

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO Y ÁCIDO BENZOICO EN LA
GERMINACIÓN Y BIOMASA DE BETABEL Y LECHUGA EN MEDIO
SALINO**

POR:

ÁNGEL ROBERTO SANTIAGO GUILLÉN

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Buenavista, Saltillo, Coah. México
Abril del 2002

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

**EFFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO Y ÁCIDO BENZOICO EN LA
GERMINACIÓN Y BIOMASA DE BETABEL Y LECHUGA EN MEDIO
SALINO**

POR:

ÁNGEL ROBERTO SANTIAGO GUILLÉN

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 Mendoza

Dr. Valentín Robledo Torres

ASESOR PRINCIPAL

SINODAL

M.C. Alberto Sandoval Rangel

M.C. Reynaldo Alonso Velasco

SINODAL

SINODAL

M.C. Reynaldo Alonso Velasco

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
Buenavista, Saltillo, Coah. México
Abril del 2002

De todas las ocupaciones de las que deriva beneficio no hay ninguna tan amable, tan saludable y tan merecedora de la dignidad del hombre como la AGRICULTURA.

CICERON.

DEDICATORIA

A mis PADRES

Edgar Santiago Hernández
Gloria Guillén Gordillo

Por ser dos hermosas personas de quienes siempre estaré orgulloso por su digno ejemplo de honradez, sencillez y calidad humana. Por que a través de sus buenos consejos, sacrificios y esfuerzos me demostraron que para salir adelante hay que luchar fuerte superando los obstáculos que la vida nos ponga en el camino.

A mis HERMANOS

José Alfredo

Lorena Margarita

Adrián

Edgar Marín

Por que sin su ayuda y consejos no hubiera podido cumplir una de mis metas y a quienes deseo siempre triunfen en la vida y sepan aprovechar el apoyo de nuestros padres.

A mis SOBRINOS

Eduardo
Leticia
Laura
Elizabeth

Por ser la alegría de la casa y la esperanza de la familia.

A mis CUÑADAS.

Paty y Ana Luisa.

Por que fueron parte importante en mi formación brindándome su apoyo y comprensión en cada momento de mi vida.

A mis ABUELITOS.

Adrián Santiago Vázquez. (+)

Amelia Hernández Solís. (+)

Prospero Guillén Pinto.

Margarita Gordillo Guillén.

Con mucho amor y respeto; en especial para mis abuelos (+).

AGRADECIMIENTOS

A Dios Nuestro Señor, por ser mi amigo incondicional, por escucharme y ayudarme a alcanzar la recompensa del mérito por el esfuerzo en la búsqueda de cada oportunidad, por todo el inmenso amor y por guiarme por buen camino en mi vida.....

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, moral y el amor que me han brindado.

A mis HERMANOS por estar conmigo en los momentos más difíciles, por todo ese apoyo incondicional y por sus grandes consejos y ejemplos.

A la Universidad Autónoma Agraria “ANTONIO NARRO” por permitirme terminar mis estudios y formarme como hombre de bien por esto y más mil gracias mi “ALMA MATER”.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza por transmitirme sus conocimientos y experiencias. Muchas ... Gracias... por el apoyo y facilidades brindadas para la realización de mi trabajo de tesis.

Gracias al Dr. Valentín Robledo Torres, por su valiosa colaboración en el análisis y revisión de este documento.

Al M.C. Alberto Sandoval Rangel, por sus consejos y su interés en el desarrollo de este trabajo.

Al M.C. Reynaldo Alonso Velasco, por brindarme su apoyo para la realización de este trabajo.

Al M.C. Salvador Ruelas García y a toda su apreciable familia muchas gracias por brindarme su amistad y por todo el apoyo que me brindaron en el transcurso de mi carrera.

A todos los maestros, que de alguna u otra forma intervinieron en mi formación profesional. En especial a los del departamento de Horticultura.

A todos mis compañeros y amigos de la Generación XCII por brindarme su amistad y apoyo durante todo el tiempo que compartimos nuestra estancia en la universidad.

A mis Amigos David, Juan, José Baldemar, José Olaf, Gerardo y Manuel. Por brindarme su amistad y su apoyo en los momentos difíciles de mi carrera.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS	lii
INDICE DE FIGURAS	lii
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	2
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Germinación de semillas	4
Definición	4
Requerimientos para la germinación	5
Proceso de germinación	5
Salinidad	6
Salinidad de los suelos.....	6
Sales solubles	8
Efecto de la salinidad en las plantas.....	9
Efecto de la salinidad en la germinación.....	9
Efecto de la salinidad en el desarrollo.....	10
Estrés.....	12
Estrés salino	12
Ácido salicílico.....	13
El ácido salicílico y daño oxidativo.....	15
Ácido Benzoico	17

MATERIALES Y METODOS	18
Localización del experimento.....	18
Material... ..	18
Metodología.....	19
Diseño experimental.....	19
Establecimiento del experimento.....	19
Descripción de los pretratamientos y los tratamientos.....	21
Variables evaluadas.....	22
Número de semillas germinadas....	22
Peso fresco.....	22
Peso seco.....	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
CONCLUSIONES	47
LITERATURA CITADA	48

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Número promedio de semillas germinadas de Betabel por caja petri para los diferentes pretratamientos y tratamientos aplicados.....	24
Cuadro 2. Número promedio de semillas germinadas de lechuga por caja petri para los diferentes pretratamientos y tratamientos aplicados.	30
Cuadro 3. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo en betabel.	35
Cuadro 4. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso seco raíz y aéreo en betabel.	36
Cuadro 5. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo en lechuga.	41
Cuadro 6. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso seco raíz y aéreo en lechuga.	42

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Valores promedio del número de semillas germinadas de betabel para cada pretratamiento en el nivel 0 mM de MgSO ₄ ...	26
Figura 2. Valores promedio del número de semillas germinadas de betabel para cada pretratamiento en el nivel 60 mM de MgSO ₄	27
Figura 3. Valores promedio del número de semillas germinadas de betabel para cada pretratamiento en el nivel 120 mM de MgSO ₄	28
Figura 4. Valores promedio del número de semillas germinadas de betabel para cada pretratamiento en el nivel 180 mM de MgSO ₄	29
Figura 5. Valores promedio del número de semillas germinadas de lechuga para cada pretratamiento en el nivel 0 mM de MgSO ₄	31
Figura 6. Valores promedio del número de semillas germinadas de lechuga para cada pretratamiento en el nivel 60 mM de MgSO ₄	32
Figura 7. Valores promedio del número de semillas germinadas de lechuga para cada pretratamiento en el nivel 120 mM de MgSO ₄	33
Figura 8. Valores promedio del número de semillas germinadas de lechuga para cada pretratamiento en el nivel 180 mM de MgSO ₄	34

Figura 9. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de betabel en el nivel 0 mM de $MgSO_4$	37
Figura 10. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de betabel en el nivel 60 mM de $MgSO_4$	38
Figura 11. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de betabel en el nivel 120 mM de $MgSO_4$	39
Figura 12. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de betabel en el nivel 180 mM de $MgSO_4$	40
Figura 13. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de lechuga en el nivel 0 mM de $MgSO_4$	43
Figura 14. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de lechuga en el nivel 60 mM de $MgSO_4$	44
Figura 15. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de lechuga en el nivel 120 mM de $MgSO_4$	45
Figura 16. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de lechuga en el nivel 180 mM de $MgSO_4$	46

RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coah. durante el periodo noviembre -diciembre del 2001.

Se evaluó el efecto del ácido salicílico y el ácido benzoico aplicados como pretratamientos a la semilla en forma exógena a concentraciones de 10^{-4} M y se determinó si estos tienen algún efecto en la germinación y biomasa de betabel y lechuga sometidos a estrés salino (60, 120 y 180 mM de $MgSO_4$).

Las semillas de betabel y lechuga fueron pretratadas por espacio de 4 horas en soluciones con ácido salicílico (AS) y ácido benzoico (AB), después se sembraron en cajas petri utilizando el $MgSO_4$ como medio salino de germinación, cuando lograron germinar se sembraron en charolas y se pasaron al invernadero para finalmente determinar la biomasa. El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar y las variables evaluadas fueron número de semillas germinadas, peso fresco aéreo, peso fresco raíz, peso seco aéreo y peso seco raíz.

Las semillas de betabel pretratadas con AS 10^{-4} M mostraron mejor germinación en $MgSO_4$ en el nivel mas bajo y el nivel mas alto de sal, para las semillas tratadas con AB 10^{-4} M únicamente presentaron mayor germinación en el nivel mas alto de sal. En cuanto a las plántulas provenientes de semillas pretratadas con AB y AS, estas mostraron un mejor crecimiento en el invernadero en comparación con las plántulas provenientes de semillas no pretratadas.

En la lechuga las semillas pretratadas con AS 10^{-4} M y AB 10^{-4} M presentaron mayor germinación en medio salino, en los niveles 60 y 120 mM de $MgSO_4$. En cuanto a las plántulas provenientes de semillas pretratadas con AS 10^{-4} M demostraron un pequeño aumento en el crecimiento. Por su parte las plántulas provenientes de semillas pretratadas con AB 10^{-4} M no demostraron ningún efecto positivo en cuanto al crecimiento en el invernadero.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la producción de hortalizas ha tomado gran importancia para nuestro país por la amplia superficie sembrada, la generación de divisas y además por ser una fuente de empleo para los productores ayudando a su economía familiar.

El estrés ambiental es una de las principales limitantes para el aumento de la productividad. Así mismo es determinante en 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 de las plantas, trayendo como consecuencia un mal desarrollo de la planta y poco rendimiento. La germinación irregular de semillas es uno de los procesos más afectados por este tipo de estrés.

Se sabe que el ácido salicílico (AS) es un compuesto encontrado en todos los tejidos de las plantas y que su concentración aumenta cuando las células u órganos de las plantas, son sometidos a la acción de alguna clase de estrés, bajo condiciones ambientales adversas que involucran daño oxidativo como es la patogénesis, el estrés por baja temperatura o el inducido por salinidad.

Así mismo con la utilización del AS en los últimos años, se ha demostrado en algunas investigaciones que su aplicación ayuda a disminuir algunos impactos negativos del estrés ambiental. Este ácido es una sustancia vegetal endógena que se puede aplicar de forma exógena ayudando a regular varias funciones de las plantas.

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.

Debido a lo anterior, resulta necesario realizar investigaciones con productos como el ácido salicílico o precursores como el ácido benzoico que aumenten la capacidad de respuesta de las plantas hacia los diferentes tipos de estrés tanto abiótico como biótico. En estudios realizados anteriormente en la UAAAN fue determinado que los dos compuestos mencionados incrementan la germinación en medio salino con NaCl, considerando esta problemática se llevó a cabo el presente trabajo planteando el siguiente.

