

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**LA APLICACIÓN DE SALICILATOS MODIFICA LA  
GERMINACIÓN Y EL CRECIMIENTO DE TOMATE Y LECHUGA**

**POR:**

**RIGOBERTO VERA DE JESÚS**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Buenavista, Saltillo, Coah. México  
Febrero 2002

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

**LA APLICACIÓN DE SALICILATOS MODIFICA LA  
GERMINACIÓN Y EL CRECIMIENTO DE TOMATE Y LECHUGA**

POR:

**RIGOBERTO VERA DE JESÚS**

**TESIS**

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como  
requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

APROBADA POR:

Dr. Adalberto Benavides M.

Dr. Valentín Robledo T.

\_\_\_\_\_  
ASESOR PRINCIPAL

\_\_\_\_\_  
SINODAL

M.C. Alberto Sandoval R.

M.C. José Hernández D.

\_\_\_\_\_  
SINODAL

\_\_\_\_\_  
SUPLENTE

M.C. Reynaldo Alonso Velasco

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

Buenavista, Saltillo, Coah. México

Febrero 2002

## DEDICATORIA

### **A mis PADRES**

Manuel Pablo Vera Domínguez  
M. I. Jacoba de Jesús de los Santos

Por ser los mejores papas en toda la extensión de la palabra

### **A mis HERMANOS**

Catalina  
Juventino  
Guadalupe  
Elodia  
Reynaldo  
Jorge  
Rocío  
Ismael

Por que sin su ayuda y consejos no lo lograría.

### **A mis SOBRINOS**

Janette  
Victor Manuel  
Jose Manuel  
Jorge Luis  
Ana Zaira  
Joseline  
Marco Antonio  
Jose Adolfo  
Mariela  
Carlos Manuel  
Jorge Manuel

Por ser las personas mas agradables y buenas del mundo.

### **Para alguien muy especial**

**Sta. Faviola Espinoza E.**

Por ser la persona más linda y buena onda que he conocido.

## AGRADECIMIENTO

A DIOS por permitir terminar mi carrera profesional y por darme fuerza para seguir adelante.

A mis PADRES por ser las personas que me dieron la vida y por ser las personas que me han cuidado y formado para ser hombre de bien . Mil gracias PAPAS por todo el apoyo económico y moral que me han brindado.

A mis HERMANOS por estar con migo en las buenas y en las malas, por sus agradables ejemplos y consejos.

Mil Gracias a la Universidad Autónoma Agraria “ANTONIO NARRO” por permitir realizar mis estudios en la Mejor y Única Universidad Agraria. Por ello y muchas mas siempre seré orgullosamente aquí y en todas partes “ Narro de Corazón”.

Mil Gracias al Dr. Adalberto Benavides Mendoza por transmitirme sus conocimientos y experiencias. Muchas ... Gracias... por el apoyo en la realización de mi trabajo de tesis y además por ser la persona más sencilla y buena onda que he conocido.

Mil gracias a la Lic. Olivia Fuentes Lara por el apoyo brindado en la realización de mi tesis.

Mil Gracias a los maestros M.C. Alberto Sandoval Rangel, Dr. Valentín Robledo Torres, M.C. José Hernández Dávila por transmitirme sus conocimientos y experiencias, por el apoyo en la realización de mi trabajo de tesis.

Mil Gracias al Auxiliar de Investigación Alfonso Delgado Pérez por su apoyo incondicional en la realización de mi tesis.

Mil Gracias mis compañeros y amigos de la Generación 92 por su amistad y apoyo en todo momento

Mil Gracias a mis Amigos Fco. Javier Eugenio M., David F. Flores Julian y al Ing. German Parra Jiménez. Por su apoyo y comprensión en los momentos difíciles de la vida.

**INDICE DE CONTENIDO**

DEDICATORIA-----	III
AGRADECIMIENTOS-----	IV
INDICE DE CUADRO Y FIGURAS-----	VII
RESUMEN-----	VIII
INTRODUCCIÓN-----	11
OBJETIVOS-----	12
HIPOTESIS-----	12
REVISIÓN DE LITERATURA-----	13
Ácido Salicílico-----	13
Ácido Salicílico y el estrés oxidativo-----	15
MATERIALES Y METODOS-----	19
Ubicación Geográfica-----	19
Primer experimento-----	19
Primera etapa-----	19
Descripción de tratamientos-----	20
Diseño experimental-----	21
Segunda Etapa-----	21
Variables evaluadas-----	23
Aplicación foliar de AS Y ASS-----	25
Aplicación de estrés de frío-----	25
Diseño experimental-----	26
Segundo Experimento-----	26

Trabajo en laboratorio-----	26
Descripción de tratamientos-----	27
Trabajo en invernadero-----	28
Variables evaluadas-----	29
Diseño experimental-----	29
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
Resultados primer experimento-----	30
Resultados primera etapa-----	30
Resultados segunda etapa-----	32
Resultados segundo experimento-----	36
Cuadros de resultados del primero y segundo experimento-----	43
<b>CONCLUSIONES-----</b>	<b>51</b>
<b>LITERATURA CITADA-----</b>	<b>52</b>

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO 4.1 Descripción de tratamientos primer experimento-----	20
CUADRO 4.2 Descripción de tratamientos segundo experimento-----	27
FIGURA 5.1 Dinámica de la germinación de semilla de tomate tratadas con AS Y ASS-----	31
FIGURA 5.2 Promedio del peso fresco aéreo y de la raíz de plántulas de tomate tratadas con AS y ASS-----	34
FIGURA 5.3 Biomasa de plantas de tomate en maceta-----	36
FIGURA 5.4 Dinámica de emergencia de las plántulas de lechuga cuya semilla fue expuesta a diferentes tiempos de imbibición (0 a 10 horas) en agua destilada (AD). Se incluyen los dos testigos (AS Y AD) con propósitos comparativos.	
FIGURA 5.5 Dinámica de emergencia de las plántulas de lechuga cuya semilla fue expuesta a diferentes tiempos de imbibición (0 a 10 horas) en solución de ácido salicílico $1 \times 10^{-4} M$ (AS). Se incluyen los dos testigos (AS Y AD) con propósitos.	
FIGURA 5.6 Dinámica de emergencia de las plántulas de tomate cuya semilla fue expuesta a diferentes tiempos de imbibición (0 a 10 horas) en agua destilada (AD). Se incluyen los dos testigos (AS Y AD) con propósitos comparativos.	
FIGURA 5.7 Dinámica de emergencia de las plántulas de tomate cuya semilla fue expuesta a diferentes tiempos de imbibición (0 a 10 horas) en solución de ácido salicílico $1 \times 10^{-4} M$ (AS). Se incluyen los dos testigos (AS Y AD) con propósitos.	

## RESUMEN

Los salicilatos son compuestos fenólicos señalizadores del estrés y reguladores de crecimiento. Existe poca información acerca del efecto de este grupo de compuestos al aplicarse en semillas de hortalizas. Este trabajo fue realizado en su primera etapa para determinar el efecto del AS y ASS sobre la germinación de semilla y el crecimiento de la plántula de tomate expuesta a episodios de baja temperatura.

Se trataron semillas de tomate por 8 horas con soluciones de ácido salicílico (AS) y sulfosalicílico (ASS) 0,  $1 \times 10^{-5}$ ,  $1 \times 10^{-4}$  y  $1 \times 10^{-3}$  Molar. Se verificó la germinación de estas semillas y una vez germinadas las pequeñas plántulas fueron llevadas a charolas de poliestireno con peat moss para su crecimiento. Transcurridos 21 días después de la emergencia una parte de las plántulas fueron asperjadas con AS  $1 \times 10^{-4}$ , otra parte fue asperjada con ASS en la misma concentración, conservándose una parte de las plántulas sin asperjar. Este procedimiento permitió evaluar el efecto del tratamiento de la semilla, el efecto del tratamiento de la semilla más aspersión foliar y el de la única aspersión foliar sobre el crecimiento de las plántulas antes y después de tres episodios de baja temperatura (en un rango de 3 a 6° C) aplicados en períodos de 24 horas cada uno. Se determinaron diferentes variables de crecimiento en estas plántulas después de cada período de estrés y al terminar esta parte las plántulas fueron enmacetadas para observar el efecto sobre el crecimiento de la planta. Se presentó un efecto positivo de los salicilatos sobre la germinación pero en general efectos negativos sobre el crecimiento posterior de la plántula. La aspersión foliar

modificó esta situación mostrando en varios casos efectos positivos para el caso del ASS. En la planta el estrés por baja temperatura no cambió de manera apreciable la biomasa de las plantas pero causó un retraso general en la floración y formación de fruta. Solo la aplicación de ASS modificó positivamente el crecimiento de las plantas rebasando al testigo sin aplicación de salicilatos e incluso a un testigo blanco sin aplicación de estos compuestos ni exposición al frío.

En una segunda etapa, con el objetivo de verificar el efecto de diferentes tiempos de exposición de la semilla de tomate y lechuga al AS y agua destilada sobre la emergencia y el crecimiento de la plántula, se utilizaron semillas de las mencionadas especies para someterlas a períodos de 0, 2, 4, 6, 8 y 10 horas de exposición en dos tipos de solución: una de agua destilada (AD) y otra con AS ( $1 \times 10^{-4}$  M). No se aplicó ningún tipo de estrés en esta etapa pero igualmente las semillas fueron llevadas a charolas de germinación para verificar su tasa de emergencia, el crecimiento y el comportamiento postrasplante.

Los resultados indicaron que en el caso de la lechuga la emergencia de las plántulas fue afectada negativamente por la exposición tanto el AD como al AS, con el mayor efecto negativo para AS. En el tomate el AD no modificó la emergencia mientras que el AS presentó un efecto positivo. El crecimiento posterior de las plántulas de tomate fue en general poco afectado a excepción de la altura de la plántula que fue mayor al aumentar el tiempo de exposición. En la lechuga disminuyó la biomasa de las plántulas pero aumentó la altura de las mismas. Estos resultados indican los variados

efectos morfogénicos ejercidos por el AS sobre las plantas. La evaluación de las plantas en maceta no indicó cambios significativos por parte de los tratamientos de la semilla exceptuando cierta tendencia a incrementar la altura y disminuir la biomasa y el número de hojas en la lechuga.

## INTRODUCCION

El estrés ambiental es una de las principales limitantes para el aumento de la productividad. Asimismo es un determinante de la distribución de diferentes especies de importancia hortícola. Diferentes clases de factores ambientales que inducen estrés, como baja temperatura, salinidad y déficit de agua tienen como factor común el que causan estrés oxidativo en las células y tejidos vegetales.

En el curso de la evolución vegetal, la presión selectiva ha determinado y generado numerosos mecanismos que protegen a las células vegetales del daño oxidativo. Dichos mecanismos de protección dependen para su inducción de compuestos señalizadores como el ácido salicílico y sus derivados, conocidos en conjunto como salicilatos. Aunque se sabe poco acerca del modo de acción de los salicilatos, se ha observado que la aplicación exógena de estos compuestos es capaz de modificar las respuestas de las plantas frente a diferentes factores ambientales que originan estrés.

El AS aplicado en forma foliar y en hidroponía, favorece el crecimiento de soya, tomate de cáscara, tomate, pino pátula, chile, papayo, cebolla, banano y trigo. Aplicado en semilla favorece el desarrollo de las plántulas de coliflor y lechuga.

