 5).

Cuadro 5: análisis de varianza y comparación de medias de RPF para un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. *forhook*) aplicando acido salicílico.

Tratamientos	Variables	Fechas de los Muestreos					
		27/06/2011	03/07/2011	09/07/2011	15/07/2011	21/07/2011	27/07/2011
Testigo		0.840 a	0.825 a	0.760 a	0.621 ab	0.549 a	0.504 a
10 <sup>-6</sup> M		0.873 a	0.857 a	0.703 a	0.558 b	0.531 a	0.469 a
10 <sup>-8</sup> M	RPF	0.858 a	0.841 a	0.730 a	0.604 ab	0.523 a	0.471 a
10 <sup>-10</sup> M	g•g	0.871 a	0.805 a	0.746 a	0.644 a	0.573 a	0.512 a
C.V. (%)		2.31	3.27	3.08	4.96	4.04	7.78
S.E.		NS	NS	NS	*	NS	NS

RPF= Relación Peso Foliar.

C.V.= Coeficiente de Variación.

\*= Diferencia Significativa.

S.E.=Significancia Estadística.

NS= Diferencia no Significativa.

©= Medias con la Misma Letra Dentro de la Columna son Iguales (Tukey P≤0.05).

En el análisis de comparación de medias se observa que para el primer muestreo el testigo produjo 0.840 g•g superado por todos los tratamientos. Para el segundo y tercer muestreo hay tendencia de una disminución para las plantas de todos los tratamientos. Para el cuarto muestreo se presenta una disminución de la relación de peso foliar para todas las plantas de los diferentes tratamientos. Donde las plantas del tratamiento 1x10<sup>-6</sup>M de AS fueron las que presentaron menor



relación de peso foliar, y las que presentaron mayor relación de peso foliar fueron las plantas tratadas con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-10} \text{M}$ . Para el quinto muestreo existe una tendencia de disminución de la relación de peso foliar donde las plantas de los tratamientos  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  y  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  de AS son las que obtuvieron menor relación de peso foliar, las plantas tratadas con AS a una concentración  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  fueron las que presentaron mayor relación de peso foliar con respecto a los demás tratamientos. Para el sexto muestreo la tendencia de la disminución de la relación de peso foliar se mantiene demostrando que las plantas de los tratamientos  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  y  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  de AS son las que presentaron menor relación de peso foliar, donde las plantas testigo están por debajo de las plantas del tratamiento de AS con la concentración de  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  que son las que presentaron mayor relación de peso foliar. Estos resultados son similares a los que encontró Palomo, *et al.* (2003) al trabajar con algodón y observaron que los valores más altos de RPF de las variedades utilizadas 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 foto asimilados en el establecimiento de su aparato fotosintético.

## AFE

El análisis de varianza de la AFE no mostró diferencias significativas para todos los muestreos. El análisis de comparación de medias demuestra que las plantas que presentaron menor área foliar fueron las aplicadas con el tratamiento  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  de AS, teniendo un resultado de  $204.176 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  siendo sus hojas más

gruesas que de las demás plantas; superada por el resto de las plantas. Para el segundo muestreo se observa una disminución en todos los tratamientos y en el tercer muestreo existe una tendencia hacia el incremento ya que en todos los tratamientos aumentaron su área foliar por encima del testigo siendo este el que produjo hojas más gruesas.

En el cuarto muestreo se observa que las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-10}M$  de AS fueron las que presentaron las hojas más grandes y delgadas al igual que las plantas del tratamiento con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-6}M$ , seguidas por las plantas testigo y las plantas tratadas con una concentración de AS de  $1 \times 10^{-8}M$  que fueron las que produjeron las hojas más chicas y gruesas (Cuadro 6).

Cuadro 6: análisis de varianza y comparación de medias de AFE para un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. Forhook) aplicando ácido salicílico.