OBJETIVO

- Determinar el efecto del ácido salicílico (AS) y ácido benzoico (AB) sobre la germinación de semillas y la biomasa de las plántulas de betabel y lechuga en condiciones de estrés salino inducido con sulfato de magnesio.

HIPOTESIS

Se sabe que el AS y el AB son señalizadores del estrés. Por lo tanto se espera que:

- Estos compuestos aplicados como pretratamiento a la semilla, ejerzan un efecto positivo sobre la germinación de betabel y lechuga en medio salino.

-Estos compuestos aplicados en la semilla modifiquen la biomasa de las plántulas.

REVISION DE LITERATURA

Germinación de semillas

Definición.

La germinación se define como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión y que son manifestaciones de la habilidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables en el suelo (Moreno 1976).

Desde el punto de vista morfológico, la germinación de la semilla se define como la reanudación del crecimiento activo en partes del embrión, lo cual provoca la ruptura de los tegumentos seminales y el brote de la nueva planta (Meyer et al., 1972; citado por Morales, 1992)

Es una serie compleja de cambios bioquímicos y fisiológicos que dan como resultado la iniciación del crecimiento y movilización de las sustancias de reserva dentro de la semilla, para ser utilizadas por el embrión en su crecimiento y desarrollo (Rojas 1959; citado por Morales 1992).

Las semillas al llegar a su madurez van sufriendo una disminución progresiva en el contenido de agua y este estado cercano a la desecación lo que da a la semilla longevidad y resistencia a múltiples variaciones del medio ambiente (Gemmell, 1971).

Requerimientos para la germinación.

Para que la germinación se inicie deben cumplirse ciertas condiciones: Primero la semilla debe ser viable, esto significa que debe estar bien constituida; el embrión debe estar vivo con capacidad para germinar y deben existir las suficientes sustancias de reserva. Segundo, las condiciones internas de la semilla deben ser favorables para la germinación, esto es, que las barreras físicas (testa dura, impermeable, etc.), fisiológicas y químicas (embrión rudimentario, inmaduro, presencia de sustancias inhibidoras, etc.), deben haber desaparecido. En tercer lugar, la semilla debe encontrarse en las condiciones ambientales apropiadas, tener suministro de agua y oxígeno apropiados, así como temperatura y en ocasiones luz, favorables (Hartman, 1982).

Proceso de germinación.

Cuando las condiciones anteriores se presentan, el proceso de germinación comienza. Se dice que la germinación de una semilla de una planta superior es el número de pasos consecutivos que causan que una semilla quiescente muestre

un aumento general en su actividad metabólica e inicie la formación de una plántula nueva (Mayer, 1982).

La mayoría de las especies siguen una secuencia de eventos durante la germinación, estos son: la imbibición, la activación de las enzimas, la iniciación del crecimiento del embrión, la ruptura de la testa de la semilla y la emergencia de la plántula (Copeland y McDonald, 1985).

Salinidad

Recientemente en México, los estudios sobre salinidad han adquirido mucha importancia, debido a que en las áreas que inicialmente se abrieron a la agricultura, no se cuidó el manejo del agua, suelo y cultivo, para garantizar niveles permisibles de salinidad a largo plazo, originando que en la actualidad, del total de hectáreas de riego abiertas al cultivo, mas del 30 % tengan problemas de sales en diferentes grados, con las consecuentes bajas en la productividad (Froto, 1987; citado por Guerra, 1993).

Salinidad de los suelos.

La acumulación de sales en la capa arable de los suelos causa una perdida parcial o completa de la productividad de los suelos. Este es un fenómeno mundial, las causas son múltiples y puede ser antropogénico o de origen natural (Gupta y Abrol, 1990).

Los problemas de salinidad en los suelos son muy comunes en las zonas áridas y semiáridas, pero los suelos afectados con sales también pueden estar presentes en las zonas con clima húmedo, especialmente en las costas (Abrol, 1986; Harris, 1990; Zekri y Parsons, 1992).

Más de 400 millones de hectáreas arables en el mundo están afectadas por la presencia de sales solubles en los suelos. En México, los suelos afectados con este tipo de problemas alcanzan una superficie aproximada al 30% del total del área cultivable (Zapata y Rodríguez, 1995; Pessarakli, 1991).

Aunque las condiciones necesarias para el desarrollo de los suelos afectados son las mismas, generalmente están relacionadas con la calidad del agua de riego y las propiedades del suelo, aun así el tipo y la intensidad puede variar de acuerdo con el clima, el manejo del agua y del suelo con los cultivos (Pla, 1988).

La salinidad de un suelo puede tener tres orígenes diferentes. En primer lugar que se trate de un asentamiento salino de por sí, es decir, suelos formados sobre yacimientos salinos, antiguas cuencas marinas, rocas que liberen gran cantidad de sales solubles, etc. En segundo término que exista una capa freática alta y con elevado contenido en sales, que acumula en el suelo cada vez que crece su nivel. Y en tercer lugar que la salinidad sea debida a los aportes salinos del agua de riego empleada (o a un aporte incontrolado de fertilizantes); esta última forma es la más grave y sobre ella podemos ejercer acciones de control (Alarcón, 2001).

Se estima que en México existen 800,000 has afectadas por drenaje deficiente y salinidad en diferentes grados. La CNA y la IMTA, en coordinación con diversas asociaciones de usuarios de distritos de riego, han implementado un programa para la rehabilitación de suelos en salitrados o con manto freático somero. Este programa se apoya en el uso de tecnología desarrollada por el instituto que involucra el empleo de imágenes de satélite y sensores electromagnéticos portátiles para seleccionar áreas afectadas por salinidad y drenaje deficiente, el diseño óptimo de redes de sistemas de drenaje parcelario y la aplicación de prácticas para la gestión de este tipo de suelo (CONACYT, 1999).

Sales solubles.

La fuente original y en cierto modo la más directa de la cual provienen las sales, son los minerales primarios que se encuentran en los suelos y en las rocas expuestas de la corteza terrestre. Durante el proceso de intemperización química, que comprende hidrólisis, hidratación, solución, oxidación y carbonatación estos contribuyentes generalmente son liberados, adquiriendo mayor solubilidad (Kuruvadi, 1992; citado por Guerra, 1993).

En los suelos, las sales solubles son transportadas por el agua. Esto es obvio, pero básico en el control de la salinidad. La salinidad es controlable si la calidad del agua de riego es satisfactoria y si se puede controlar igualmente el flujo del agua a través del suelo, en lo que se conoce como lavado de suelo, que

incluso es posible realizarlo con agua salina y mejoradores químicos para mantener bajas las concentraciones de sales y evitar el incremento de éstas (Díaz, 1989; citado por Guerra, 1993).

Efecto de la Salinidad sobre las Plantas

Muchos experimentos han demostrado la estrecha relación existente entre el crecimiento de las plantas y la presión osmótica de la solución nutritiva. La concentración total de las partículas de soluto en la solución, mas que su naturaleza química, es la causa principal de los efectos de inhibición que las soluciones salinas tienen sobre el desarrollo de las plantas de cultivo. Existe evidencia de la influencia que la concentración osmótica tiene sobre la absorción de agua por las raíces, además de la presión osmótica de la solución (Christiansen y Lewis, 1987; citados por Guerra, 1993).

Efecto de la Salinidad en la Germinación.

La salinidad produce una disminución en el porcentaje de semillas germinadas y un aumento en el tiempo de germinación y emergencia, así como una disminución de la tasa de absorción de agua por las semillas en germinación (Guerra, 1993).

Según Aceves, (1979) bajo condiciones de salinidad, uno de los principales problemas es obtener un porcentaje de germinación adecuado. Estas condiciones

deben considerarse ya que si el porcentaje de germinación es bajo, el cultivo puede fracasar o elevar los costos por resiembra.

Niveles moderados de sales en el suelo generalmente retardan la germinación sin afectar el porcentaje de la misma, pero concentraciones elevadas retardan la germinación y además afectan notablemente el porcentaje de emergencia, dependiendo del cultivo. A menudo la germinación se ve afectada porque las sales se acumulan en la capa superficial del suelo y las semillas pueden verse expuestas a concentraciones varias veces mayores a las que se encuentran en la zona de las raíces en etapas posteriores del desarrollo (Aceves, 1979).

En general las plantas son más susceptibles a la salinidad durante la germinación, que en las últimas etapas de desarrollo (Guerra, 1993).

Efecto de la Salinidad en el Desarrollo.

La forma en que las plantas responden a las condiciones de un suelo salino es variable y también depende de su estado de desarrollo. En ciertas ocasiones una planta puede ser no tolerante a cierta clase específica de ión cuando este se acumula y sufre una reducción en su crecimiento debido a la toxicidad que le produce el ión (Curso de Edafología, 1990).

Aceves, (1979) propone la siguiente hipótesis: “Las plantas bajo condiciones de salinidad no crecen ya que la división celular se ve afectada y la pared celular pierde prematuramente su plasticidad debido a que las sales propician la aparición en ella, de sustancias que le dan rigidez e impiden el crecimiento. Esto trae como consecuencia que bajo estas condiciones se tengan plantas con menos células y además de tamaño reducido, por lo que las plantas tienen menor área foliar y como consecuencia una menor transpiración, menor área fotosintética, un tallo reducido y como resultado menor rendimiento de materia seca por planta”.

Cuando un cultivo se desarrolla en suelos salinos, las plantas usualmente presentan achaparramiento, con una variabilidad considerable en su tamaño; el follaje es de color verde o verde-azulado profundo y se ven manchones sin plantas. Sin embargo, estas características no son indicaciones infalibles de salinidad, por ejemplo, los manchones sin plantas pueden presentarse en terrenos no salinos debido a su deficiente nivelación, o a deficiencias nutritivas (Kuruvadi, 1992; citado por Guerra, 1993).

Estrés

Salisbury, (1999) dice que el estrés biológico reside en cualquier alteración en las condiciones ambientales que pueden reducir o influir de manera adversa en

el crecimiento o desarrollo de una planta (en sus funciones normales). Cuando las condiciones ambientales son tales que la planta responde de manera máxima a algún factor, este factor no le origina estrés. Cualquier cambio de las condiciones ambientales que resulte en una respuesta de la planta que sea menor a la óptima puede considerarse como estresante.

Estrés salino.

La presencia de concentraciones de sal elevadas en el suelo es un factor de estrés común e importante en los desiertos pero no solo en ellos, la salinidad del suelo también restringe el crecimiento en muchas regiones templadas. Millones de hectáreas utilizadas para la producción se han perdido a medida que la sal del agua de riego se acumula en el suelo. En estas áreas, una planta enfrenta dos problemas: tener que obtener agua de un suelo que tiene un potencial osmótico negativo y tener que vérselas con las elevadas concentraciones, potencialmente tóxicas, de iones de sodio, carbonato y cloro. Algunas plantas cultivadas (por ejemplo, remolachas, jitomates, centeno) son más tolerantes a sales que otras (por ejemplo, cebollas y chícharos) y muchos cultivos tienen variedades que son relativamente tolerantes a las sales. (Salisbury, 1999).