Estos resultados favorables indican la necesidad de comprender el mecanismo o mecanismos de acción de los salicilatos. En particular es escasa la información acerca de la aplicación de los compuestos derivados

del ácido salicílico en las semillas. Igualmente se encuentra poco explorada la respuesta de las plantas tratadas con salicilatos y sometidas a baja temperatura. Considerando esta problemática se llevó a cabo el presente trabajo planteando los siguientes objetivos:

### **OBJETIVOS**

Determinar el efecto del AS y ASS sobre la germinación de semilla y el crecimiento de la plántula de tomate expuesta a episodios de baja temperatura.

Verificar el efecto de diferentes tiempos de exposición de la semilla de tomate y lechuga al AS y agua destilada sobre la emergencia y el crecimiento de la plántula.

### **HIPOTESIS**

La imbibición de la semilla con salicilatos en solución acuosa, modifica el proceso de germinación y cambia la respuesta del crecimiento de las plántulas expuestas a bajas temperaturas.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Ácido Salicílico

El ácido salicílico (AS) es muy conocido, por el extenso uso clínico de la aspirina (ácido acetilsalicílico). El nombre de ácido salicílico proviene de *Salix Alba*, el árbol cuyas hojas y corteza tradicionalmente se utilizaban como cura 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 la Bayer Company (Raskin, 1992).

El AS es un polvo cristalino con un punto de fusión de 158°C, es moderadamente soluble al agua comportándose como un ácido débil. Su peso molecular es de 138.1 g/mol y su fórmula es  $C_7H_6O_3$  (Raskin, 1992).

El ASS es un polvo cristalino de peso molecular 254.22 g/mol y fórmula  $C_7H_6O_6S \cdot 2H_2O$ .

El AS pertenece a un grupo muy diverso de sustancias conocidas como fenólicos. Se presume que probablemente su ruta de síntesis se derive del ácido benzoico o del ácido cumárico. El AS está involucrado en el metabolismo secundario de las plantas. Los fenoles juegan un papel esencial en el crecimiento, desarrollo y en la interacción de la planta con el ambiente y con otros organismos. En particular diferentes estudios muestran la

importancia de AS en los procesos fisiológicos y de adaptación de las plantas (Raskin, 1992).

El AS se ha encontrado en todos los tejidos de las especies que han sido estudiadas. Algunas especies de importancia económica como la soya, arroz y cebada contienen hasta  $1\mu\text{g g}^{-1}$  de peso fresco (Raskin, 1992).

El AS aplicado de forma exógena en concentraciones de  $10^{-2}$  a  $10^{-8}\text{M}$ , aumenta la biomasa de plantas de soya (Gutiérrez – Coronado et al., 1998), el rendimiento de trigo (López Tejeda et al., 1998)., en tomate de cascara hay incremento de biomasa y fructificación. El AS aplicado en hidroponía en concentraciones de  $10^{-4}$  a  $10^{-8}\text{M}$ ., estimula incrementos positivos en el desarrollo de parte aérea y raíz de plántulas de tomate, papayo, tomate de cascara y chile (Gutiérrez – Coronado et al., 2000).

El AS se encuentra en los tejidos de las plantas en forma libre o en forma conjugada. Las formas conjugadas son glicósidos, ésteres, amidas y ácido dihidroxibenzóico. Se supone que cuando las plantas requieren ácido salicílico una parte de ello proviene de las reservas de forma conjugada (Hennig et al., 1993) mientras que otra parte proviene de la actividad de la enzima fenilalanina-amonio-liasa (PAL) (Raskin, 1992).

Es probable que el AS tenga algún papel regulador sobre el balance de oxidación/reducción de las células vegetales, y ello tal vez explique la capacidad del AS de inducir respuestas tan variadas: fisiológicas, morfogénicas y adaptativas en las plantas. Lo anterior se sigue a partir del comprobado efecto del AS sobre la actividad de la catalasa y otras enzimas que controlan el nivel de las EAO (Raskin, 1992), relacionándose por lo tanto con el estrés oxidativo.

### **El Ácido Salicílico y el estrés oxidativo**

El daño o estrés oxidativo se presenta cuando la producción de especies activas de oxígeno (EAO) rebasan 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 biótica o abiótica. Aunque la presencia de EAO causan daños al oxidar el DNA, 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).

El AS comenzó a sobresalir como molécula señalizadora en plantas cuando se descubrió su papel como inductor de la termogénesis en plantas de la familia Araceae (Raskin, 1987).

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, indicaba que era un inhibidor de la catalasa. Esta afirmación surgió del hecho de que esta enzima es inhibida in vitro por el AS (Rasking, 1992).

En *Arabidopsis*, tabaco, tomate y pepino fue demostrado, que la proteína receptora de AS es una catalasa con alta afinidad por el AS y que muestran inhibición en presencia de este último (Chen et al., 1993; Sanchez-Casas y Klessing, 1994).

Las catalasas pertenece a un grupo de enzimas involucradas en la regulación de los niveles celulares de las EAO. Se encuentran en todos los organismos aeróbicos 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 bajas concentraciones parece jugar un papel importante en la transducción de señales ambientales en las plantas (Prasad et al., 1994), esto es, el  $H_2O_2$  en niveles no tóxicos parece relacionarse con la inducción de las respuestas de adaptación al estrés.

En las plantas la producción de  $H_2O_2$  es un proceso continuo y una de las principales rutas de degradación de éste compuesto es la actividad de la

catalasa, por lo que una inhibición de ésta resultaría en una acumulación de  $H_2O_2$ . 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 vivo*. Así también (Dat et al., 1998) observaron el mismo incremento endógeno de  $H_2O_2$  al aplicar el AS en las hojas de *Sinapsis alba*.

Sin embargo, (Ruffer et al., 1995) encontró que más que unirse de manera específica a las catalasas, el AS se une a las enzimas que contienen 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 observe incremento en el nivel 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.

La aplicación foliar de AS en concentraciones de 10 a 100  $\mu M$  aumento la tolerancia al choque térmico (55°C por 1.5 hr) en plántulas de *Sinapsis alba*. (Dat et al., 1998).

De igual forma se obtuvo termotolerancia en microplantas de papa, desarrolladas en medio de cultivo con ácido acetilsalicílico en concentraciones de  $10^{-5}$  a  $10^{-6} M$  (López-Delgado et al., 1998).

En cuanto a la distinción entre la aplicación de ácido salicílico o de ácido acetilsalicílico en las plantas, no se ha detectado diferencia importante entre uno y otro. Puesto que el acetilsalicílico es rápidamente convertido a AS en los tejidos de plantas. En cuanto al ácido sulfosalicílico no se dispone de información acerca de su efecto en las plantas.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Ubicación geográfica del experimento**

El primer trabajo se realizó durante el periodo Agosto – Diciembre del 2000 y el segundo trabajo se realizó durante el periodo Agosto - Octubre del 2001, en el invernadero número 3 del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la cual se encuentra ubicada en la localidad de Buenavista Saltillo, Coah. Mexico.

### **ESTABLECIMIENTO DE LOS EXPERIMENTOS**

Se llevaron a cabo dos experimentos de acuerdo al procedimiento descrito a continuación.

#### **PRIMER EXPERIMENTO**

**El experimento se realizo en dos etapas y solo se utilizó TOMATE**

#### **PRIMERA ETAPA**

##### **Trabajo en Laboratorio**

##### **Preparación de la solución de ácido salicílico**

Se peso la cantidad correspondiente a ( $AS\ 1X\ 10^{-3}M = 0.138\ gr$ ) y se aforó a un litro con agua. Se realizó lo mismo para las concentraciones  $AS\ 1X\ 10^{-4}M$  y  $AS\ 1X\ 10^{-5}M$ , correspondiendo a; 0.0138 gr y 0.0013 gr de ácido salicílico respectivamente.

### Preparación de la solución de ácido sulfosalicílico

Para esta solución se procedió de igual manera que el AS, correspondiendo para ASS  $1 \times 10^{-3} \text{M}$ , ASS  $1 \times 10^{-4} \text{M}$  y ASS  $1 \times 10^{-5} \text{M}$ , 0.1221gr, 0.0122gr y 0.0012gr de ácido sulfosalicílico respectivamente.

### Tratamiento a la semilla

En el Cuadro 4.1 se muestran los tratamientos generados al tratar las semillas con las diferentes soluciones de AS y ASS.

Cuadro 4.1. Descripción de Tratamientos.

Tratamiento	Primera etapa en semilla	Tratamiento	Segunda etapa Aspersión foliar
	Concentraciones		Concentraciones
<b>T0</b>	Testigo	<b>T8</b>	AS <sup>-4</sup>
		<b>T9</b>	ASS <sup>-4</sup>
<b>T1</b>	AS <sup>-5</sup>	<b>T10</b>	AS <sup>-4</sup>
<b>T2</b>	AS <sup>-4</sup>	<b>T11</b>	AS <sup>-4</sup>
<b>T3</b>	AS <sup>-3</sup>	<b>T12</b>	AS <sup>-4</sup>
<b>T4</b>	ASS <sup>-5</sup>	<b>T13</b>	ASS <sup>-4</sup>
<b>T5</b>	ASS <sup>-4</sup>	<b>T14</b>	ASS <sup>-4</sup>
<b>T6</b>	ASS <sup>-3</sup>	<b>T15</b>	ASS <sup>-4</sup>
<b>T7</b>	Testigo Blanco		

Para el tratamiento a la semillas, se utilizaron 8 cajas petri grandes, en las cuales se depositaron 150 semillas, se les agregó solución de AS Y ASS en las diferentes concentraciones ( $1 \times 10^{-3}$ , AS  $1 \times 10^{-4}$  y AS  $1 \times 10^{-5}$ ). Para el caso de los testigos T0 y T7 solo se agregó agua destilada.

La semilla permaneció en la solución por espacio de ocho horas, para después ser lavadas con agua destilada. El siguiente paso consistió en transferir estas semillas tratadas a cajas petri chicas con papel filtro humedecido que sirvió como sustrato para la germinación. Se colocaron 35 semillas por cada caja y se utilizaron 4 cajas de cada tratamiento de semilla. Estas cajas petri se llevaron a una cámara de germinación con temperatura constante de 26°C. Para el conteo de semillas germinadas se consideró que ocurrió germinación cuando la semilla mostraba emergencia de la radícula. El registro de semillas germinadas se realizó diariamente desde el día dos hasta el siete después de la siembra.

### **Diseño Experimental**

En el laboratorio se utilizó un diseño completamente al azar, con 8 tratamientos y 4 repeticiones.

## **SEGUNDA ETAPA**

### **Trabajo en invernadero**

#### **Siembra en charolas**

Para esta practica se utilizaron 8 charolas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales se llenaron con peat moss húmedo; la siembra se realizó conforme las semillas germinaban en las cajas petri.

La primera siembra se realizó el día 2 de septiembre y las últimas el 7 del mismo mes. Se colocó una semilla germinada por cavidad, utilizando una

charola por cada tratamiento, en dicha charola se distribuyeron las 4 repeticiones mediante un sorteo al azar.

Una vez que se terminó de sembrar y las plántulas habían emergido, las charolas se pusieron en la cama flotante, los primeros 8 días se mantuvieron con agua, después de este tiempo se les agregó solución nutritiva Douglas que se cambió semanalmente hasta terminar el experimento.