Tratamientos	Variables	Fechas de los Muestreos					
		27/06/2011	03/07/2011	09/07/2011	15/07/2011	21/07/2011	27/07/2011
Testigo		206.4 a <sup>©</sup>	186.5 a	229.7 a	291.6 a	240.6 a	179.4 a
$10^{-6}M$		221.1 a	188.0 a	241.8 a	310.8 a	252.7 a	201.1 a
$10^{-8}M$	AFE	220.7 a	198.1 a	263.1 a	288.3 a	234.0 a	208.1 a
$10^{-10}M$	$cm^2 \cdot g^{-1}$	204.2 a	187.4 a	264.2 a	312.9 a	223.9 a	318.3 a
C.V. (%)		10.28	8.49	23.15	17.68	6.33	49.26
S.E.		NS	NS	NS	NS	NS	NS

AFE= Área Foliar Específica.

C.V.= Coeficiente de Variación.

S.E.=Significancia Estadística.

NS= Diferencia no Significativa.

©= Medias con la Misma Letra Dentro de la Columna son Iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

Para el quinto muestreo se presenta un tendencia en la disminución del área foliar para todas las plantas de los tratamientos, donde as plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-10}M$  de AS fueron las que obtuvieron menor área foliar y mayor grosor y las plantas con mayor área foliar y más delgadas son las del tratamiento con AS a una concentración de  $1 \times 10^{-6}M$  seguidas por las plantas testigo y estas a

su vez por las plantas del tratamiento  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  de AS. Para el sexto muestreo sigue persistiendo una disminución del área foliar para todas las plantas de los diferentes tratamientos excepto las plantas del tratamiento de AS con una concentración de  $1 \times 10^{-10} \text{M}$  ya que estas incrementaron su área foliar y presentaron las hojas más delgadas con respecto al resto de las plantas de todos los tratamientos. Donde las plantas de los tratamientos  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  y  $1 \times 10^{-8} \text{M}$  de AS presentaron mayor área foliar y hojas más delgadas con respecto a las plantas testigo que tuvieron las hojas más chicas y gruesas. Estos resultados son contrarios a los que encontraron Carranza *et al.*, (2009) al trabajar con lechuga encontraron que esta presentó una máxima AFE de  $497.55 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  a los 30 días después de la siembra. Ya que solo la acelga presentó su máxima área foliar de  $206.429 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  a partir de esta fecha su producción de área foliar fue disminuyendo conforme se desarrollaba el cultivo. Estos autores demostraron que para los 62 días después de la siembra la lechuga alcanzó una AFE de  $229.79 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  mientras que las plantas de acelga solo alcanzaron  $179.412 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  para el último muestreo ya que esta fue disminuyendo por la senescencia de las hojas de esta, quedando los resultados de esta investigación por debajo de los que reportaron Carranza *et al.*, (2009).

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- El ácido salicílico aplicado a plantas de acelga cambia el patrón de distribución de biomasa nueva producida donde a concentraciones bajas incrementa la acumulación de biomasa en hojas y a concentraciones mayores la incrementa en los tallos.
- El ácido salicílico favoreció satisfactoriamente el crecimiento y desarrollo de un cultivo de acelga, al incrementar la parte cosechable por lo que se recomienda su aplicación en este cultivo lo que sin duda traerá mejores beneficios económicos a los agricultores.

## LITERATURA CITADA

- Adam K., 2001, Nutrición, Regulación de crecimiento y desarrollo vegetal. Intracam S.A de C.V. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 14p.
- Bidwell, R. G. S., 1979. Plant Physiology. Second Edition, MacMillan Publishing Co., Inc. New York, USA. 726 p.
- Bourbouloux, A., Raymond, P., and S. Delrot. 1998. Effects of salicylic acid on sugar and amino acid uptake. J. Exp. Bot. 49:239-247.
- Carranza C; O. Lancho; D. Miranda y B. Chávez. 2009. Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) 'Batavia' cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. Agronomía Colombiana 27(1), 41-48,
- Chen, W., Chao, G., and K.B. Singh. 1996. The promoter of a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-inducible, *Arabidopsis* glutathione S-transferase gene contains closely linked OBF- and OBP1-binding sites. The Plant Journal. 10:955-966.
- Chen, Z., Silva, H., and R.F. Klessi. 1993. Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance by salicylic acid. Science 262:1883-1886.
- Colorado F; D. Rodríguez; y J. Cortes. 2010. Análisis de crecimiento de rúcula (*Eruca sativa* mill.) en la sabana de Bogotá, bajo dos condiciones ambientales. Revista Universidad De Ciencias Aplicadas y Ambientales & Divulgación Científica. 13 (1): 105-113.