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 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}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 cáscara hay incremento de biomasa y fructificación. El AS aplicado en hidroponía en concentraciones de 10^{-4} a 10^{-8} M., estimula incrementos positivos en el desarrollo de parte aérea y raíz de plántulas de tomate, papayo, tomate de cáscara 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 glucósidos, 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-amonioliasa (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 daño 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, 1992). 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.

López - Delgado *et al.* (1998) obtuvieron termotolerancia en microplantas de Papa desarrolladas en medio de cultivo con ácido acetilsalicílico en concentración de 10^{-6} a 10^{-5} M. Al parecer parte del efecto protector del AS se relaciona con su capacidad para inducir la expresión de las proteínas de choque térmico en las células vegetales, hecho demostrado en cultivos celulares de tomate por Cronjé y Bornman (1999). Por otro lado, se consiguió un aumento significativo en la tolerancia a la carencia de agua en plántulas de col y tomate al aplicarles una aspersión de ácido benzoico 10^{-4} M. Asimismo, la aplicación de AS como

pretratamiento de la semilla (10^{-4} M por 6 horas) aumentó el éxito de germinación de las semillas de melón en soluciones de NaCl (Olvera Arellano 2001).

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 (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-Casas y Klessig, 1994).

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.

Ácido Benzoico

El ácido benzoico es precursor biosintético del ácido salicílico (Raskin, 1992). Este compuesto fue probado en diferentes cultivos como la papa (Cabeza Banda, 2001) y el melón (Palafox Arenas, 2001) encontrándose que aumenta la tuberización y el crecimiento de la planta, respectivamente. Mayor cantidad de información sobre la aplicación de este compuesto en plantas no se encontró en la literatura y bases de datos consultadas.

MATERIALES Y METODOS

Localización del Experimento

El presente trabajo se llevó a cabo durante el periodo Noviembre-Diciembre del 2001 en el Laboratorio de Fisiología y en el invernadero 3 del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coah.

Material

Se utilizó semilla de *Lactuca sativa* variedad comercial Great Lakes y *Beta vulgaris* variedad comercial Beed Seed.

La sal utilizada para regar los sustratos fue Sulfato de Magnesio ($MgSO_4$) con un peso molecular de 246.47 gr/ml, utilizado a diferentes concentraciones (60, 120 y 180 mM), para el testigo se utilizó únicamente agua destilada, también se utilizó ácido salicílico (AS) y ácido benzoico (AB) y vasos de precipitado para el pretratamiento.

Como cámara se utilizó una estufa germinadora de alta capacidad para la incubación de las semillas durante la germinación.

Los medios de germinación que se usaron fueron, sustratos de papel filtro dentro de una caja petri, y para el crecimiento de las plántulas se utilizó como sustrato; peat moss (Sunshine No. 3) y charolas de poliestireno expandido de 200 cavidades.

Metodología

Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar con 3 pretratamientos, 4 tratamientos y 3 repeticiones dando un total de 36 unidades

experimentales por cada especie vegetal. Sobre los datos se llevaron a cabo análisis de varianza y separación de medias con la prueba DMS.

Establecimiento del experimento.

Se inicio con la realización de pruebas preliminares de salinidad con sulfato de magnesio ($MgSO_4$) a diferentes concentraciones (0, 100 y 200 mM); con los resultados obtenidos se eligió un rango de concentración de salinidad para los trabajos posteriores.

Se sometió a las semillas de betabel y lechuga a un pretratamiento con ácido salicílico (AS) y ácido benzoico (AB) a concentraciones de 10^{-4} M, para el testigo se utilizo únicamente agua destilada manteniéndose sumergidas las semillas durante 4 horas en las soluciones mencionadas. La razón de utilizar esas concentraciones radica en que son las reportadas como encontradas en células que se mantienen bajo estrés.

Posteriormente las semillas de cada pretratamiento se lavaron con agua destilada y se colocaron 35 semillas en cada caja petri de plástico con papel filtro como sustrato, se humedecieron con las soluciones de $MgSO_4$ a diferentes concentraciones (60, 120 y 180 mM), para el testigo se utilizo únicamente agua destilada, funcionando de esta manera como medio salino de germinación, las semillas fueron mantenidas durante 7 días en este medio, dentro de una cámara de incubación (FORMA/SCIENTIFIC, Marietta Ohio, modelo 3282) a una

temperatura constante de 26°C. realizando el conteo de semillas germinadas todos los días en que duro el experimento, considerando como semilla germinada aquella que había logrado la emergencia de la radícula (germinación fisiológica).

Después de realizar el pretratamiento a las semillas y observar su germinación durante siete días, se transplantaron las pequeñas plántulas de cada tratamiento en charolas de poliestireno expandido de 200 cavidades, con peat moss (Sunshine No. 3) como sustrato, se colocó una plántula o semilla pregerminada por cavidad dejando libre la hilera de la orilla y otra entre cada pretratamiento; se utilizó una charola por tratamiento incluyendo el testigo.

Las charolas fueron marcadas en los costados con cada tratamiento y pretratamiento respectivamente.

Después fueron llevadas al invernadero 3 del departamento de Horticultura en donde se colocaron en una cama flotante, construida con marcos de madera y plástico. En estas camas flotantes se agregó solución nutritiva Douglas durante el desarrollo de la plántula, luego se procedió a realizar el análisis de biomasa que consistió en seleccionar 5 plántulas por pretratamiento que forman un total de 15 por cada tratamiento para las dos especies a evaluar, después de limpiar completamente la raíz de sus excedentes de sustrato, se llevaron al laboratorio en donde se peso por separado parte aérea y raíz esto en peso en fresco. Después las plántulas fueron secadas en una estufa para pesar de nuevo parte aérea y raíz.

Descripción de los pretratamientos y tratamientos.

P1. Testigo (agua)

P2. AS 10^{-4} M

P3. AB 10^{-4} M

T1. Testigo (agua)

T2. 60 mM $MgSO_4$

T3. 120 mM $MgSO_4$

T4. 180 mM $MgSO_4$

Variables evaluadas

- Numero de semillas germinadas
- Peso fresco de la raíz (PFR)
- Peso fresco aéreo (PFA)
- Peso seco de la raíz (PSR)
- Peso seco aéreo (PSA)

Número de Semillas Germinadas.

En lo que respecta a esta variable, el conteo se inicio a partir del día 3 hasta el día 7 después de la siembra, cada caja petri que contenía 35 semillas fue contabilizada por separado, contando el número de semillas germinadas. Se consideró germinada una semilla cuando esta mostró emisión de la radícula.

Peso fresco.

Para determinar el peso fresco se procedió a lavar perfectamente las raíces hasta eliminar partículas adheridas del sustrato separando la parte aérea de la raíz para pesarlas planta por planta de cada tratamiento, en una balanza analítica (OAHUS).

Peso seco.

Para la determinación de peso seco, las muestras utilizadas para el peso fresco se colocaron por separado en bolsas de papel y fueron secadas a 60°C en una estufa MAPSA modelo HDP334. Siguiendo el mismo procedimiento que en el peso fresco, se pesaron por separado parte aérea y raíz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se anotan a continuación.

Germinación en Betabel.

Se llevó a cabo inicialmente un análisis de varianza global que incluyó especies, tratamientos, pretratamientos y fechas de muestreo. Los resultados indicaron grandes diferencias en la respuesta entre especies y por ello se decidió

realizar un análisis por separado para cada especie. Los datos correspondientes para el betabel aparecen en la siguiente serie de cuadros y gráficas.

Cuadro 1. Número promedio de semillas germinadas de Betabel por caja petri para los diferentes pretratamientos y tratamientos aplicados.

Tratamientos	Pretratamientos		
	Agua	AS 10 ⁻⁴ M	AB 10 ⁻⁴ M
0 mM de MgSO ₄	11.3333 a *	13.0000 a	7.0000 a
60 mM de MgSO ₄	9.6667 b	3.3333 a	2.0000 a
120 mM de MgSO ₄	11.6667 b	3.0000 a	3.0000 a
180 mM de MgSO ₄	5.3333 a	7.0000 a	15.0000 a

* Los tratamientos seguidos de la misma literal no son diferentes de acuerdo a una prueba DMS ($\alpha=0.05$).

Al separar especies y tratamientos se observa el efecto de cada pretratamiento en un nivel específico de concentración salina (Cuadro 1), para el primer nivel o tratamiento testigo no se encontró diferencia significativa, mostrando sin embargo el AS 10⁻⁴ M un aumento en la germinación, para el tratamiento 60 mM de MgSO₄ se encontró una diferencia significativa a favor del pretratamiento testigo que fue el que presentó el valor más alto de germinación seguido de los pretratamientos AS y AB que se comportaron iguales estadísticamente, en el tratamiento 120 mM de MgSO₄ se demostró que el mejor pretratamiento fue el testigo mostrando una alta diferencia significativa sobre los pretratamientos AS y AB que son estadísticamente iguales, en cuanto al tratamiento 180 mM de MgSO₄ no se encontró ninguna diferencia significativa, sin embargo se puede observar

como el pretratamiento AB 10^{-4} M demostró un aumento en el promedio de germinación.

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE BETABEL EN MEDIO SALINO.

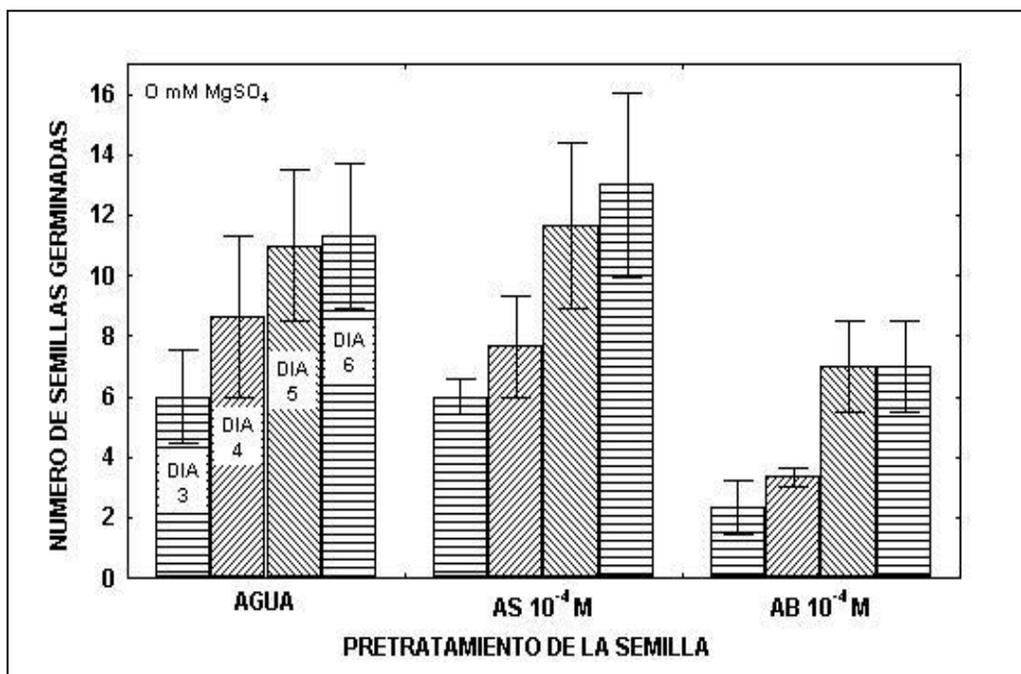


Figura 1. Valores promedio del número de semillas germinadas de betabel para cada pretratamiento en el nivel 0 mM de MgSO₄.