### **Transplante**

A los 43 días de emergida la plántula (13 de Octubre del 2000) se realizó el transplante a bolsas de polietileno previamente llenadas con peat moss, se transplantaron cuatro plantas por tratamiento, se tomó la mejor planta de cada repetición.

### **Manejo de las plantas**

Después del transplante se colocaron las plantas en el invernadero en un diseño completamente al azar, fueron 4 plantas por repetición se colocaron en tres hileras con un espacio entre hileras de 1.20 m y entre plantas 0.30 m. En un inicio la aplicación de solución fue de aproximadamente 0.5 litros por día. En los últimos días la aplicación fue de 1 a 1.5 litros de solución por día. En algunos días la aplicación de solución se alternó con agua.

En el caso del control de las enfermedades se aplicó al follaje cada 8 días Captan. Se presentó tizón tardío en los primeros días del establecimiento de las plantas y se combatió con Ridomil Gold. En el caso de las plagas el problema fue mosquita blanca aún y cuando se aplicó en algunas ocasiones Thiodan y una sola ocasión Confidor la mosquita blanca siempre estuvo presente.

### **Variables evaluadas**

#### **1. Altura de planta**

En el primer experimento se utilizaron en los dos primeros muestreos en charolas (20 de septiembre y 6 de octubre del 2000) 3 plántulas por repetición dando un total de 12 plántulas por tratamiento. En el tercer muestreo en maceta (21 de noviembre del 2000) solo se utilizaron 4 plantas por tratamiento. Para determinar esta variable se utilizó una regla graduada, los puntos de referencia para la medición fueron la base y el meristemo apical del tallo.

#### **2. Numero de hojas**

La cantidad de individuos muestreados fueron los mismos indicados para la variable altura de planta. Para determinar esta variable solo se procedió a contar el número de hojas que hasta ese momento se encontraban bien formadas, sin tomar en cuenta las cotiledonarias.

### **3. Peso fresco y seco aéreo y de la raíz.**

La cantidad de individuos muestreados fueron los mismos indicados para la variable altura de planta, excepto para el tercer muestreo en donde se utilizó una planta por tratamiento. Para determinar esta variable se procedió a lavar perfectamente la raíz de cada planta, posteriormente se cortó la raíz a la altura de la base del tallo y se pesó por separado raíz y parte aérea en una balanza analítica (OHAUS). Las plantas se colocaron en bolsas de papel para realizar el secado; el secado se realizó en una estufa a temperaturas de 60° C durante 48 horas. Las bolsas se identificaron por tratamiento y repetición. Una vez secas las muestras estas fueron pesadas en la balanza ya mencionada.

### **4. Inicio de floración**

Esta variable se determinó solo en el tercer muestreo (que se realizó el 21 de noviembre del 2000) utilizando 4 plantas por tratamiento y consistió en registrar fecha de cuando abrió la primera flor.

### **5. Número de racimos florales.**

Esta variable se determinó sólo en el tercer muestreo (que se realizó el 21 de noviembre del 2000) utilizando 4 plantas por tratamiento. Y consistió en contar los racimos florales que ya estaban formados.

## **6. Número de frutos**

Esta variable se determinó solo en el tercer muestreo (que se realizó el 21 de noviembre del 2000) utilizando 4 plantas por tratamiento. Y consistió en contar los frutos que tenían un diámetro aproximado de 1.5 cm o mayor.

### **Aplicación foliar de AS y ASS**

El primer muestreo se realizó a los 20 días de la emergencia de las plántulas. A los dos días de la primera evaluación se aplicó foliarmente (AS  $1 \times 10^{-4}$  M), a las plántulas que provenían de semilla tratada con AS en las tres diferentes concentraciones. Así mismo se aplicó foliarmente (ASS  $1 \times 10^{-4}$  M) a las plántulas que provenían de semilla tratada con ASS en las tres diferentes concentraciones. Para el caso del T0 se dividió la charola en tres partes; una para (AS  $1 \times 10^{-4}$  M), otra para (ASS  $1 \times 10^{-4}$  M) y otra para el testigo como tal (aplicando agua destilada).

### **Aplicación de estrés de frío.**

El procedimiento consistió en sacar las plantas del invernadero en la mañana, se dejaban por un tiempo de media hora al aire libre para evitar un cambio brusco de temperatura, y posteriormente introducirlas al cuarto frío del laboratorio de postcosecha del departamento y se sacaban al otro día por la mañana del cuarto frío. Nuevamente se realizaba el aclimatamiento para así devolverlas a su lugar en el invernadero.

Se realizaron tres aplicaciones de estrés de frío, La primera aplicación de estrés de frío se realizo un día después de realizar la aplicación foliar de (AS  $1 \times 10^{-4}$  M) y (ASS  $1 \times 10^{-4}$  M), lo cual se realizó el 23 de Septiembre. El cuarto frío mantuvo una temperatura media de  $3.4^{\circ}\text{C}$  durante la primera aplicación. La segunda aplicación de estrés de frío se realizó a los tres días de la primera aplicación. El cuarto frío mantuvo una temperatura media de  $4.8^{\circ}\text{C}$ . La tercera aplicación de estrés de frío se realizó a los tres días de la segunda. El cuarto frío mantuvo una temperatura media de  $4.2^{\circ}\text{C}$ . A los 6 días de realizar la ultima aplicación de estrés de frío se realizo una segunda evaluación. El día 21 de noviembre se realizó la tercera evaluación donde las variables evaluadas fueron: Inicio de floración, numero de racimos florales, numero de frutos y altura de planta.

### **Diseño Experimental**

En invernadero se utilizó un diseño completamente al azar, con 16 tratamientos y 4 repeticiones.

## **SEGUNDO EXPERIMENTO**

### **En este experimento se trabajo con TOMATE Y LECHUGA**

Trabajo en laboratorio  
Se utilizó solución AS  $1 \times 10^{-4}$  M y Agua destilada.

## Descripción de Tratamientos

Cuadro 4.2 Descripción de tratamientos.

Soluciones	Tratamientos	Horas de Exposición
<b>AGUA DESTILADA</b>	T0	0 Hrs.
	T1	2 Hrs.
	T2	4 Hrs.
	T3	6 Hrs.
	T4	8 Hrs.
	T5	10 Hrs.
<b>AS 1X10<sup>-4</sup> M</b>	T6	0 Hrs.
	T7	2 Hrs.
	T8	4 Hrs.
	T9	6 Hrs.
	T10	8 Hrs.
	T11	10 Hrs.

### Tratamiento a la semilla

Para el tratamiento se utilizaron 4 cajas petri grandes, 2 para tomate y dos para lechuga en para el caso de tomate en ambas cajas se pusieron 320 semillas, a una caja se le aplicó agua destilada y a la otra se le aplicó AS<sup>-4</sup> para el caso de lechuga se procedió de igual forma que en el tomate.

Para este experimento los tratamientos consistieron en diferentes tiempos de exposición de la semilla en las 2 diferentes soluciones ya antes mencionadas. En el caso de los testigos tanto para tomate como para lechuga, la semilla se sembró sin ser tratada o sea semilla seca.

### **Trabajo en invernadero**

Para esta practica se utilizaron 4 charolas de poliestireno de 338 cavidades, se llenaron con peat moss húmedo. Para iniciar la siembra tanto de tomate como de lechuga se empezó con los testigo que era semilla secas y a las 2, 4, 6, 8, 10 Hrs., después de que las semillas se trataron con las soluciones, se sembraron; se coloco una semilla por cavidad y por tratamiento 50 semillas, los 6 tratamientos por cultivo y solución se distribuyeron al azar en una sola charola. Las charolas se apilaron y se cubrieron con un plástico negro, y se colocaron en el invernadero de Horticultura, en el caso de lechuga la emergencias inicio a los dos días después de la siembra y para el tomate inicio a los 5 días. A partir de que inicio la emergencia se extendieron las charolas y los primeros ocho días se les aplico agua sin nutrimentos, Después de los ocho días y hasta terminar el trabajo se les aplico solución nutritiva Douglas.

### **Trasplante**

El trasplante se realizó el 21 de Septiembre, a los 36 días de la siembra; se transplantaron a bolsas de polietileno llena de peat moss, se tomaron las 4 plantas mejores por cada tratamiento.

### **Manejo de las plantas**

Las plantas se colocaron en el invernadero de manera aleatoria. La aplicación de solución nutritiva Douglas fue cada tercer día, alternándola con

agua, de igual forma cada tercer día. diariamente se les aplicaba aproximadamente 0.5 litro por planta.

### **Manejo de Muestreos**

El primer muestreo se realizó el 19 de Septiembre, a los 34 días de sembrada la semilla. Se extrajeron 3 plántulas por tratamiento se colocaron en bolsas de polietileno, y se analizaron en el Laboratorio de Fisiología de Horticultura. El segundo muestreo se realizó el 11 de Octubre, a los 56 días de sembrada la semilla. Se tomaron 4 plantas por tratamiento y se analizaron de la misma manera que el primer muestreo.

### **Variables Evaluadas**

Número de plántulas emergidas, peso fresco aéreo y de la raíz, peso seco aéreo y de la raíz, altura de la planta y número de hojas. Se utilizaron 3 plantas por tratamiento para el primer muestreo (19 de septiembre del 2001) y 4 para el segundo muestreo (11 de octubre del 2001). El procedimiento seguido para la evaluación de estas variables fue el mismo ya descrito en el primer experimento.

### **Diseño experimental**

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar para el primer trabajo fueron 3 repeticiones por tratamiento y para el segundo trabajo fueron 4 repeticiones por tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados para el primer experimento

#### PRIMERA ETAPA

##### Porcentaje de Germinación

El AS y ASS en bajas concentraciones favorecieron la velocidad de germinación en el primer día de registro. Para el segundo día solo el AS mantiene el mismo efecto. Para los siguientes días ya no hubo diferencia en los diferentes tratamientos, a excepción del T3 (AS  $1 \times 10^{-3}$  M) que desde el primer día mostró inhibición en la germinación (Cuadro 5.1 y Figura 5.1)

Otros trabajos realizados con semillas de tomate tratadas con AS indicaron que este compuesto, en concentración  $1 \times 10^{-5}$  M, induce mejor germinación en medio salino con NaCl (López Flores, 2001) y funciona como un retardador o hasta inhibidor de la germinación en altas concentraciones tanto en el tomate (López Flores, 2001) como en el melón (Olvera Arellano, 2001). La base de dicha respuesta positiva parece radicar, si atendemos a la capacidad del AS para inhibir las catalasas (Dat et al., 1998) en el conocido papel acelerador sobre la germinación del proceso de peroxidación de los componentes de la pared celular de las semillas (Amaya et al., 1999). Por otra parte, la respuesta negativa observada con la mayor concentración de AS probablemente sea causada por estrés oxidativo originado en el exceso de AS o bien por un efecto inhibitorio directo del AS sobre la inducción de la germinación.