- Coquoz J.L., Buchala A., Metraux J. P. 1998. Biosynthesis of salicylic acid in potato plants. *Plant physiology* 117: 1095-1101.
- Cronjé, M.J. and L. Bornman. 1999. Salicylic acid influences Hsp70/Hsc70 expression in *Lycopersicon esculentum*: dose- and time-dependent induction or potentiation. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 265:422-427.
- Dat, J.F., López, H., Foyer, C.H., and I.M. Scott. 1998. Parallel changes in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. *Plant Physiol.* 116:1351-1357.
- Defilippis C; A. Jiménez; S. Pariani; M. D. García. 2007. Growth characterization of *Brassica rapa* var. *pekinensis* seedlings in plugs. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo.* Vol. 39 (1) 59-68.
- Delaney T. P., Uknes, S., Vernooij, B., Friedrich, L., Weymann, K., Negrotto, D., Gaffney, T., Gutrella, M., Kessmann, H., Ward E., & J Ryals. 1994. A central role of salicylic acid in plant disease resistance. *Science* 266: 1247-1250.
- Dempsey D. A., Shah J., & D. F. Klessig. 1999. Salicylic acid and disease resistance in plants. *Critical Reviews in Plant Science* 18: 547-575.
- Dong X. 2004. NPR1, all things considered. *Current Opinion in Plant Biology* 7: 547–552.
- Draper, J. 1997. Salicylate, superoxide synthesis and cell suicide in plant defense. *Trends Plant Sci.* 2:162-165.

- Enyedi A. J., Yalpanin S.P. and Raskin I. 1992. Localization, conjugation, and function of salicylic acid in tobacco during the hypersensitive reaction to tobacco mosaic virus. *Plant Biology*. 89: 2480-2484.
- Ferrarese L., Moretto P., Trainotti L., Rascio N., and G. Casadoro. 1996. Cellulase involvement in the abscission of peach and pepper leaves is affected by Salicylic acid. *J. Exp. Bot.*, 47(295) 251-257.
- Garcia J; Tittonell P.A., y Chiesa Á. 2001. Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol. 16 (3) 11p.
- Greulach, V.A.; Adams, J.E. 1967. *Plants, and introduction to modern botany*. 2<sup>nd</sup> edition. New York, USA. 634p.
- Gutiérrez, M.A., Trejo C., y A. Larqué. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiol. Biochem.* 36: 563-565.
- Hennig, J., Malamy, J., Gryniewicz, G., Indulski, J., and D.F. Klessig. 1993. Interconversion of the salicylic acid signal and its glucoside in tobacco. *Plant Journal*. 4(4):593-600.
- Hunt, R. 1990. *Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners*. Published by Academic Division of Unwin Hyman Ltd. London.UK. 110p.
- Inzé, D. and M. Van Montagu. 1995. Oxidative stress in plants. *Curr. Op. Biotech.* 6:153- 158.