En la Figura 1 se puede observar como el pretratamiento AS 10⁻⁴ M aumento el número de semillas germinadas respecto al testigo y al AB 10⁻⁴ M que fue el peor para este nivel de sal.

Esto concuerda con trabajos realizados con semillas de tomate en donde las semillas tratadas con AS indicaron que este compuesto, en concentración 1x10⁻⁵ 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). Es posible que este efecto sea debido a que tanto el AS como su precursor AB se encuentren en la vía de transducción de las señales de estrés generadas por la salinidad en plantas y semillas. Los efectos específicos observados para cada nivel de salinidad son difíciles de explicar sin contar con los datos de absorción de AS y AB por las semillas y los perfiles electroforéticos de proteínas inducidas tanto por el AS y el AB como por los diferentes niveles de salinidad.

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE BETABEL EN MEDIO SALINO.



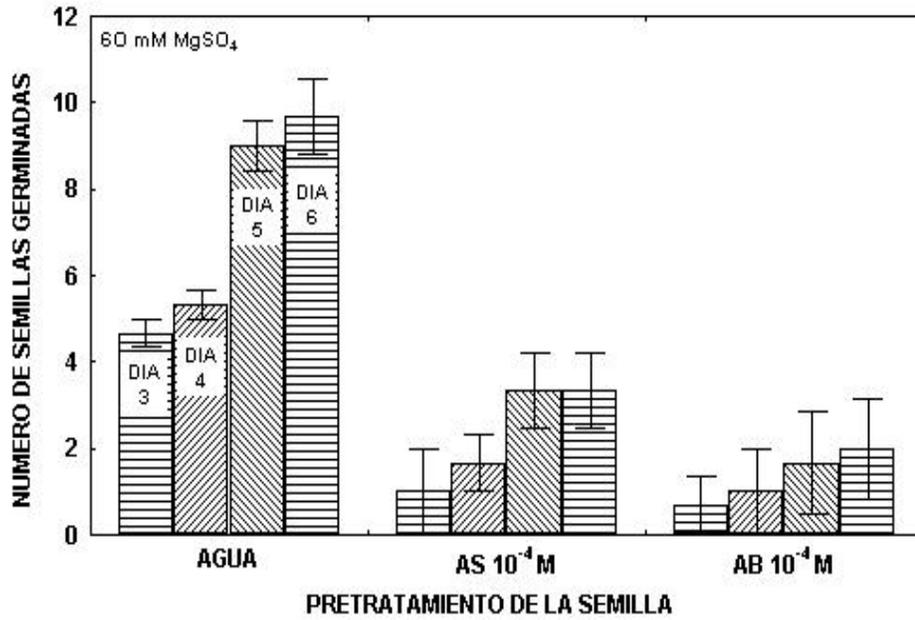
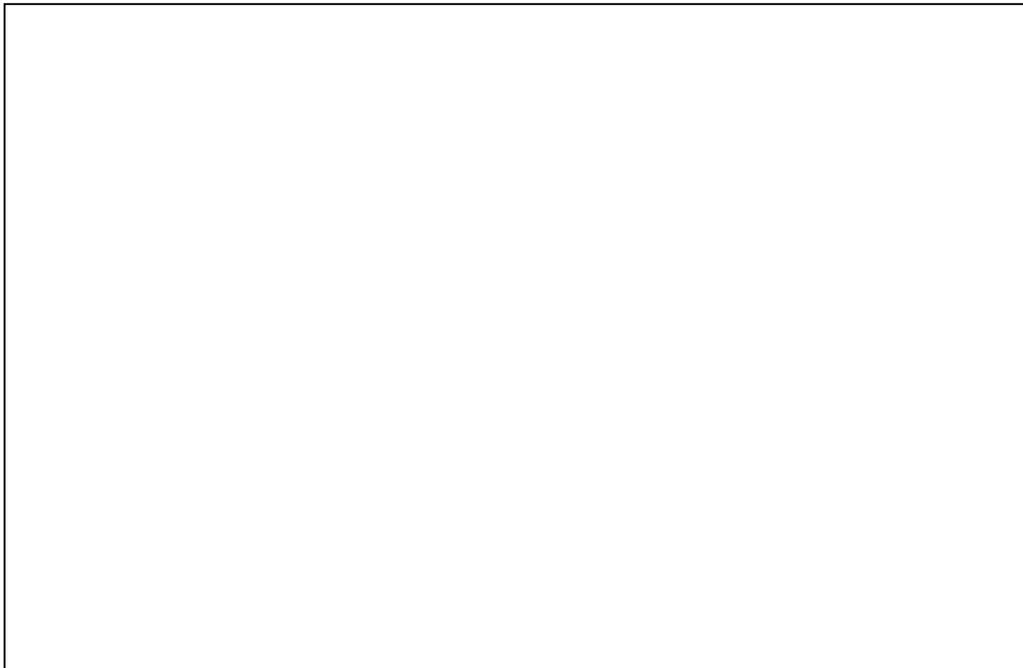


Figura 2. Valores promedio del número de semillas germinadas de betabel para cada pretratamiento en el nivel 60 mM de MgSO₄.

En la Figura 2 se ve claramente como el pretratamiento testigo adelanto la germinación desde los primeros días, obteniendo una diferencia significativa sobre el AS 10⁻⁴ M y AB 10⁻⁴ M que fueron los que menor efecto tuvieron.

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE BETABEL EN MEDIO SALINO.



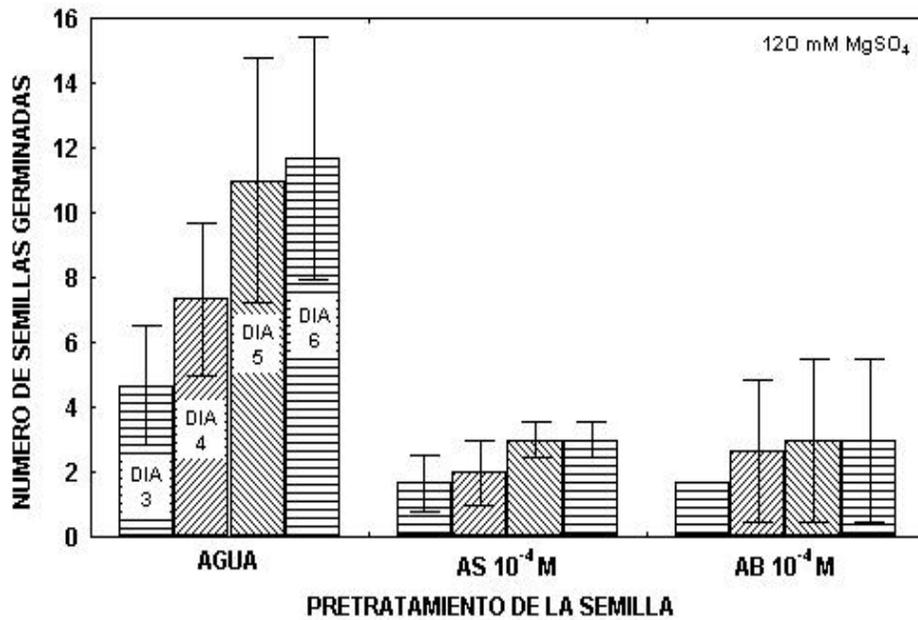


Figura 3. Valores promedio del número de semillas germinadas de betabel para cada pretratamiento en el nivel 120 mM de MgSO₄.

Similar a la Figura anterior, en la concentración de 120 mM de MgSO₄ (figura 3) el testigo adelantó la germinación de una manera muy significativa respecto a los pretratamientos AS 10⁻⁴ M y AB 10⁻⁴ M que mostraron tener un menor efecto.

El AS 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).

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE BETABEL EN MEDIO SALINO.

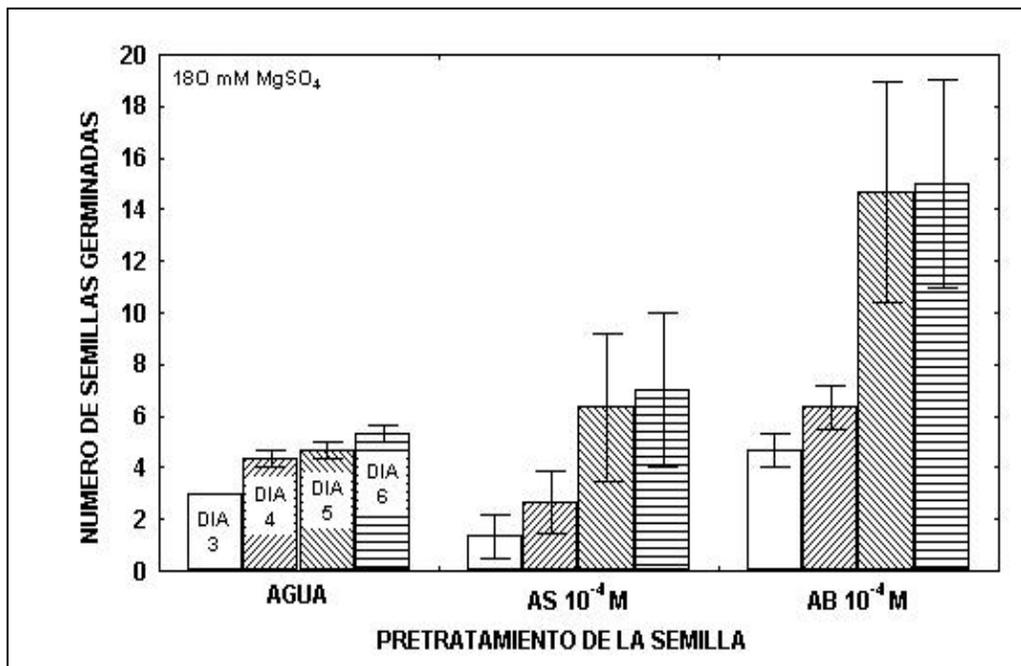


Figura 4. Valores promedio del número de semillas germinadas de betabel para cada pretratamiento en el nivel 180 mM de MgSO₄.