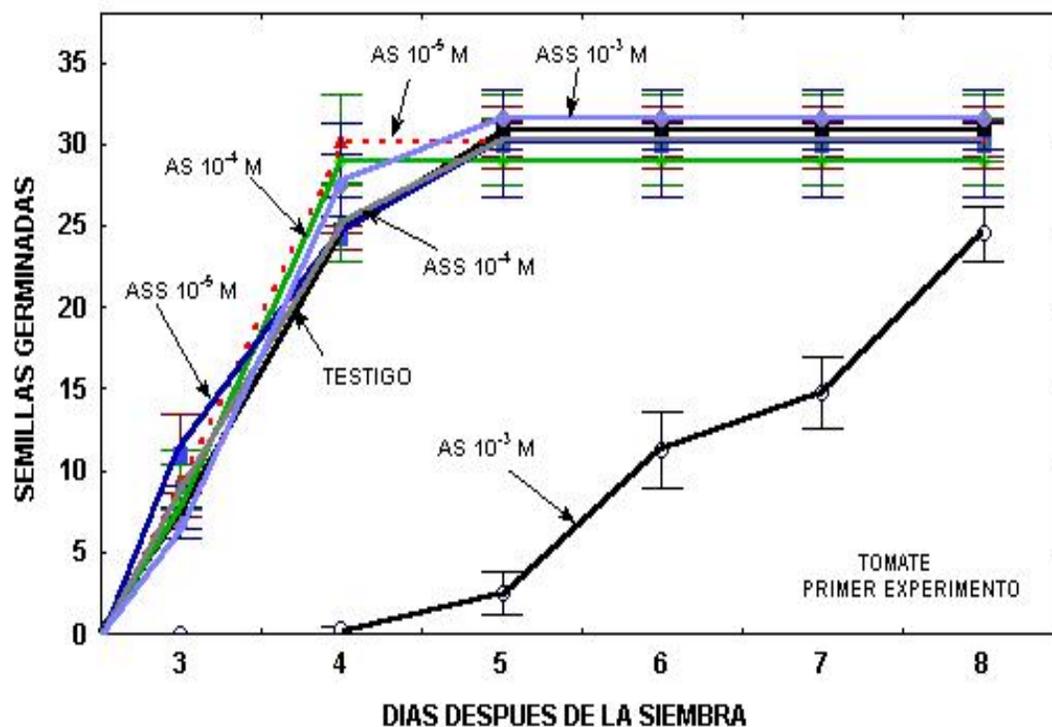


Figura 5.1. Dinámica de la germinación de semillas de tomate tratadas con AS y ASS.

#### Resultados para las variables evaluadas después de germinación.

Tanto el AS como el ASS mostraron efectos negativos en el crecimiento de la plántula, esto comparado con el T0 . El efecto negativo del ASS no fue tan intenso como el AS. (Cuadro 5.2.)

Esta respuesta negativa parece depender de la especie. Por una parte Villa de los Santos et al. (2000) encontraron un efecto positivo sobre la biomasa de coliflor cuando la semilla de esta planta fue tratada con AS y la

plántula sometida a déficit de agua. En la lechuga el tratamiento foliar con AS induce respuesta positiva en las plántulas bajo estrés de agua (Villa de los Santos et al., 2000), en cambio cuando el tratamiento fue aplicado al sustrato (equivalente en cierta forma a tratar la semilla) el AS aumentó la respuesta negativa de la planta de cebolla frente al estrés de agua (tesis Asael). Por otra parte es interesante la respuesta diferencial observada entre el AS y ASS, ya que este hecho indica que la modificación aditiva de la molécula de AS da lugar a cambios en su efecto sobre las plantas.

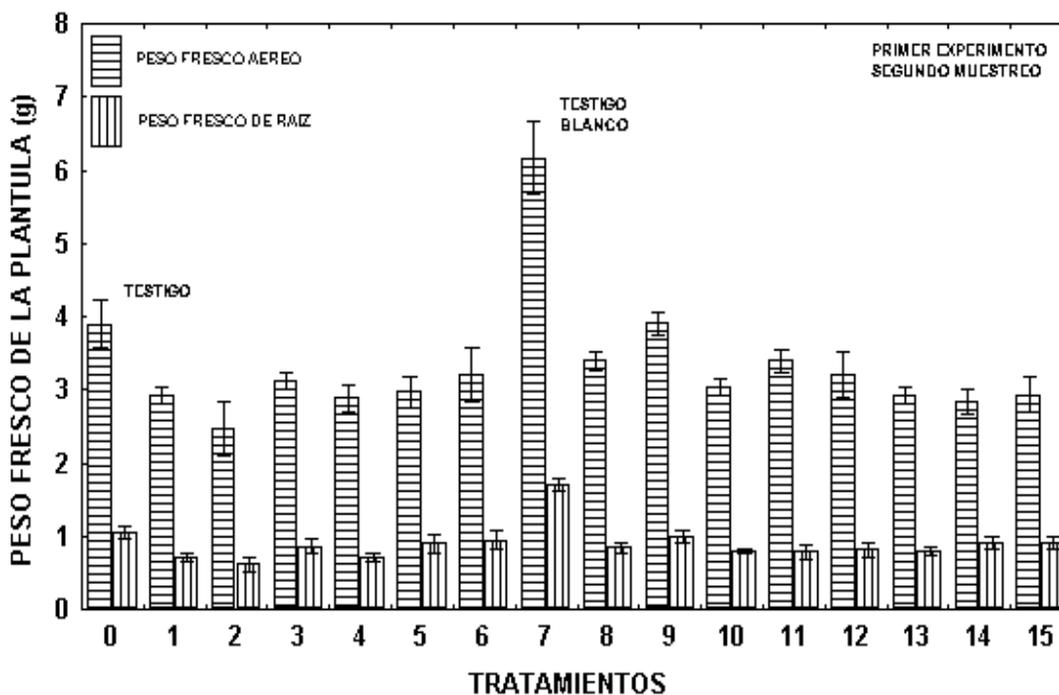
## **SEGUNDA ETAPA**

### **Resultados de todas las variables de la segunda evaluación.**

Comparando el T0 con el T7 las 3 aplicaciones discontinuas de baja temperatura afectaron negativamente el crecimiento de las plantas. El AS Y ASS aplicados en semilla no favorecieron el crecimiento de las plántulas que fueron sometidas a baja temperatura (Figura 5.2). Solo el tratamiento T6 (ASS  $1 \times 10^{-3}$ ) favorece la altura de la planta, mientras que el T1 (AS  $1 \times 10^{-5}$ ) favoreció el peso seco de raíz, en comparación con el T0. El efecto negativo mostrado por el AS y ASS sobre el crecimiento de la planta cuando es aplicado en semilla, persiste aún y cuando se aplica nuevamente en forma foliar. No siendo así cuando es aplicado solamente en forma foliar; ya que el comportamiento de las plántulas del T9 (Tes. + ASS  $1 \times 10^{-4}$ ), en algunas variables se comportan mejor o igual al T0. De igual forma el comportamiento

de las plántulas del T8 (Tes. + AS<sup>4</sup>), fue positiva en altura de planta. (Cuadro 5.3)

Esta diferente respuesta de las plantas frente al AS y ASS de acuerdo a si estos compuestos se aplican en la semilla o de manera foliar indica la acción probable de diferentes receptores, diferente facilidad de absorción o transporte, o bien que los blancos de acción de los salicilatos son diferentes en cada tipo de tejido. Tal parece que el efecto negativo del AS se presenta cuando este se aplica en la semilla ya que, bajo otras condiciones como



aplicación foliar (Gutiérrez-Coronado et al., 1998) o aplicación en la solución nutritiva posterior a la emergencia de las plántulas (Benavides, datos no publicados) el compuesto mencionado induce respuestas muy favorables sobre el crecimiento de las plantas.

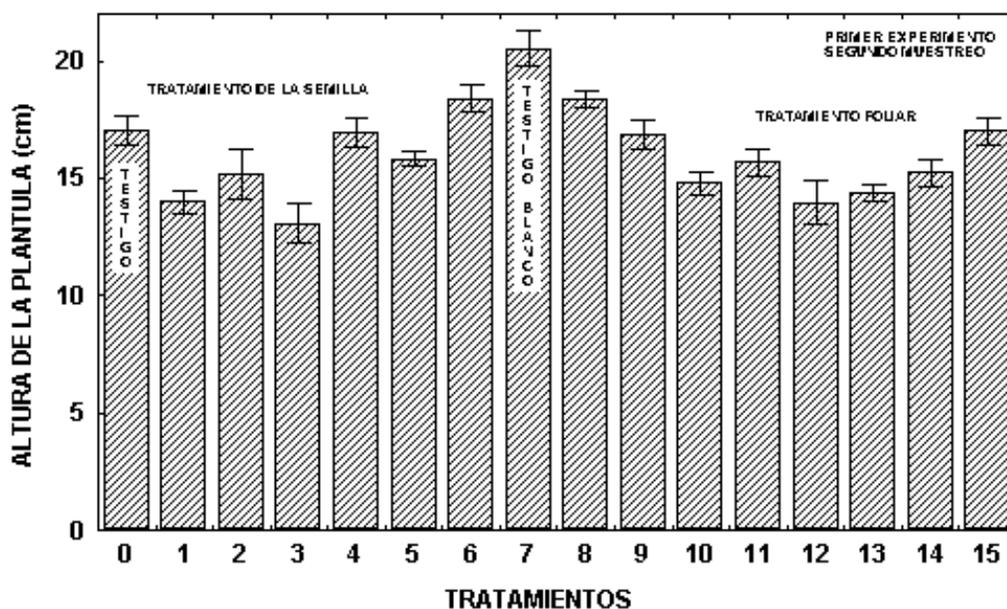


Figura 5.2. Promedio del peso fresco aéreo y de la raíz de plántulas de tomate tratadas con AS y ASS. La descripción de los tratamientos aparece en el Cuadro 4.1.

### Resultados de todas las variables del tercer muestreo.

Comparando el T0 (Testigo) con el T7 (Testigo blanco) el estrés de frío en las plántulas retardó la floración, inhibió altura de planta, racimos florales así como número de frutos.

Las plántulas tratadas en semilla con AS y ASS mostraron efectos negativos en inicio de floración, en racimos florales y en número de frutos. En cambio, los efectos para la variable altura de planta fueron positivos.

Los tratamientos en que aplicó foliarmente AS y ASS, para las variables inicio de floración y altura de planta el comportamiento fue similar al T0 (testigo). En cambio para el número de racimos florales el mejor fue el T15 (ASS<sup>-3</sup>+ AAS<sup>-4</sup>) y para número de frutos el mejor fue el T12 (AS<sup>-3</sup>+ AS<sup>-4</sup>) (Cuadro 5.4). En cuanto a la biomasa en algunos casos la aplicación foliar de AS dio lugar a cierto incremento en el peso de las plantas (Figura 5.3).

También en la etapa de planta madura, posterior al trasplante, fue posible observar el efecto diferencial de la aplicación de los salicilatos en semilla y por la vía foliar. Al respecto es recomendable realizar pruebas de aplicación de los salicilatos a partir de la etapa de floración hasta el llenado de fruto, esto para verificar el efecto de dichos compuestos sobre la vida de poscosecha de la fruta.

En diferentes especies hortícolas Isiordia et al (2000) observaron que las aplicaciones foliares de AS en diferentes etapas del desarrollo de las plantas indujeron respuestas positivas sobre las plantas. Este mismo efecto fue observado en plantas de papa (Cabeza Banda, 2001) y melón (Palafox Arenas, 2001) en trabajos realizados en la UAAAN.