- Kang, M.K., Park, K. S., and D. Choi. 1998. Coordinated expression of defense-related genes by TMV infection or salicylic acid treatment in tobacco. *Mol. Cells* 31:388-392.
- Klessig, F. D. y J. Malamy. 1994. The salicylic acid signal in plants. *Plant Molecular Biology*. 26: 1439-1458.
- Knörzera, O.C., Lederera, B., Durnerb, J., and P. Bögera. 1999. Antioxidative defense activation in soybean cells. *Physiol. Plant.* 107:294-302.
- Lambers, H., Chapin, F. and Pons T. 1998. *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlag. New York. Pp.540
- Lopez, H., Dat, J., Foyer, C., and Scott I. 1998. Induction of thermotolerance in potato microplants by acetylsalicylic acid and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *J. Exp. Bot.* 49:713-720.
- López, R; V, Camacho; M, Gutiérrez. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. *Terra Latinoamericana*. 16(001)43-48.
- Lluna R. 2006. *Hormonas vegetales: crecimiento y desarrollo de la planta. Lua produccion y venta de esquejes*. Calle Villa de Madrid # 14. Paterna, Valencia, Spain. 6p.
- Malamy, J., Carr, J.P., Klessig, D.F., and I. Raskin. 1990. Salicylic acid: a likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection. *Science* 250:1002-1004.



- Mariña C.; Nieto M.; Gomez D.; Rosabal A. y Perez B. 2002. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la acumulación y distribución de biomasa en plantas de arroz en suelos salinizados. *Rev. Electrónica Granma Ciencia* 6(1): 26-31.
- Martín M. R., Vergara S., Nexticapán A., Larqué A. 2010. Application of low concentrations of salicylic acid increases the number of flowers in *Petunia hybrida*. *Agrociencia* 44: 773-778.
- Martín M.; Herrera T. y Larque S. 2004. Incremento del rendimiento de papaya maradol por el efecto de salicilatos. *Rev. Chapingo serie Horticultura* 5(8): 45-49.
- Martín M. R., y Larqué A. 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 Horticultora Ornamental (20 al 24 de octubre 2003).
- Métraux, J.P., Signer, H., Ryals, J., Ward, E., Wyss-Benz, M., Gaudin, J., Raschdorf, J., Schmid, E., Blum, W., and B. Inverardi. 1990. Increase in salicylic acid at the onset of systemic acquired resistance in cucumber. *Science* 250:1004-1006.

- Mora R.; Ortiz J.; Rivera A.; Mendoza M.; Colinas M.T.; Lozoya H. y Rodríguez J.E. 2005. Comportamiento de la acumulación y distribución de biomasa en genotipos de papa establecidos en condiciones de secano. Rev. Chapingo serie Horticultura 11(1): 135-142.
- Palomo A., Arnaldo J., Vidal O., Gutiérrez E., Espinoza A. y Rodríguez R. 2003. Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgenicas y convencionales. Tesis de posgrado. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. 56pp.
- Peter R. 2004. Biology of Plants, 7th edition, Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg. 436 p.
- Pimienta, B. E.; Muñoz, U. A.; Ramírez, H. B.; Méndez, M. L., 2006. Desarrollo Vegetal. Guadalajara, Jalisco. México. Universidad de Guadalajara. 331pp.
- Prasad, T.K., Anderson, M.D., Martin, B.A., and C.R. Stewart. 1994. Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. Plant Cell 6:65-74.
- Ramírez H., Méndez O., Benavides A., Ramírez C. A. 2009. Influence of prohexadione calcium and oxidation promoters on yield, capsaicin and vitamin C in *Jalapeño pepper*. Rev. Chapingo, Serie Horticultura 15(3): 231-236.
- Ramírez H; J. H. Racaño; A. Benavidez; R. Mendoza; y E. Padrón. 2006. Influencia de promotores de oxidación controlada en hortalizas y su relación con antioxidantes. Chapingo, Serie Horticultura. 12 (002)186-195.