En la Figura 4 se puede ver claramente que el AB 10⁻⁴ M adelanto la germinación desde el primer día, respecto al testigo y el AS 10⁻⁴ M que en esta ocasión fueron los peores.

Estos resultados nos indican que el ácido benzoico tiene cierta influencia sobre la germinación de las plantas manifestándose a concentraciones mas altas de salinidad. Este resultado concuerda con la hipótesis planteada al inicio del trabajo y parece indicar que los compuestos en la vía de los fenilpropanoides participan de alguna forma en la señalización del estrés salino.

Germinación en Lechuga.

De la misma manera que en betabel, en el Cuadro 2 se presenta un resumen del efecto de los pretratamientos sobre cada nivel de salinidad; sin embargo para mayor claridad, también se representa en las figuras siguientes:

Cuadro 2. Número promedio de semillas germinadas de lechuga por caja petri para los diferentes pretratamientos y tratamientos aplicados.

Tratamientos	Pretratamientos		
	Agua	AS 10 ⁻⁴ M	AB 10 ⁻⁴ M
0 mM de MgSO ₄	34.0000 a *	34.0000 a	34.0000 a
60 mM de MgSO ₄	32.6667 ab	32.0000 a	33.6667 b
120 mM de MgSO ₄	26.3333 a	32.6667 b	34.3333 b
180 mM de MgSO ₄	1.6667 a	0.6667 a	6.0000 a

* Los tratamientos seguidos de la misma literal no son diferentes de acuerdo a una prueba DMS ($\alpha=0.05$).

En el Cuadro 2, al separar especies y tratamientos se observa el efecto de cada pretratamiento en un nivel específico de concentración salina, encontrando que para el primer nivel o tratamiento testigo, no se encontró diferencia en el efecto de los pretratamientos, para el tratamiento 60 mM de MgSO₄ el que obtuvo mayor efecto sobre la germinación fue el pretratamiento AB y el testigo aunque numéricamente son diferentes pero estadísticamente iguales, el peor pretratamiento es el AS aunque es igual al pretratamiento testigo pero diferente al AB de acuerdo a la prueba DMS ($\alpha=0.05$). En el tratamiento 120 mM de MgSO₄ los mejores pretratamientos fueron el AB y el AS aunque numéricamente son diferentes pero estadísticamente iguales, el peor fue el pretratamiento testigo con el valor más bajo de germinación, en lo que se refiere al tratamiento 180 mM de

MgSO₄ no se encontró diferencia significativa, aunque numéricamente fueron mejores los pretratamientos AS y AB.

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LECHUGA EN MEDIO SALINO.

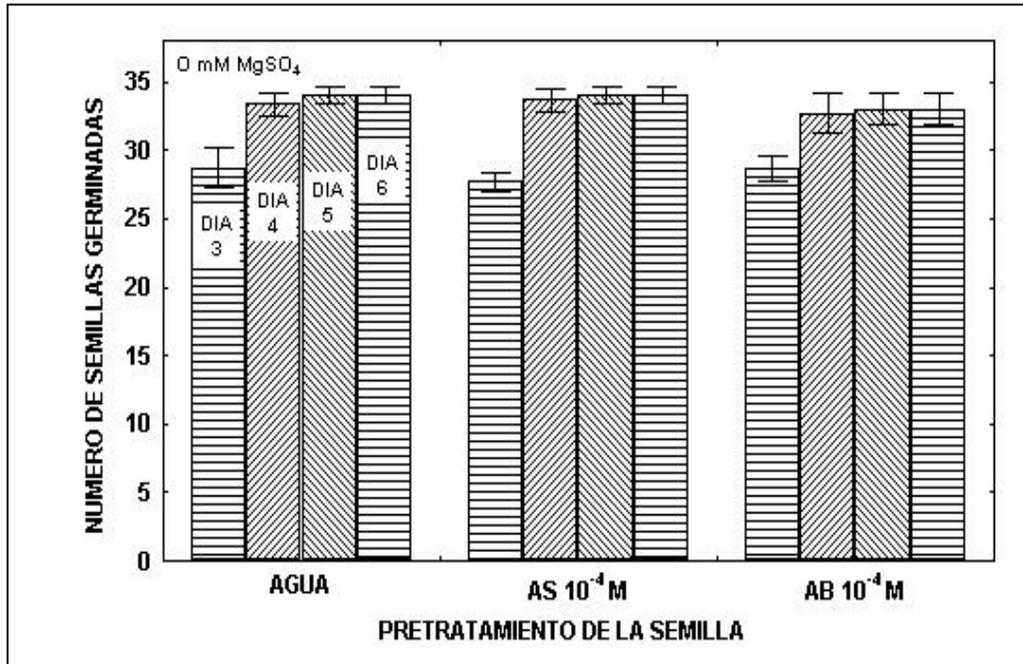


Figura 5. Valores promedio del número de semillas germinadas de lechuga para cada pretratamiento en el nivel 0 mM de MgSO₄.

En la Figura 5 se puede observar como desde el primer día de muestreo se obtuvo una alta germinación, pero no se encontró diferencia estadística entre el efecto de los pretratamientos para el nivel 0 mM de MgSO₄. observándose una pequeña diferencia numérica hacia abajo para el AB 10⁻⁴ M.

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LECHUGA EN MEDIO SALINO.



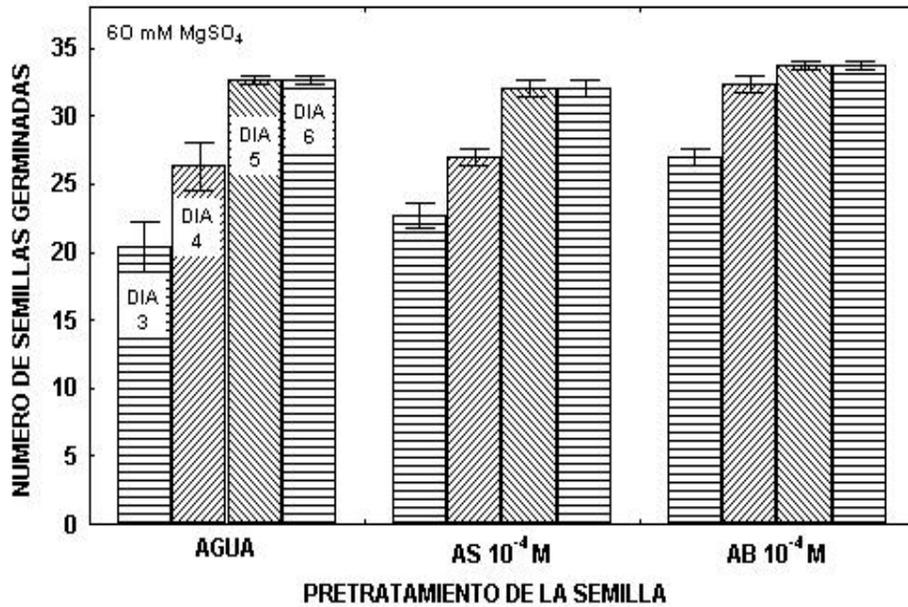


Figura 6. Valores promedio del número de semillas germinadas de lechuga para cada pretratamiento en el nivel 60 mM de MgSO₄.

Para la Figura 6 podemos observar como el AB 10⁻⁴ M adelanto la germinación desde el primer día de nuestro muestra manifestando con ello una diferencia sobre el AS 10⁻⁴ M y el testigo, para los primeros días siendo casi alcanzado finalmente en los últimos días.

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LECHUGA EN MEDIO SALINO.



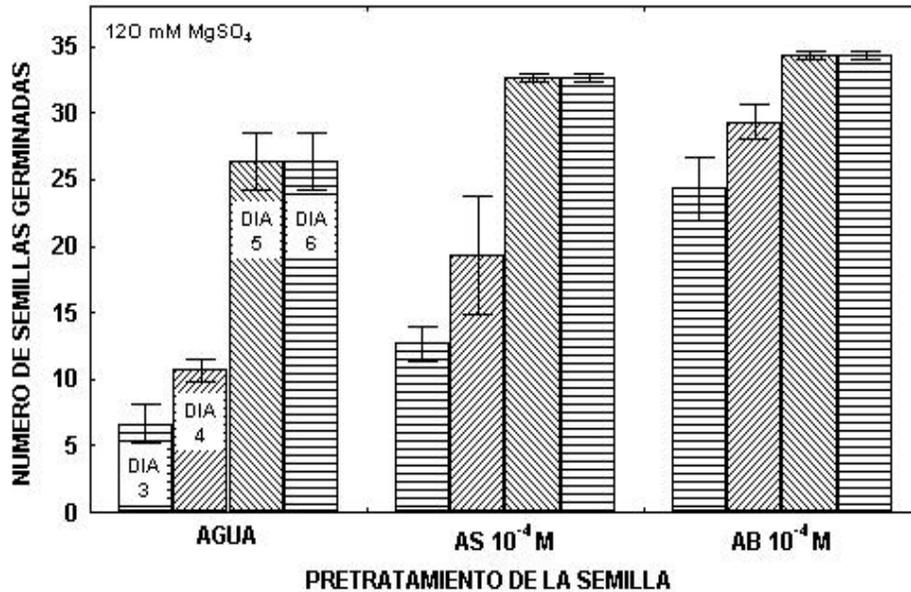


Figura 7. Valores promedio del número de semillas germinadas de lechuga para cada pretratamiento en el nivel 120 mM de MgSO₄.

Similar a la Figura anterior en la concentración 120 mM de MgSO₄ en la Figura 7 se observa un adelanto en la germinación desde el primer día de muestreo por el AB 10⁻⁴ M obteniendo con ello un mejor efecto y alcanzando una diferencia estadística sobre el AS 10⁻⁴ M y el testigo .

Esto concuerda con los resultados obtenidos por (Vera de Jesús, 2002) quien observó que el pretratamiento de semillas de lechuga con AS y ASS en bajas concentraciones favorecieron la velocidad de germinación desde el primer día de registro. Es posible que la inducción de mayor germinación dependa de la habilidad reportada de los salicilatos para producir especies activas de oxígeno en los tejidos vegetales (Raskin, 1992), respuesta que se sabe aumenta la habilidad germinativa de semillas.

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LECHUGA EN MEDIO SALINO.