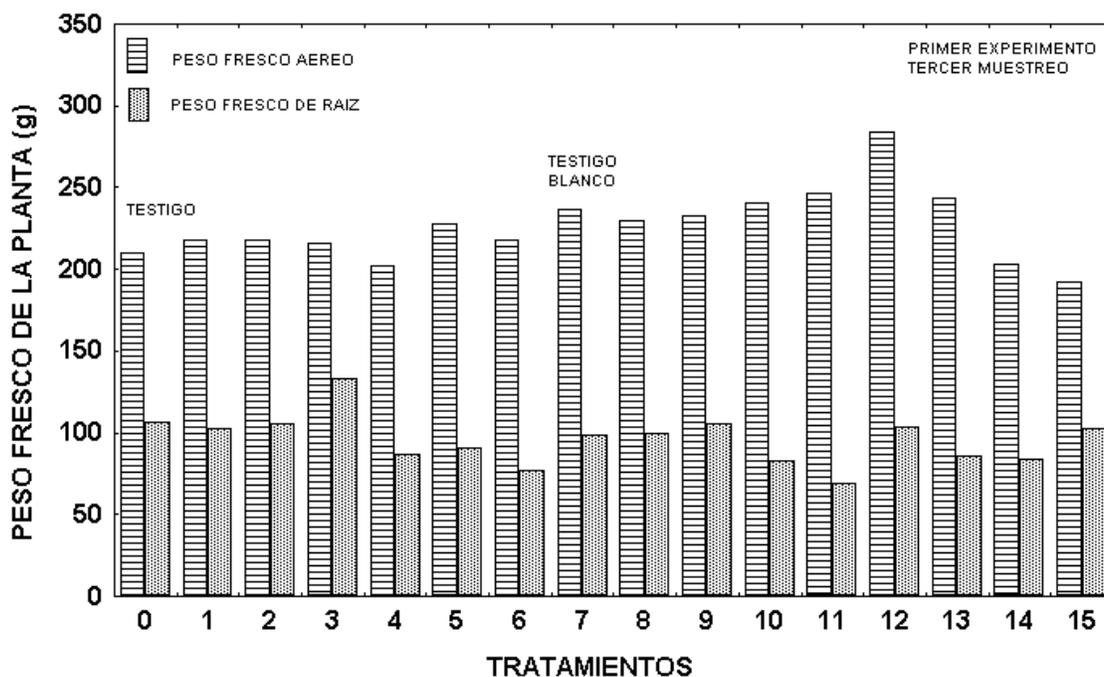


Figura 5.3. Biomasa de plantas de tomate en maceta. Los tratamientos se refieren a la aplicación de AS y ASS descrita en el Cuadro 4.1.

## SEGUNDO EXPERIMENTO TOMATE Y LECHUGA

### Éxito de emergencia de las plántulas.

La emergencia de las plántulas de lechuga se vio afectada negativamente a medida que la semilla paso mayor tiempo de exposición en el agua o el AS. Sin embargo, al contrario de la exposición al agua el AS causó una fuerte disminución en la emergencia de las plántulas (Cuadro 5.5 y Figuras 5.4 y 5.5).

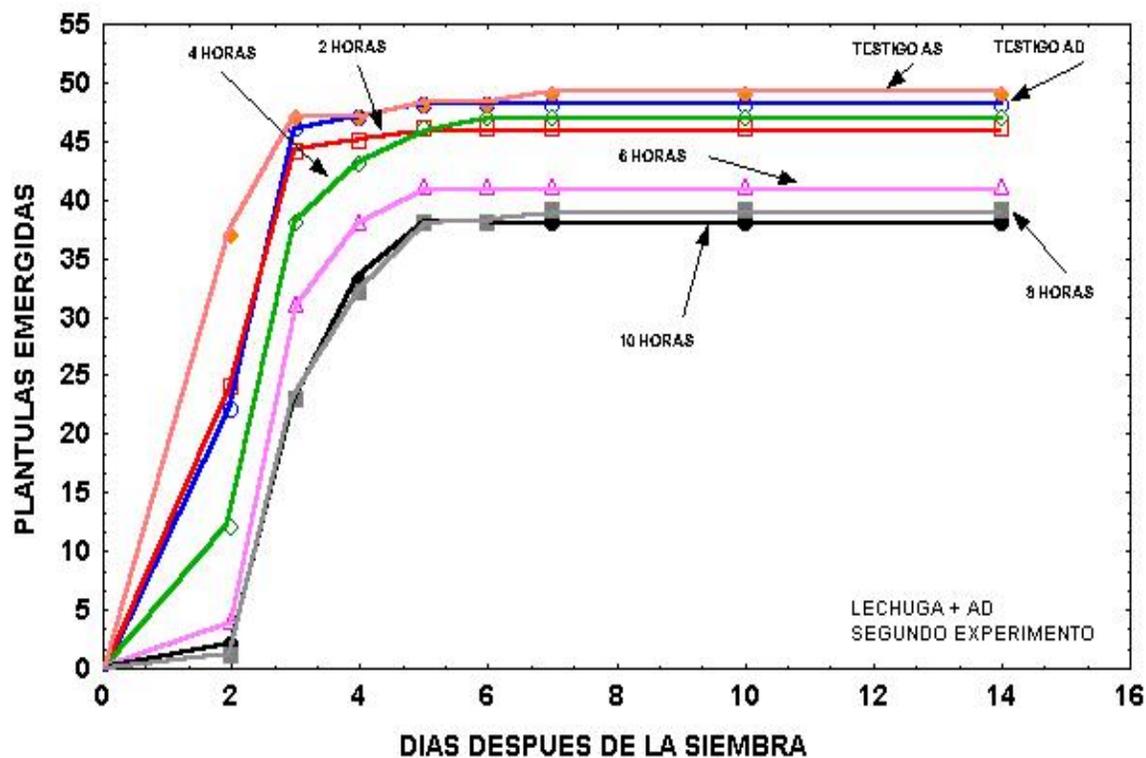


Figura 5.4. Dinámica de emergencia de las plántulas de lechuga cuya semilla fue expuesta a diferentes tiempos de imbibición (0 a 10 horas) en agua destilada (AD). Se incluyen los dos testigos (AS y AD) con propósitos comparativos.

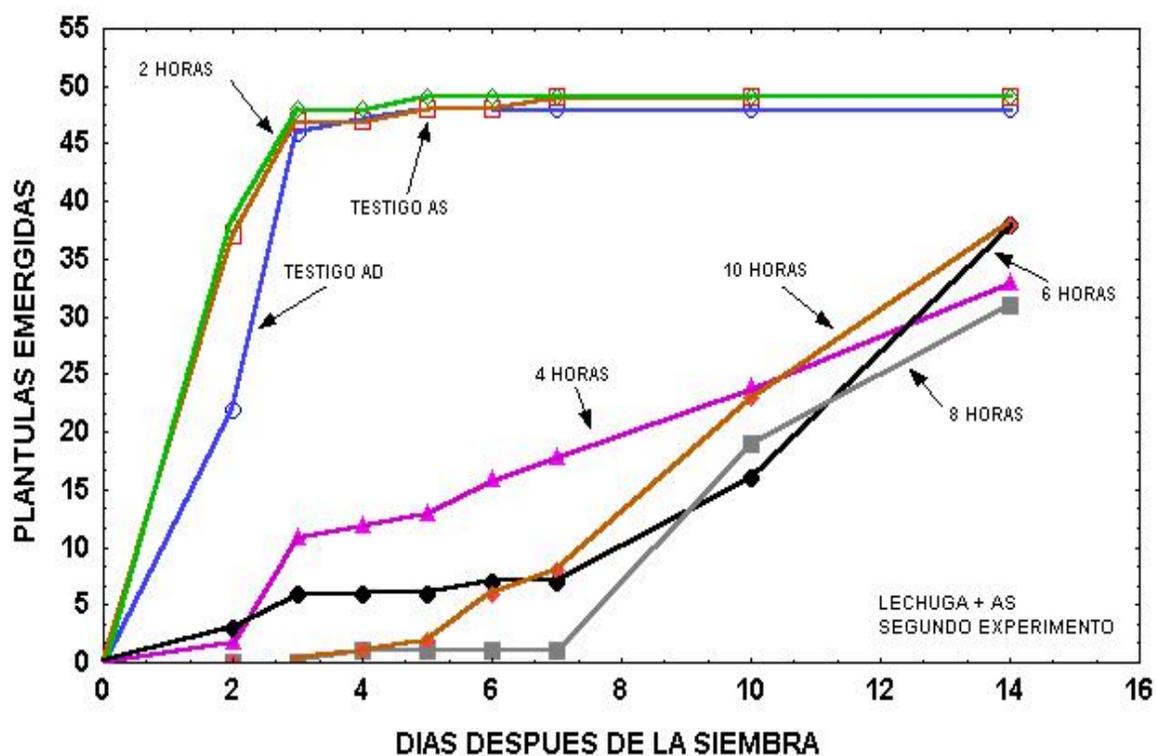


Figura 5.5. Dinámica de emergencia de las plántulas de lechuga cuya semilla fue expuesta a diferentes tiempos de imbibición (0 a 10 horas) en solución de ácido salicílico  $1 \times 10^{-4}$  M (AS). Se incluyen los dos testigos (AS y AD) con propósitos comparativos.

Para el tomate en cambio la exposición de la semilla al agua destilada no modificó la emergencia de las plántulas, mientras que el AS presentó un efecto positivo y significativo con un óptimo en 2 horas de exposición (Cuadro 5.5 y Figuras 5.6 y 5.7).

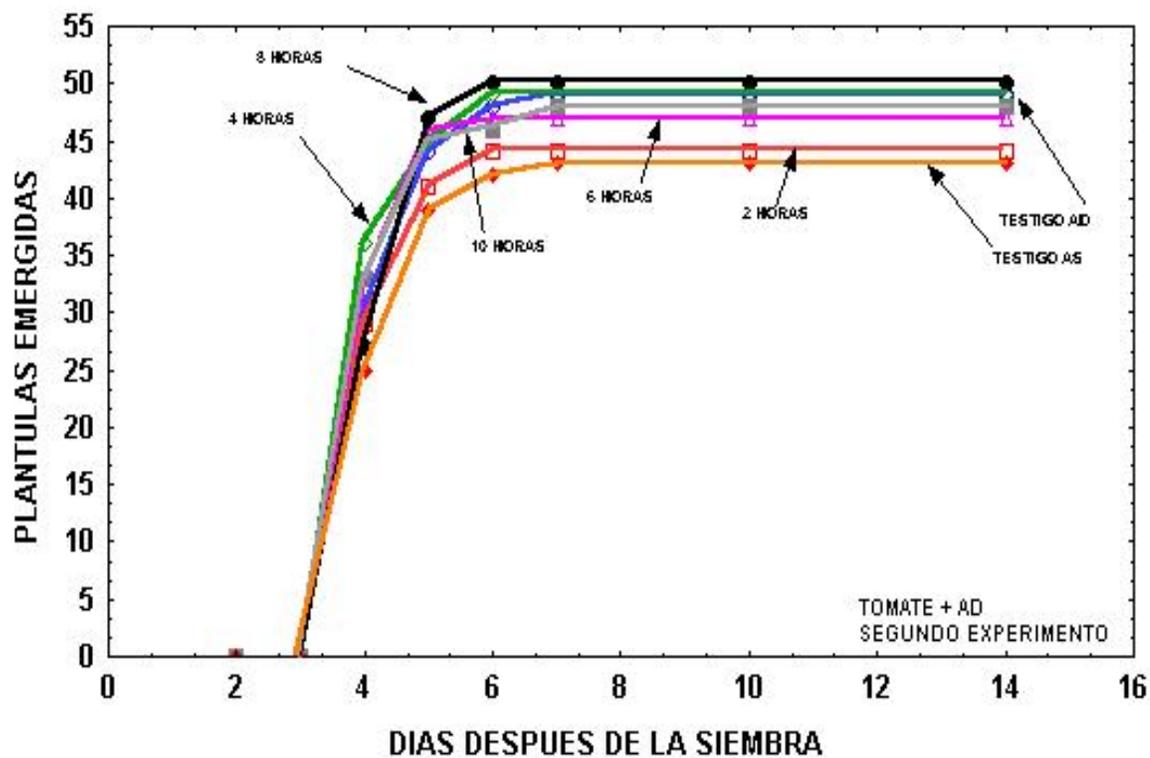


Figura 5.6. Dinámica de emergencia de las plántulas de tomate cuya semilla fue expuesta a diferentes tiempos de imbibición (0 a 10 horas) en agua destilada (AD). Se incluyen los dos testigos (AS y AD) con propósitos comparativos.