- Raskin I, Ehmann, A., Melander W. R., & B. J. D. Meeuse. 1987. Salicylic acid: a natural inducer of heat production in *Arum* lilies. *Science* 237: 1602-2602.
- Raskin, I. 1992. Role of Salicylic Acid in Plants. *Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43: 439-463.
- Rasmussen, J. b., Hammerschmidt, R. and M. N. Zook. 1991. Systemic Induction of Salicylic Acid Accumulation in Cucumber after Inoculation with *Pseudomonas syringae* var. *syringae*. *Plant Physiol.* 97: 1342-1347.
- Retamales, J. 2007. Actualización en hormonas vegetales y reguladores de crecimiento, Aspectos básicos y modos de acción. Taller de reguladores de crecimiento y bioestimulantes en cultivos extencivos. Mar del Plata 29 de junio del 2007. Universidad de Chile. Valent BioSciences Corporation (CL) 86pp.
- Rodríguez, L. 2000. Densidad de población vegetal y producción de materia seca. *Rev. COMALFI* 27(1-2), 31-38.
- Rüffer, M., Steipe, B., and M.H. Zank. 1995. Evidence against specific binding of salicylic acid to plant catalase. *FEBS Lett.* 377:175-180.
- Salisbury, F. and Ross, C.W. 1992. *Plant physiology*. 4th edition. Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont, CA, USA. 682p.
- Salisbury, F.B. y Ross, C.W. 1994. *Fisiología Vegetal*. Ed. Iberoamericana, México. 759 p.

- San Miguel, R; M, Gutierrez; A, Larque-Saavedra. 2003. Salicylic acid increases the biomass accumulation of *Pinus patula*. Southern Journal of Applied Forestry 27: 52-54.
- Sánchez, A. 2002. El Ácido Salicílico en la Emergencia y Crecimiento de Plántulas de Lechuga (*Latuca sativa* L.) CV. Great Lakes. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 66 pp.
- Sánchez E.; Barrera R.; Muños E.; Ojeda D. L. y Anchondo A. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre la biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. Rev. Chapingo serie Horticultura. 17 (1): 63-68.
- Sanchez, P., and D.F. Klessig. 1994. A salicylic acid-binding activity and a salicylic acid-inhibitable catalase activity are present in a variety of plant species. Plant Physiol. 106:1675-1679.
- Shah J. 2003. The salicylic acid loop in plant defense. Current Opinion in Plant Biology 6: 365–371.
- Shiratsu, K., Nakajima, H., Rajasekhar, V.K., Dixon, R.A., 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.
- Taiz L. and Zeiger E. 1967. Plant physiology. 2nd edition. Sinauer Associates, Incorporated, Sunderland, Massachusetts, USA. 636p.

- Verberne M. C , Verpoorte, R., BOL, J. F., Mercado, J., & H. J. Linthorst. 2000. Overproduction of salicylic acid in plants by bacterial transgenes enhances pathogen resistance. *Nature Biotechnology* 18: 779-783.
- Villanueva E., Alcántar G., Sánchez P., Fregoso M., y Larque A. 2009. Effect of salicylic acid and dimethyl sulphoxide in the flowering of *Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Kitamura in Yucatan. *Rev. Chapingo, Serie Horticultura* 15(2): 25-31.
- Wildermuth, M. C., Dewdney, J., WU G., & F. M. Ausubel. 2001. Isochorismate synthase is required to synthesize salicylic acid for plant defense. *Nature* 414: 562-565.
- Willekens, H., Chamnong P.S., Davey, M., Schraudner, M., Langebartels, C., Van Montagu, M. Inzé, D., and W. Van Camp. 1997. Catalase is a sink for H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and is indispensable for stress defence in C3 plants. *The EMBO Journal*. 16 (16):4806-4816.
- White, J. 1988. Conceptos básicos de la fisiología del frijol. Centro de Investigaciones en Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 55p.
- Yokota, T. y N. Takahashi. 1986. Chemistry, physiology and agricultural application of brassinolide and related steroids. In: *Plant growth substances*. M. Bopp ed. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg. 330 pp.
- Yu D., C. Chen & Z Chen. 2001. Evidence for an important role of WRKY DNA binding proteins in the regulation of NPR1 gene expression. *Plant Cell* 13: 1527-1539.