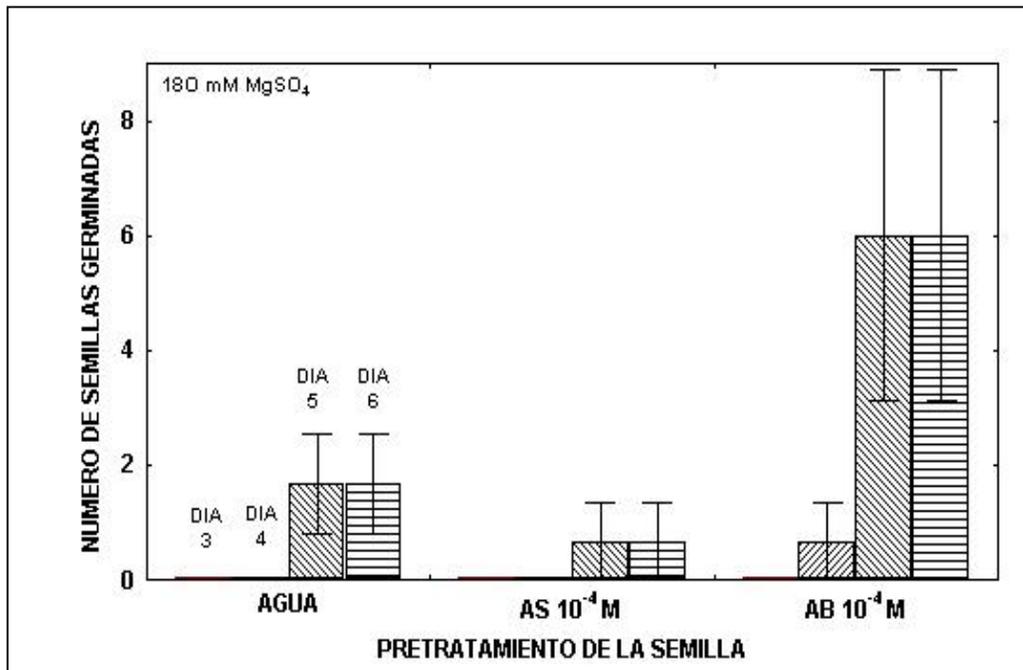


Figura 8. Valores promedio del número de semillas germinadas de lechuga para cada pretratamiento en el nivel 180 mM de MgSO₄.

Para 180 mM de MgSO₄ Figura 8 hubo muy pocas semillas germinadas aun así, se observa una gran diferencia significativa del pretratamiento AB 10⁻⁴ M siendo este el mas alto de todos los pretratamientos, seguido por el testigo que tubo mejores resultados pero no significativos referente al AS 10⁻⁴M.

Como mencionamos anteriormente se cree que el ácido benzoico tiene cierta influencia sobre la germinación de las plantas manifestándose a concentraciones mas altas de salinidad.

Biomasa en Betabel.

Cuadro 3. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo en betabel.

Pretratamientos	PFR[§]	PFA	PFT
Agua	0.0266 a *	0.0489 a	0.0755 a
AS 10⁻⁴ M	0.0316 a	0.0591 a	0.0907 ab
AB 10⁻⁴ M	0.0385 a	0.0684 a	0.1069 b

[§] PFA es peso fresco aéreo, PSA es peso seco aéreo, PFR es peso fresco raíz y PSR es peso seco raíz.

* Los tratamientos seguidos de la misma literal no son diferentes de acuerdo a una prueba DMS ($\alpha=0.05$).

Al observar el efecto de cada pretratamiento sobre las variables evaluadas en el Cuadro 3, para el peso fresco raíz estadísticamente no se obtuvo diferencia significativa pero numéricamente fue mejor el AB 10⁻⁴ M y el peor fue el testigo (agua), . En cuanto al peso fresco aéreo no se encontró diferencia entre los pretratamientos pero numéricamente fue mejor el AB 10⁻⁴ M, seguido por el AS 10⁻⁴ M y respectivamente. Al efectuar la comparación para el total del peso fresco se encontró diferencia significativa a favor del AB 10⁻⁴ M y el AS 10⁻⁴ M, el peor fue el testigo.

Cuadro 4. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso seco raíz y aéreo en betabel.

Pretratamientos	PSR[§]	PSA	PST
Agua	0.0026 a *	0.0043 a	0.0069 a
AS 10⁻⁴ M	0.0026 a	0.0049 a	0.0076 a
AB 10⁻⁴ M	0.0030 a	0.0049 a	0.0079 a

[§] PFA es peso fresco aéreo, PSA es peso seco aéreo, PFR es peso fresco raíz y PSR es peso seco raíz.

* Los tratamientos seguidos de la misma literal no son diferentes de acuerdo a una prueba DMS ($\alpha=0.05$).

Similar a lo obtenido en el Cuadro 3, se observa en el Cuadro 4 el efecto de cada pretratamiento sobre las variables evaluadas, para el peso fresco raíz estadísticamente no se obtuvo diferencia significativa pero numéricamente fue mejor el AB 10⁻⁴ M, el peor fue el testigo. En cuanto al peso fresco aéreo no se encontró diferencia entre los pretratamientos pero numéricamente fueron mejores el AB 10⁻⁴ M y el AS 10⁻⁴ M, el testigo fue el peor. Al realizar la comparación para el peso fresco total no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos.

EFFECTO DE LOS PRETRATAMIENTOS SOBRE CADA TRATAMIENTO PARA BETABEL.

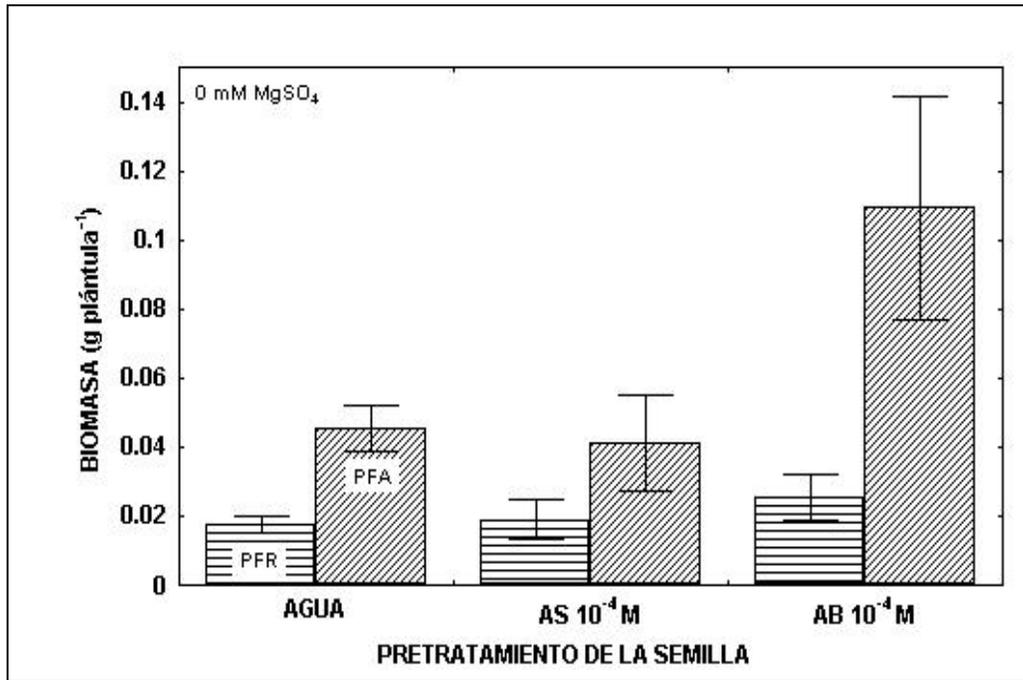


Figura 9. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de betabel en el nivel 0 mM de MgSO₄.

En la Figura 9 se observa claramente como el AB 10⁻⁴ M demostró mayor peso en cuanto al peso fresco tanto para raíz como aéreo, manifestándose de una manera significativa sobre el peso fresco aéreo respecto al los demás pretratamientos

EFFECTO DE LOS PRETRATAMIENTOS SOBRE CADA TRATAMIENTO PARA BETABEL.

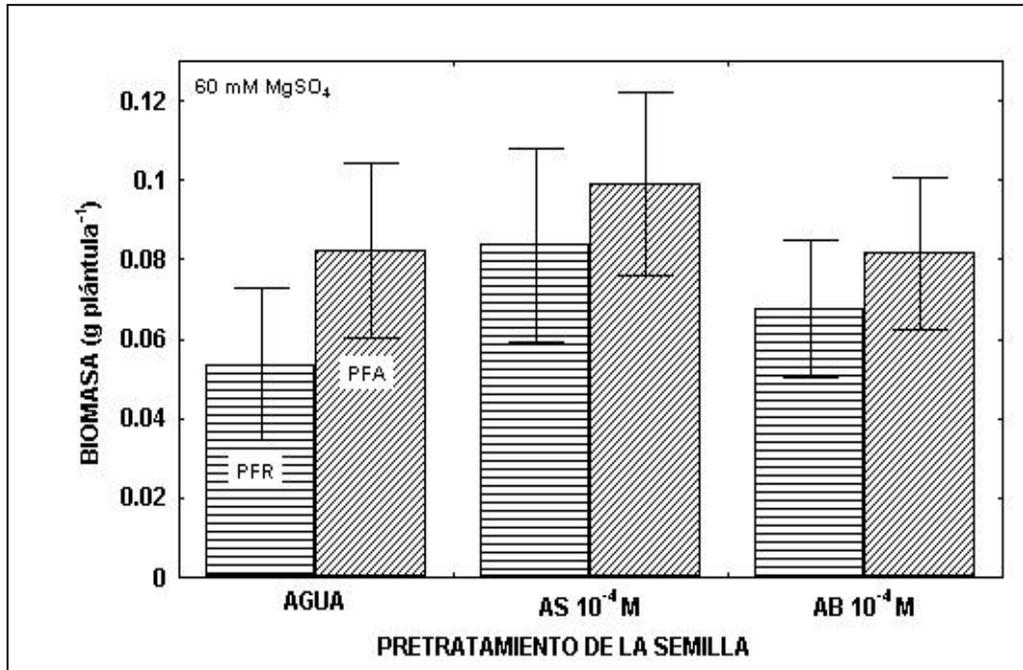


Figura 10. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de betabel en el nivel 60 mM de MgSO₄.

Para el nivel 60 mM de MgSO₄ en la Figura 10 se puede observar como el peso fresco tanto de raíz como aéreo se dio de una manera mas regular para todos los pretratamientos sobresaliendo un poco el AS 10⁻⁴ M en cuanto al valor promedio.

EFFECTO DE LOS PRETRATAMIENTOS SOBRE CADA TRATAMIENTO PARA BETABEL.