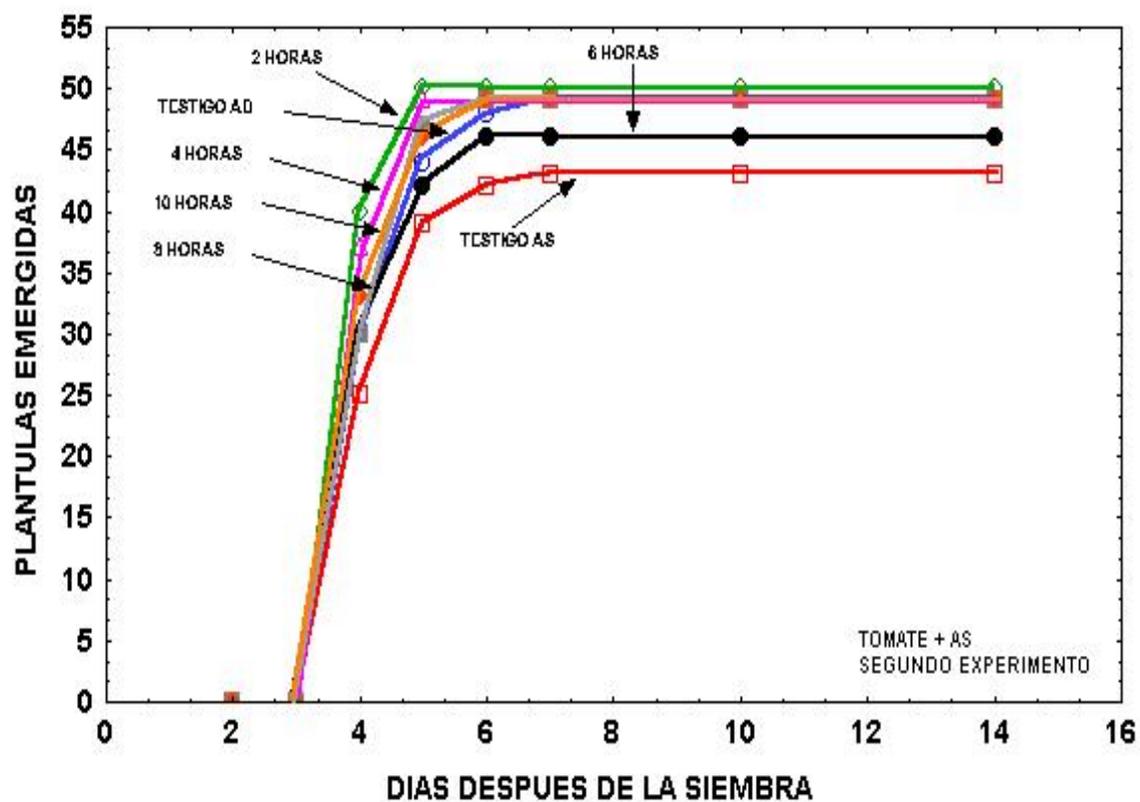


Figura 5.7. Dinámica de emergencia de las plántulas de lechuga cuya semilla fue expuesta a diferentes tiempos de imbibición (0 a 10 horas) en solución de ácido salicílico  $1 \times 10^{-4}$  M (AS). Se incluyen los dos testigos (AS y AD) con propósitos comparativos.

### Crecimiento de las plántulas.

Para el tomate la exposición de la semilla tanto al agua destilada como al AS  $1 \times 10^{-4}$  M dio lugar a diferencias no significativas, con una ligera

tendencia a incrementar el peso fresco pero a disminuir el peso seco. El número de hojas prácticamente no se modificó pero en cambio la altura de la plántula aumentó significativamente conforme aumentó el tiempo de exposición hasta 6 horas para el agua y 8 horas para el AS (Cuadro 5.6).

Para la lechuga la exposición al agua destilada no modificó el peso fresco de la plántula, disminuyendo el peso seco al igual que en el tomate. Por otro lado la exposición al agua destilada dio lugar a un aumento significativo en el número de hojas aumentando asimismo la altura de la plántula conforme aumentó el tiempo de exposición hasta 8 horas. Por otra parte la exposición al AS dio lugar a disminución significativa tanto en la biomasa fresca como seca. En cambio tanto el número de hojas como la altura de la plántula no se vieron modificadas por la mayor exposición al AS (Cuadro 5.7).

Estos resultados indican claramente que los salicilatos actúan de una forma más compleja que la de un mero inhibidor de catalasas. Si fuera así el efecto obvio se reflejaría en menor altura de las plantas tratadas con estos compuestos. Por otro lado la mayor altura de las plántulas no se asoció con mayor biomasa lo cual indica un cambio en los patrones morfogénicos de la planta. Es claro que se requiere realizar mayor cantidad de estudios sobre estos compuestos utilizando más especies y condiciones de aplicación.

En cuanto a la evaluación de las plantas de tomate en maceta la exposición de las semillas al agua destilada no causó modificaciones en las variables estudiadas, a excepción de un ligero aumento en la altura de la planta conforme aumentó la exposición hasta 6 horas así como cierta tendencia a disminuir el peso fresco total al aumentar el tiempo de exposición. Por su parte el tratamiento de la semilla con AS tampoco cambió el comportamiento de las plantas, exceptuando una ligera tendencia a aumentar el número de hojas al aumentar el tiempo de exposición. Asimismo, aunque no de manera significativa los tiempos de exposición de 2 a 6 horas afectaron negativamente la biomasa de las plantas (Cuadro 5.8).

En cuanto a la evaluación de las plantas de lechuga en maceta la exposición de las semillas al agua destilada no causó modificaciones en la mayoría de las variables estudiadas. Para la biomasa seca aérea y el número de hojas se presentó un decremento significativo hasta las 8 horas de exposición. Asimismo la altura aumentó desde las 4 horas. Por su parte el tratamiento de la semilla con AS tampoco cambió el comportamiento de las plantas, exceptuando una disminución en la biomasa seca aérea y el número de hojas al aumentar el tiempo de exposición (Cuadro 5.9).

Cuadro 5.1. Valores promedio del número de semillas germinadas para los diferentes tratamientos desde el segundo hasta el séptimo día después de la siembra.

	<b>DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA</b>					
<b>Tratamientos</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>T0 Testigo</b>	7.500 bc <sup>§</sup>	24.750 b	30.570 b	30.750 b	30.750 b	30.750 b
<b>T1 AS<sup>-5</sup></b>	9.500 bc	30.250 c	30.250 b	30.250 b	30.250 b	30.250 b
<b>T2AS<sup>-4</sup></b>	7.750 bc	29.000 bc	29.000 b	29.000 b	29.000 b	29.000 ab
<b>T3AS<sup>-3</sup></b>	0.000 a	0.250 a	2.500 a	11.250 a	14.750 a	24.500 a
<b>T4ASS<sup>-5</sup></b>	11.000 c	24.250 b	30.000 b	30.000 b	30.000 b	30.000 ab
<b>T5ASS<sup>-4</sup></b>	9.000 bc	25.250 bc	30.250 b	30.250 b	30.250 b	30.250 b

<sup>§</sup> Los promedios seguidos de las mismas literales no son diferentes entre si según una prueba DMS con p=0.05.

Cuadro 5.2. Primer muestreo de biomasa del primer experimento realizado el 20 de septiembre del 2000

	<b>V A R I A B L E S</b>							
<b>Tratamientos</b>	<b>PFA<sub>1</sub></b>	<b>PFR<sub>1</sub></b>	<b>PFT<sub>1</sub></b>	<b>PSA<sub>1</sub></b>	<b>PSR<sub>1</sub></b>	<b>PST<sub>1</sub></b>	<b>APTA<sub>1</sub></b>	<b>NHOJAS<sub>2</sub></b>
<b>T0 Tes.</b>	1.090 e <sup>§</sup>	0.4225 e	1.5125 d	0.1064 e	0.0223 e	0.1287 e	7.6417 d	3.6667 c
<b>T1 AS<sup>-5</sup></b>	0.6375 b	0.2375 b	0.8750 b	0.0534 b	0.0148 b	0.0682 b	5.8667 b	3.0833 b
<b>T2 AS<sup>-4</sup></b>	0.6766 b	0.2475 b	0.9242 b	0.0580 b	0.0149 b	0.0730 b	5.7500 b	3.0833 b
<b>T3 AS<sup>-3</sup></b>	0.2725 a	0.0333 a	0.3058 a	0.0237 a	0.0026 a	0.0263 a	3.3417 a	2.0000 a
<b>T4 ASS<sup>-5</sup></b>	0.7308 bc	0.2754 bc	1.0063 b	0.0647 bc	0.0155 b	0.0802 bc	6.4583 bc	3.0000 b
<b>T5 ASS<sup>-4</sup></b>	0.7253 bc	0.3275 bcd	1.0528 bc	0.0637 bc	0.0151 b	0.0788 b	5.7667 b	3.3333 bc
<b>T6 ASS<sup>-3</sup></b>	0.9017 cd	0.3750 de	1.2767 cd	0.0804 cd	0.0217 c	0.1020 cd	7.1167 cd	3.3333 bc

PFA = Peso Fresco Aéreo, PFR = Peso Fresco Raíz, PFT = Peso Fresco Total, PSA = Peso Seco Aéreo, PSR = Peso Seco Raíz, PST = Peso Seco Total, APTA = Altura de planta, NHOJAS = Numero de hojas.

<sup>§</sup> Los promedios seguidos de las mismas literales no son diferentes entre si según una prueba DMS con p=0.05.