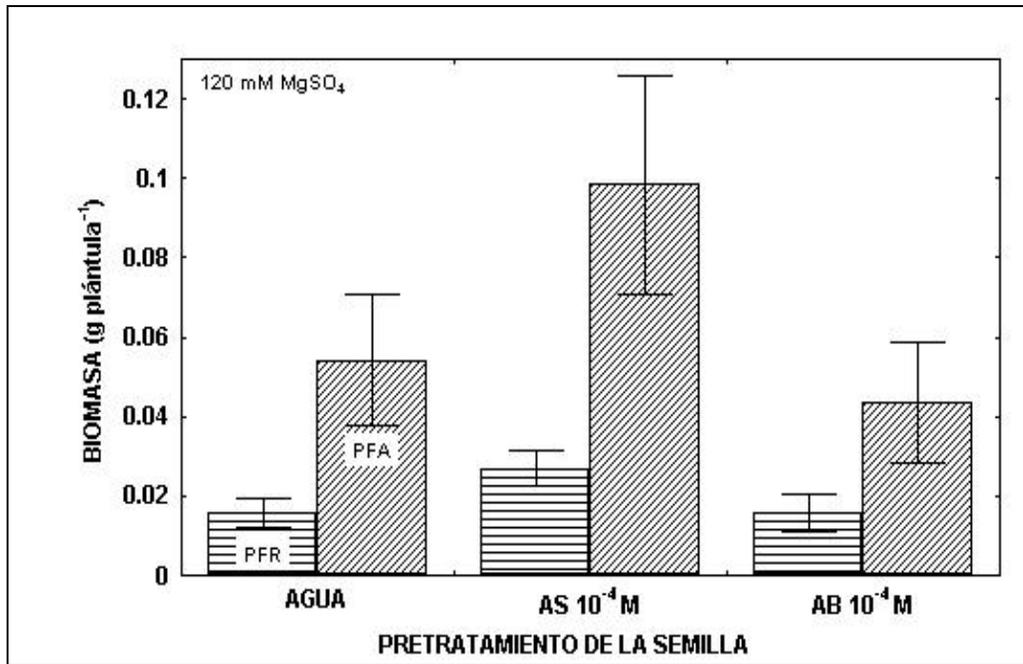


Figura 11. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de betabel en el nivel 120 mM de MgSO₄.

Para la Figura 11 se observa como hubo un pequeño aumento en el peso fresco raíz para el AS 10⁻⁴ M aunque no se obtuvo diferencia entre los pretratamientos para esta variable, para el peso fresco aéreo se obtuvo una diferencia significativa del AS 10⁻⁴ M sobre el AB 10⁻⁴ M, no así para el testigo que alcanzo el mismo efecto.

En otros trabajos al aplicar el AS en forma exógena en concentración de 10⁻² y 10⁻⁸ M aumento la biomasa de plantas de soya (Gutiérrez – Coronado *et al.*, 1998) y el rendimiento de trigo (López Tejada *et al.*, 1998). Parecido al resultado que se presenta en la Figura 10.

EFFECTO DE LOS PRETRATAMIENTOS SOBRE CADA TRATAMIENTO PARA BETABEL.

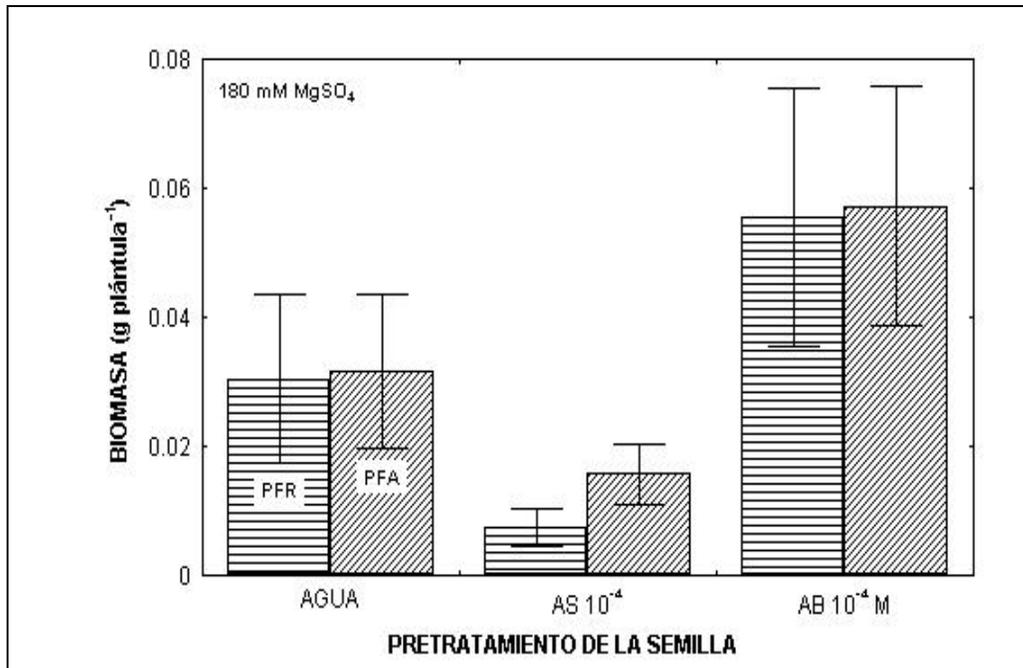


Figura 12. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de betabel en el nivel 180 mM de MgSO₄.

Para el nivel 180 mM de MgSO₄ Figura 12 se puede observar un aumento en el peso fresco tanto para raíz como aéreo por parte del pretratamiento con AB 10⁻⁴ M obteniendo una diferencia significativa sobre el AS 10⁻⁴ M, ya que fue el que menor efecto demostró, entre el AB 10⁻⁴ M y el testigo, no existe diferencia entre sus efectos, aunque de acuerdo al peso promedio, es mejor el AB 10⁻⁴ M.

Biomasa en Lechuga.

Cuadro 5. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo en lechuga.

Pretratamientos	PFR [§]	PFA	PFT
Agua	0.0279 a *	0.0367 ab	0.0646 a
AS 10 ⁻⁴ M	0.0171 a	0.0487 b	0.0659 a
AB 10 ⁻⁴ M	0.0105 a	0.0285 a	0.0390 a

[§] PFA es peso fresco aéreo, PSA es peso seco aéreo, PFR es peso fresco raíz y PSR es peso seco raíz.

* Los tratamientos seguidos de la misma literal no son diferentes de acuerdo a una prueba DMS ($\alpha=0.05$).

En el Cuadro 5 se observa el efecto de cada pretratamiento sobre las variables evaluadas, en el caso del peso fresco raíz estadísticamente no se obtuvo diferencia significativa pero numéricamente fue mejor el testigo (agua). En cuanto al peso fresco aéreo el mejor fue el AS 10⁻⁴ M seguido del testigo, el peor fue el AB 10⁻⁴ M. Realizando una comparación en cuanto al total del peso fresco no se encontró diferencia significativa.

Cuadro 6. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso seco raíz y aéreo en lechuga.

Pretratamientos	PSR[§]	PSA	PST
Agua	0.0012 a *	0.0026 a	0.0038 a
AS 10⁻⁴ M	0.0010 a	0.0029 a	0.0039 a
AB 10⁻⁴ M	0.0012 a	0.0021 a	0.0033 a

[§] PFA es peso fresco aéreo, PSA es peso seco aéreo, PFR es peso fresco raíz y PSR es peso seco raíz.

* Los tratamientos seguidos de la misma literal no son diferentes de acuerdo a una prueba DMS ($\alpha=0.05$).

Al observar el efecto de cada pretratamiento sobre las variables evaluadas, en el Cuadro 6 no se encontró diferencia para la variable peso seco raíz aunque numéricamente fueron mejor el testigo y AB 10⁻⁴ M, en lo que se refiere al peso seco aéreo tampoco se encontró diferencia estadística, pero numéricamente el mejor efecto fue del AS 10⁻⁴ M seguido del testigo, siendo el peor el AB 10⁻⁴ M. Referente al peso total no se encontró diferencia significativa pero numéricamente fue mejor el AS 10⁻⁴ M.

EFFECTO DE LOS PRETRATAMIENTOS SOBRE CADA TRATAMIENTO PARA LECHUGA.

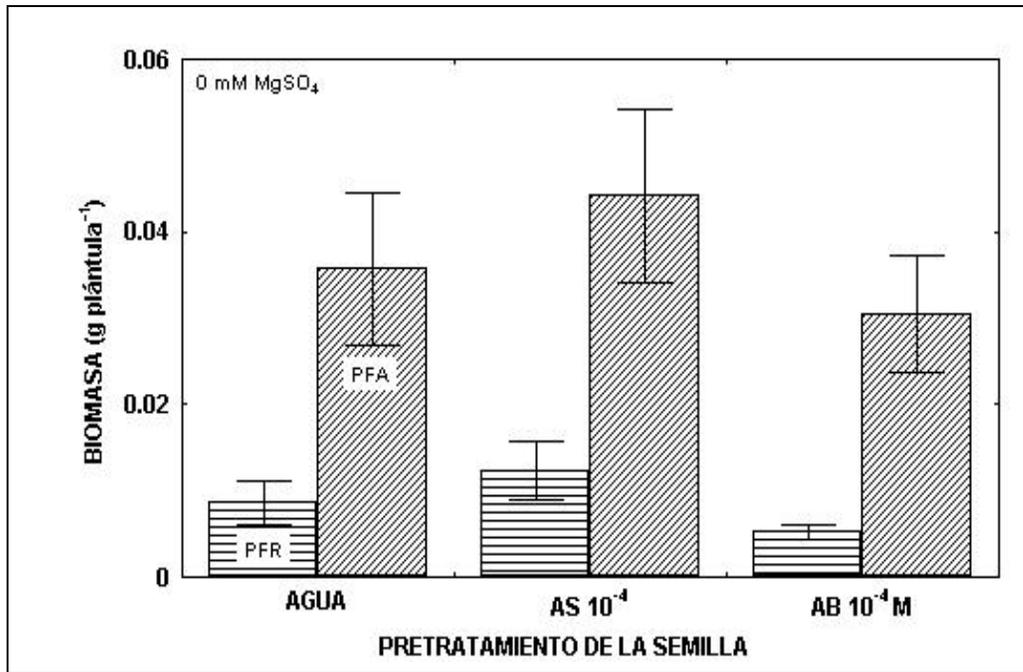


Figura 13. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de lechuga en el nivel 0 mM de MgSO₄.

En la Figura 13 se puede observar un ligero aumento para el peso fresco raíz y aéreo por parte del AS 10⁻⁴ M en comparación con los demás pretratamientos, el que obtuvo el peso mas bajo fue el AB 10⁻⁴ M.