Cuadro 5.3 Segundo muestreo de biomasa del primer experimento realizado el 6 de octubre del 2000

	V	A	R	I	A	B	L	E	S
<b>Segunda Etapa. Plantulas Tratadas en Semilla</b>									
<b>Tratamientos</b>	PFA <sub>2</sub>	PFR <sub>2</sub>	PFT <sub>2</sub>	PSA <sub>2</sub>	PSR <sub>2</sub>	PST <sub>2</sub>	APTA <sub>2</sub>	NHOJAS <sub>2</sub>	
<b>T0 Testigo</b>	3.8966 cd <sup>§</sup>	1.0512 d	4.9478 d	0.3564 cd	0.0677 bc	0.4242 c	17.0000 ef	5.8750 cd	
<b>T1 AS<sup>-5</sup></b>	2.9350 ab	0.7212 ab	3.6562 ab	0.2988 abcd	0.0747 c	0.3735 bc	13.9833 ab	5.6667 abcd	
<b>T2 AS<sup>-4</sup></b>	2.4628 a	0.6115 a	3.0743 a	0.2166 a	0.0396 a	0.2562 a	15.1667 bcd	5.1667 a	
<b>T3 AS<sup>-3</sup></b>	3.1264 ab	0.8635 bcd	3.9899 b	0.2678 ab	0.0605 bc	0.3283 abc	13.0833 a	5.2917 a	
<b>T4 ASS<sup>-5</sup></b>	2.8820 ab	0.7094 ab	3.5914 ab	0.2460 ab	0.0549 ab	0.3009 ab	16.9667 def	5.3333 ab	
<b>T5 ASS<sup>-4</sup></b>	2.9737 ab	0.8961 bcd	3.8698 ab	0.2508 ab	0.0610 bc	0.3119 ab	15.8333 cde	5.5833 abcd	
<b>T6 ASS<sup>-3</sup></b>	3.2093 bc	0.9959 bcd	4.1596 bcd	0.2743 abc	0.0648 bc	0.3391 abc	18.4000 f	5.4167 abc	
<b>T7 Tes. Blanco</b>	6.1687 e	1.6958 e	7.8645 e	0.6167 e	0.1261 d	0.7428 d	20.5250 g	6.9167 e	
<b>Segunda Etapa . Plantulas Asperjadas con AS Y ASS.</b>									
<b>T8 Tes AS<sup>-4</sup></b>	3.3995 bcd	0.8481 abcd	4.2475 bcd	0.2993 abcd	0.0582 abc	0.3575 abc	18.3958 f	5.8333 bcd	
<b>T9 Tes ASS<sup>-4</sup></b>	3.9087 d	1.0512 cd	4.9046 cd	0.3585 cd	0.0667 bc	0.4252 c	16.8750 def	6.0000 d	
<b>T10 AS<sup>-5</sup>+AS<sup>-4</sup></b>	3.0451 ab	0.7964 abc	3.8416 ab	0.3179 bcd	0.0678 bc	.03857 bc	14.8000 abc	5.5833 abcd	
<b>T11 AS<sup>-4</sup>+AS<sup>-4</sup></b>	3.3912 bcd	0.7845 abc	4.1758 bcd	0.3626 d	0.0629 bc	0.4255 c	15.6750 bcde	5.6667 abcd	
<b>T12 AS<sup>-3</sup>+AS<sup>-4</sup></b>	3.2011 b	0.8116 abcd	4.0127 bc	0.2591 ab	0.0546 ab	0.3137 ab	13.9625 ab	5.4167 abc	
<b>T13 ASS<sup>-5</sup>+ASS<sup>-4</sup></b>	2.9228 ab	0.7874 abc	3.7102 ab	0.2452 ab	0.0567 ab	0.3019 ab	14.4000 abc	5.2500 a	
<b>T14 ASS<sup>-4</sup>+ASS<sup>-4</sup></b>	2.8318 ab	0.8978 bcd	3.7295 ab	0.2457 ab	0.0671 bc	0.3127 ab	15.2417bcde	5.5000 abcd	
<b>T15 ASS<sup>-3</sup>+ASS<sup>-4</sup></b>	2.9367 ab	0.9503 bcd	3.8345 ab	0.2702 ab	0.0686 bc	0.3389 abc	16.9917 ef	5.4167 abc	

PFA = Peso Fresco Aéreo, PFR = Peso Fresco Raíz, PFT = Peso Fresco Total, PSA = Peso Seco Aéreo, PSR = Peso Seco Raíz, PST = Peso Seco Total, APTA = Altura de planta, NHOJAS = Numero de hojas.

<sup>§</sup> Los promedios seguidos de las mismas literales no son diferentes entre si según una prueba DMS con p=0.05.

Cuadro 5.4 Tercera evaluación de características morfológicas de la planta.

	V	A	R	I	A	B	L	E	S
<b>Segunda Etapa Plantulas Tratadas en Semilla</b>									
<b>Tratamientos</b>	<b>I. Floracion</b>		<b>A. Pta.</b>		<b>R. Florales</b>		<b>N. Frutos</b>		
<b>T0 Tes</b>	26.000 bcd <sup>§</sup>		65.000 bc		4.000 bcd		2.25 cd		
<b>T1 AS<sup>-5</sup></b>	26.250 bcd		63.250 ab		3.750 abcd		1.00 abc		
<b>T2 AS<sup>-4</sup></b>	26.250 bcd		67.500 bcd		3.750 abcd		0.750 ab		
<b>T3 AS<sup>-3</sup></b>	25.500 bcd		69.750 d		3.250 ab		1.250 abcd		
<b>T4 ASS<sup>-5</sup></b>	30.000 d		59.250 a		4.250 cd		0.000 a		
<b>T5 ASS<sup>-4</sup></b>	24.250 bc		64.750 bc		3.750 abcd		1.50 bcd		
<b>T6 ASS<sup>-3</sup></b>	28.500 cd		68.250 cd		4.000 bcd		1.00 abc		
<b>T7 Tes. Abs.</b>	16.250 a		75.250 d		3.750 abcd		2.50 d		
<b>Segunda Etapa. Aplicación Foliar de AS Y ASS</b>									
<b>T8 Tes AS<sup>-4</sup></b>	26.000 bcd		66.000 bcd		3.000 a		1.50 bcd		
<b>T9 Tes ASS<sup>-4</sup></b>	27.000 bcd		65.750 bcd		3.750 abcd		1.50 bcd		
<b>T10 AS<sup>-5</sup>+AS<sup>-4</sup></b>	27.250 bcd		65.750 bcd		3.000 a		1.75 bcd		
<b>T11 AS<sup>-4</sup>+AS<sup>-4</sup></b>	24.750 bc		65.500 bcd		3.500 abc		0.750 ab		
<b>T12 AS<sup>-3</sup>+AS<sup>-4</sup></b>	22.500 b		68.750 cd		4.000 bcd		2.50 d		
<b>T13 ASS<sup>-5</sup>+ASS<sup>-4</sup></b>	27.000 bcd		65.000 bc		3.750 abcd		0.50 ab		
<b>T14 ASS<sup>-4</sup>+ASS<sup>-4</sup></b>	26.500 bcd		67.000 bcd		3.750 abcd		1.50 bcd		
<b>T15 ASS<sup>-3</sup>+ASS<sup>-4</sup></b>	26.500 bcd		66.500 bcd		4.500 d		0.50 ab		

PFA = Peso Fresco Aéreo, PFR = Peso Fresco Raíz, PFT = Peso Fresco Total, PSA = Peso Seco Aéreo, PSR = Peso Seco Raíz, PST = Peso Seco Total, APTA = Altura de planta, NHOJAS = Numero de hojas.

<sup>§</sup> Los promedios seguidos de las mismas literales no son diferentes entre si según una prueba DMS con p=0.05.

Cuadro 5.5. Número de plántulas emergidas de lechuga y tomate cuya semilla fue sometida a diferentes tiempos de exposición (o a 10 horas) con agua destilada (AD) y ácido salicílico  $1 \times 10^{-4}$  M (AS).

Solución Acuosa	Tratamientos	Horas de Exposición	Emergencia de Lechuga	Solución Acuosa	Tratamientos	Horas de Exposición	Emergencia de Tomate
H <sub>2</sub> O	T0	0 Hrs.	44.375 d <sup>§</sup>	H <sub>2</sub> O	T0	0 Hrs.	33.625 b
	T1	2 Hrs.	42.875 cd		T1	2 Hrs.	30.750 a
	T2	4 Hrs.	40.875 c		T2	4 Hrs.	34.250 b
	T3	6 Hrs.	34.750 b		T3	6 Hrs.	33.375 b
	T4	8 Hrs.	31.000 a		T4	8 Hrs.	34.250 b
	T5	10 Hrs.	31.125 a		T5	10 Hrs.	33.500 b
AS $1 \times 10^{-4}$ M	T6	0 Hrs.	46.750 c	AS $1 \times 10^{-4}$ M	T6	0 Hrs.	29.375 a
	T7	2 Hrs.	47.375 c		T7	2 Hrs.	36.250 d
	T8	4 Hrs.	16.125 b		T8	4 Hrs.	35.250 cd
	T9	6 Hrs.	11.125 ab		T9	6 Hrs.	32.000 b
	T10	8 Hrs.	6.750 a		T10	8 Hrs.	34.125 c
	T11	10 Hrs.	9.750 a		T11	10 Hrs.	34.375 cd

<sup>§</sup> Los promedios seguidos de las mismas literales no son diferentes entre si según una prueba DMS con  $p=0.05$ .

Cuadro 5.6. Evaluación de plántula de Tomate

Soluciones	Tratamientos	Horas de Exposición	V A R I A B L E S							
			PFA	PFR	PFT	PSA	PSR	PST	N HOJAS	A PTA
H <sub>2</sub> O	T0	Tes. O Hrs.	1.4983 b	0.6149 ab	2.1132 ab	0.1935 a	0.0548 a	0.2482 a	4.000 ab	12.333 ab
	T1	2 Hrs.	1.6804 ab	0.5546 ab	2.2350 ab	0.1837 a	0.0469 a	0.2306 a	4.666 b	14.500 c
	T2	4 Hrs.	1.5604 ab	0.6048 ab	2.1652 ab	0.1653 a	0.0471 a	0.2124 a	4.000 ab	15.500 c
	T3	6 Hrs.	1.8953 b	0.5967 ab	2.4920 b	0.2364 a	0.0514 a	0.2878 a	4.333 ab	15.000 c
	T4	8 Hrs.	1.4570 ab	0.6276 b	2.0846 ab	0.1521 a	0.0559 a	0.2080 a	3.667 a	13.667 bc
	T5	10 Hrs.	1.1518 a	0.4373 a	1.5891 a	0.1288 a	0.0446 a	0.1733 a	4.333 ab	11.667 a
AS 1x10 <sup>-4</sup> M	T6	Tes. O Hrs.	1.7544 b	0.7122 b	2.4667 b	0.2065 a	0.0656 b	0.2721 a	4.333 a	12.500 ab
	T7	2 Hrs.	1.5133 ab	0.6308 ab	2.1440 ab	0.1862 a	0.0549 ab	0.2411 a	4.667 a	12.333 a
	T8	4 Hrs.	1.6504 ab	0.6141 ab	2.2644 ab	0.2019 a	0.0521 ab	0.2540 a	4.000 a	13.000 ab
	T9	6 Hrs.	1.4032 a	0.5416 a	1.9448 a	0.1716 a	0.0469 a	0.2185 a	4.000 a	13.170 ab
	T10	8 Hrs.	1.4272 a	0.5148 a	1.9420 a	0.1691 a	0.0513 ab	0.2204 a	4.333 a	14.333 b
	T11	10 Hrs.	1.5213 ab	0.5393 a	2.0606 ab	0.1825 a	0.0525 ab	0.2350 a	4.333 a	13.670 ab

PFA = Peso Fresco Aéreo, PFR = Peso Fresco Raíz, PFT = Peso Fresco Total, PSA = Peso Seco Aéreo, PSR = Peso Seco Raíz, PST = Peso Seco Total, NHOJAS = Número de Hojas, APTA = Altura de planta.

§ Los promedios seguidos de las mismas literales no son diferentes entre si según una prueba DMS con p=0.05.

Cuadro 5.7. Evaluación en plántula de Lechuga

Soluciones	Tratamientos	Horas de Exposición	V A R I A B L E S							
			PFA	PFR	PFT	PSA	PSR	PST	N HOJAS	A PTA
H <sub>2</sub> O	T0	0 Hrs.	2.6403 a <sup>§</sup>	0.8399 a	3.4802 a	0.1636 b	0.0540 b	0.2176 b	5.000 a	13.000 a
	T1	2 Hrs.	2.3458 a	0.6298 a	2.9756 a	0.1525 ab	0.0568 b	0.2093 ab	5.667 ab	13.333 a
	T2	4 Hrs.	2.7701 a	0.6244 a	3.3945 a	0.1462 ab	0.0448 ab	0.1910 ab	6.000 b	14.500 ab
	T3	6 Hrs.	2.8434 a	0.6976 a	3.5410 a	0.1137 ab	0.0418 ab	0.1554 ab	5.667 ab	15.333 b
	T4	8 Hrs.	2.4214 a	0.6871 a	3.1085 a	0.1076 ab	0.0427 ab	0.1504 ab	6.000 b	14.333 ab
	T5	10 Hrs.	2.5989 a	0.6046 a	3.1271 a	0.1043 a	0.0334 a	0.1377 a	6.000 b	13.167 a
AS 1x10 <sup>-4</sup> M	T6	0 Hrs.	2.7759 bc	0.7317 b	3.5075 bc	0.1769 bc	0.0568 cd	0.2338 bcd	5.000 a	14.333 a
	T7	2 Hrs.	2.8768 c	0.8114 b	3.6882 c	0.2153 c	0.0701 c	0.2854 d	5.333 a	13.500 a
	T8	4 Hrs.	2.7683 bc	0.7944 b	3.5627 bc	0.1768 bc	0.0701 c	0.2469 cd	5.333 a	14.000 a
	T9	6 Hrs.	2.0443abc	0.5102ab	2.5545abc	0.0971 ab	0.0343abc	0.1313 abc	5.333 a	13.333 a
	T10	8 Hrs.	1.6387 ab	0.3208ab	1.9595 ab	0.0726 a	0.0222 ab	0.0949 ab	5.000 a	11.833 a
	T11	10 Hrs.	1.0294 a	0.1042 a	1.1336 a	0.0403 a	0.0072 a	0.0475 a	4.333 a	14.333 a

PFA = Peso Fresco Aéreo, PFR = Peso Fresco Raíz, PFT = Peso Fresco Total, PSA = Peso Seco Aéreo, PSR = Peso Seco Raíz, PST = Peso Seco Total, NHOJAS = Número de Hojas, APTA = Altura de planta.

<sup>§</sup> Los promedios seguidos de las mismas literales no son diferentes entre si según una prueba DMS con p=0.05.

Cuadro 5.8. Evaluación de biomasa en planta de Tomate

Soluciones	Tratamientos	Horas de Exposición	V A R I A B L E S							
			PFA	PFR	PFT	PSA	PSR	PST	N HOJAS	A PTA
H <sub>2</sub> O	T0	0 Hrs.	22.075 b <sup>§</sup>	13.225 a	35.300 b	1.929 a	0.785 a	2.713 a	9.250 bc	23.500 ab
	T1	2 Hrs.	20.625 ab	13.375 a	34.000 ab	1.661 a	0.764 a	2.425 a	9.500 c	23.625 ab
	T2	4 Hrs.	18.925 ab	12.050 a	30.975 ab	1.767 a	0.872 a	2.639 a	9.000 abc	24.125 ab
	T3	6 Hrs.	20.925 ab	13.375 a	34.300 ab	1.992 a	0.742 a	2.733 a	8.500 ab	25.000 b
	T4	8 Hrs.	17.575 a	9.825 a	27.400 a	1.507 a	0.601 a	2.108 a	9.000 abc	22.625 ab
	T5	10 Hrs.	18.500 ab	13.175 a	31.675 ab	1.646 a	0.843 a	2.489 a	8.250 a	22.000 a
AS 1x10 <sup>-4</sup> M	T6	0 Hrs.	24.150 a	16.725 b	40.875 a	2.497 a	1.171 a	3.668 a	9.000 a	26.125 ab
	T7	2 Hrs.	22.750 a	13.450 ab	36.200 a	2.092 a	0.953 a	3.045 a	9.000 a	25.375 ab
	T8	4 Hrs.	23.550 a	12.025 a	35.575 a	2.183 a	0.695 a	2.877 a	9.250 ab	24.625 a
	T9	6 Hrs.	22.325 a	15.350 ab	37.675 a	1.974 a	0.955 a	2.929 a	8.500 a	25.125 ab
	T10	8 Hrs.	24.925 a	15.100 ab	40.025 a	2.073 a	1.030 a	3.103 a	10.000 b	26.500 ab
	T11	10 Hrs.	27.125 a	16.550 ab	43.675 a	2.396 a	1.096 a	3.492 a	9.250 ab	27.250 b

PFA = Peso Fresco Aéreo, PFR = Peso Fresco Raíz, PFT = Peso Fresco Total, PSA = Peso Seco Aéreo, PSR = Peso Seco Raíz, PST = Peso Seco Total, NHOJAS = Número de Hojas, APTA = Altura de planta.

<sup>§</sup> Los promedios seguidos de las mismas literales no son diferentes entre si según una prueba DMS con p=0.05.

Cuadro 5.9. Evaluación de biomasa en planta de Lechuga.

Soluciones	Tratamientos	Horas de Exposición	V A R I A B L E S							
			PFA	PFR	PFT	PSA	PSR	PST	N HOJAS	A PTA
H <sub>2</sub> O	T0	0 Hrs.	36.750 a <sup>§</sup>	7.735 ab	44.125 ab	1.607 b	0.311 c	1.9179 c	11.00 b	19.000 ab
	T1	2 Hrs.	34.625 a	7.000 ab	41.625 ab	1.118 a	0.194 a	1.311 a	10.00 a	18.000 a
	T2	4 Hrs.	31.250 a	6.625 ab	37.875 a	1.129 a	0.274 bc	1.402 ab	9.750 a	19.750 b
	T3	6 Hrs.	33.875 a	6.250 a	40.125 ab	1.203 a	0.207 ab	1.410 ab	9.500 a	21.750 c
	T4	8 Hrs.	37.500 a	7.500 ab	45.000 b	1.466 ab	0.250 abc	1.716 abc	9.750 a	20.000 b
	T5	10 Hrs.	36.375 a	7.625 b	44.000 ab	1.465 ab	0.307 c	1.773 bc	10.25 ab	19.625 b
AS 1x10 <sup>-4</sup> M	T6	0 Hrs.	42.125 a	6.500 ab	48.625 a	1.964 b	0.399 a	2.363 b	11.500 b	18.125 a
	T7	2 Hrs.	45.125 a	8.475 b	53.600 a	1.447 ab	0.459 a	1.907 ab	11.000 ab	19.750 ab
	T8	4 Hrs.	41.125 a	7.750 ab	48.875 a	1.264 a	0.325 a	1.588 a	10.750 ab	20.500 b
	T9	6 Hrs.	38.750 a	6.875 ab	45.625 a	1.271 a	0.277 a	1.548 a	10.750 ab	20.000 ab
	T10	8 Hrs.	35.500 a	6.375 a	41.875 a	1.231 a	0.334 a	1.565 a	9.750 a	18.625 ab
	T11	10 Hrs.	40.500 a	7.375 ab	47.875 a	1.692 ab	0.372 a	2.064 ab	10.500 ab	18.750 ab

PFA = Peso Fresco Aéreo, PFR = Peso Fresco Raíz, PFT = Peso Fresco Total, PSA = Peso Seco Aéreo, PSR = Peso Seco Raíz, PST = Peso Seco Total, NHOJAS = Número de Hojas, APTA = Altura de planta.

<sup>§</sup> Los promedios seguidos de las mismas literales no son diferentes entre si según una prueba DMS con p=0.05.

## CONCLUSIONES

Se encontró un efecto positivo sobre la germinación al tratar las semillas con AS y ASS.

El crecimiento de las plántulas de tomate fue afectado negativamente por la exposición al AS y por al ASS, en este último caso el efecto no fue tan intenso. Tanto el AS como el ASS cambiaron el esquema de respuesta a la baja temperatura, generando una mayor sensibilidad de las plantas frente a este tipo de estrés.

El tiempo de exposición al AS en semillas de lechuga y tomate afecto negativamente la emergencia en la lechuga pero positivamente en el tomate con un óptimo entre las 2 y 4 horas de exposición.

La biomasa de las plántulas y plantas provenientes de la semilla tratada tendió a disminuir conforme se incrementó el tiempo de exposición. Lo contrario ocurrió con la altura de la plántula y de la planta que mostró tendencia a aumentar.

## LITERATURA CITADA

- Bourbouloux, A., P. Raymond, and S. Delrot. 1998. Effects of salicylic acid on sugar and amino acid uptake. *J. Exp. Bot.* 49:239-247.
- Cabeza Banda, A. 2001. Evaluación de los Ácidos Salicílico y Benzoico en el Cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Chen, Z., H. Silva, and R.F. Klessi. 1993. Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance by salicylic acid. *Science* 262:1883-1886.
- Draper, J. 1997. Salicylate, superoxide synthesis and cell suicide in plant defence. *Trends Plant Sci.* 2:162-165.
- Gutiérrez-Coronado, M.A., C. Trejo-López, and A. Larqué-Saavedra. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiol. Biochem.* 36:563-565.
- Hennig, J., J. Malamy, G. Gryniewicz, J. Indulski, and D.F. Klessig. 1993. Interconversion of the salicylic acid signal and its glucoside in tobacco. *Plant J.* 4:593-600.
- Isiordia, E., B. Núñez, X. Ortigoza, M.A. Gutiérrez C. 2000. Estudio del efecto de ácido salicílico en la estimulación de raíces y parte aérea de hortalizas en hidroponía bajo invernadero. Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. Notas Científicas. SOMEFI. Chapingo, México. p. 190.
- López Flores, J.M. 2001. Efecto del Ácido Salicílico y Peróxido de Hidrógeno en la Germinación y Biomasa de Cebolla y Tomate en Medio Salino. Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- López Tejeda, R., V. Camacho Rodríguez y M.A. Gutiérrez Coronado. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. *Terra* 16:43-48.

- Malamy, J., J.P. Carr, D.F. Klessig, and I. Raskin. 1990. Salicylic acid: a likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection. *Science* 250:1002-1004.
- Olvera Arellano, F. 2001. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y Acido Salicílico en la Germinación de Semillas de Melón en Medio Salino. Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Palafox Arenas, J.M. 2001. Evaluación de la Aplicación Foliar de Acido Salicílico y Benzóico sobre el Cultivo de Melón (*Cucumis melo* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43:439-463.
- Rüffer, M., B. Steipe, and M.H. Zank. 1995. Evidence against specific binding of salicylic acid to plant catalase. *FEBS Lett.* 377:175-180.
- Sanchez-Casas, 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.
- Villa de los Santos, M.A., A. Benavides Mendoza, M. Hernández Reyna, A. Sánchez Ruiz. 2000. Efecto del ácido salicílico sobre la biomasa de plántulas de lechuga sometidas a estrés hídrico. Reporte técnico inédito. Departamento de Horticultura, UAAAN.