El AS aumenta la biomasa y fructificación en tomate de cáscara y aplicado en hidroponía en concentraciones de 10⁻⁴ a 10⁻⁸M., estimula incrementos positivos en el desarrollo de parte aérea y raíz de plántulas de tomate, papayo, tomate de cáscara y chile (Gutiérrez – Coronado et al., 2000).

EFFECTO DE LOS PRETRATAMIENTOS SOBRE CADA TRATAMIENTO PARA LECHUGA.

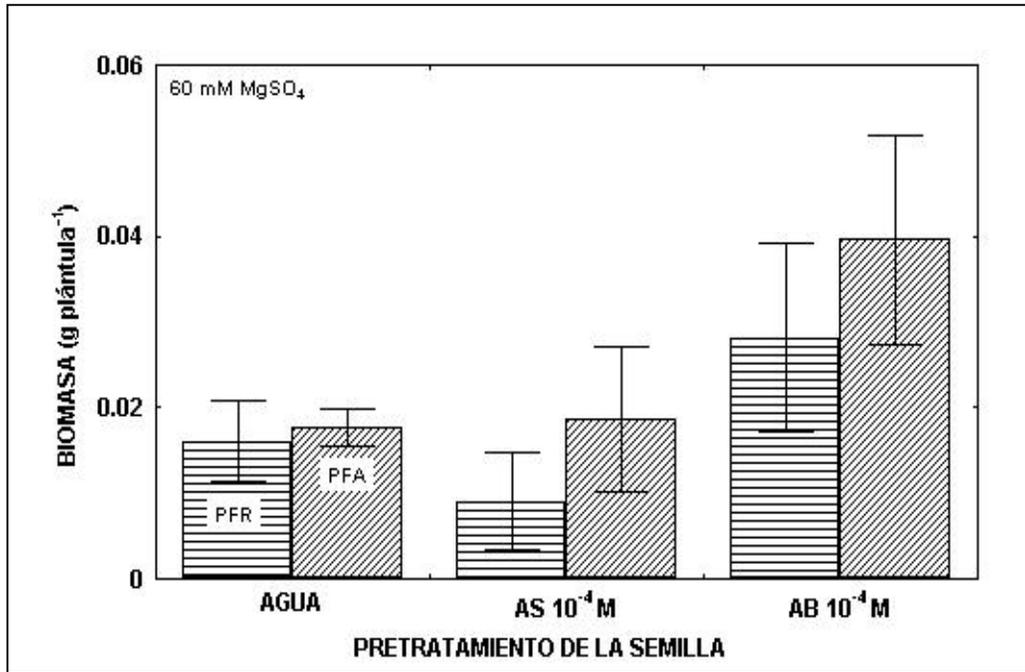


Figura 14. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de lechuga en el nivel 60 mM de MgSO₄.

Para el nivel 60 mM de MgSO₄ Figura 14 se puede observar un claro aumento en el peso fresco tanto para raíz como aéreo por parte del pretratamiento AB 10⁻⁴ M sobre el testigo y el AS 10⁻⁴ M aunque no existe diferencia estadística entre sus efectos.

EFFECTO DE LOS PRETRATAMIENTOS SOBRE CADA TRATAMIENTO PARA LECHUGA.

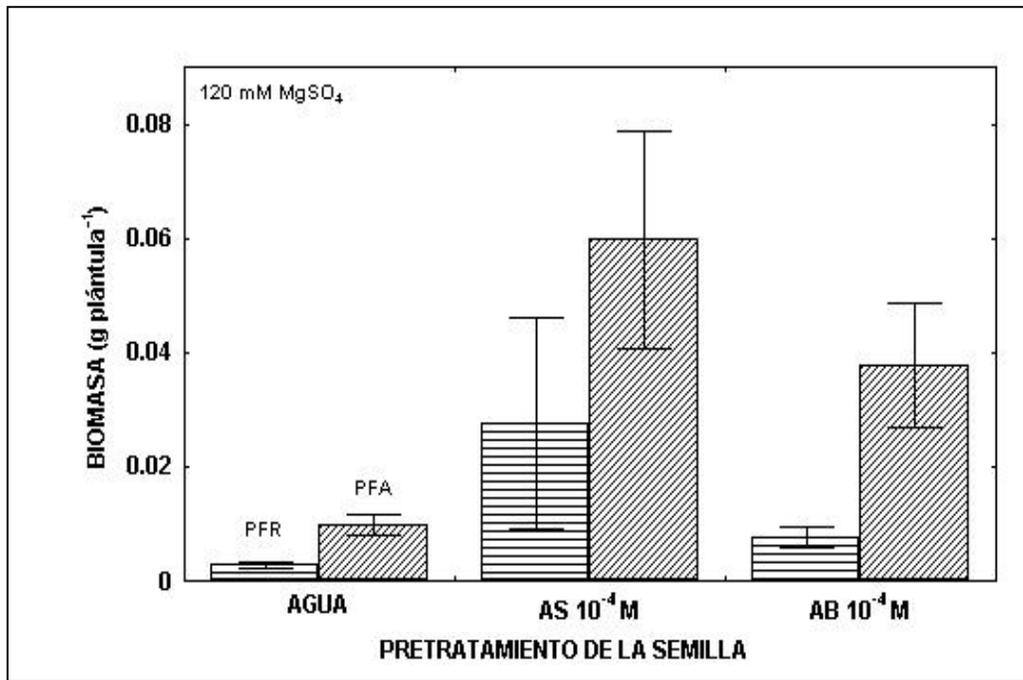


Figura 15. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de lechuga en el nivel 120 mM de MgSO₄.

Para la Figura 15 se observa un aumento en el peso fresco para raíz y aéreo del pretratamiento AS 10⁻⁴ M obteniendo una diferencia significativa sobre el testigo, aunque el AS 10⁻⁴ M es mejor que el AB 10⁻⁴ M numéricamente, no existe diferencia significativa entre estos dos.

En otras investigaciones realizadas con AS aplicado de forma exógena en concentraciones de 10⁻² a 10⁻⁸M, aumenta la biomasa de plantas de soya (Gutiérrez – Coronado et al., 1998), el rendimiento de trigo (López Tejeda et al., 1998).

EFFECTO DE LOS PRETRATAMIENTOS SOBRE CADA TRATAMIENTO PARA LECHUGA.

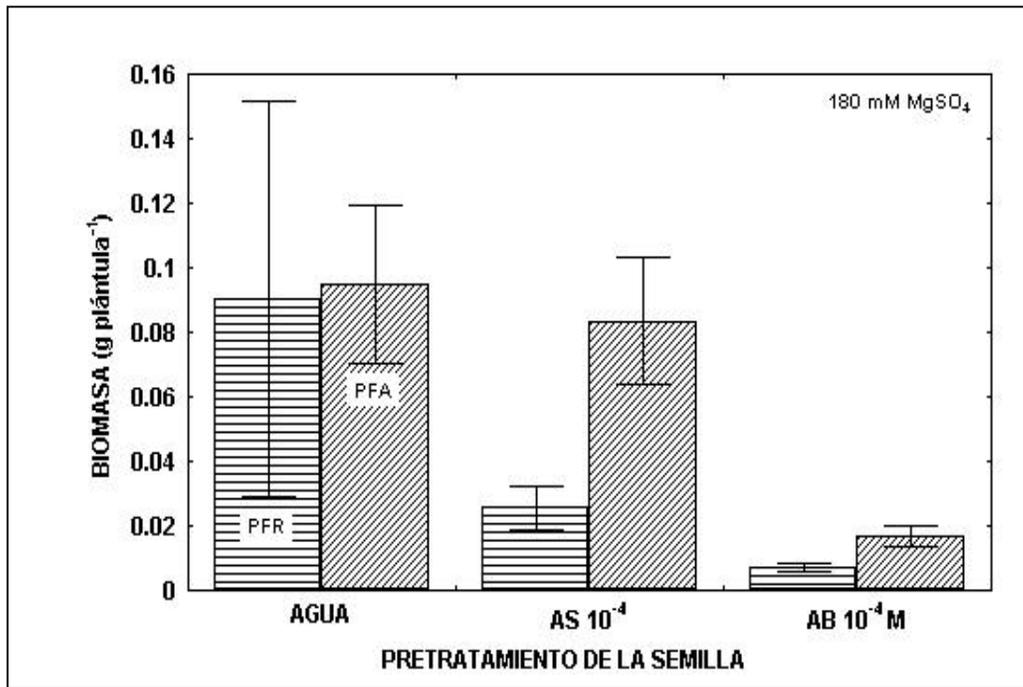


Figura 16. Valores promedio de los diferentes pesos obtenidos en gramos de biomasa correspondientes a las variables peso fresco raíz y aéreo de lechuga en el nivel 180 mM de MgSO₄.

Para el nivel 180 mM de MgSO₄ Figura 16 se puede observar con claridad que el testigo y el AS 10⁻⁴ M obtuvieron una diferencia significativa sobre el AB 10⁻⁴ M que fue el de peor efecto, pero entre el testigo y el AS 10⁻⁴ M, no existe diferencia estadística aunque numéricamente es mejor el testigo.

Como podemos observar en esta grafica el resultado probablemente se debió a que como no se obtuvo germinación para este nivel de sal se precedió a sembrar las semillas impregnadas de MgSO₄ directo a las charolas.

CONCLUSIONES

El pretratamiento de las semillas de betabel con AS y AB dio lugar a una mejor germinación en ausencia de estrés salino así como en el nivel de 180 mM de $MgSO_4$.

Para el pretratamiento de las semillas de lechuga con AS y AB se obtuvo una mejor germinación en medio salino, en los niveles 60 y 120 mM de $MgSO_4$.

Respecto a la biomasa de las plántulas de betabel después del trasplante, fue mayor en las semillas pretratadas con AS y AB.

La biomasa de las plántulas de lechuga después del transplante fue mayor en las semillas pretratadas con AS, por su parte el AB presentó efectos negativos sobre la biomasa en lechuga.

LITERATURA CITADA

- Abrol, I.P 1986. Salt-affected soils: problem and prospects in developing countries. Pp 283-305. In: M.S. Sinaminathan y S.K. Sinha (eds). Natural Resources and the Environment, International Rice Research Institute (IRRI). London.
- Aceves, N. E. 1979. El Ensalitramiento de los Suelos bajo Riego (Identificación, Control, Combate y Adaptación). Colegio de Postgrado. Chapingo. Edo. de México.
- Alarcón. A. 2001. http://www.ediho.es/horticom/tem_aut/riego/abonado.htm
- Cabeza Banda, A. 2001. Evaluación de los Ácidos Salicílico y Benzóico en el Cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Conacyt.1999.http://www.conacyt.mx/daic/proyectos/congresos/ingenieria_material_es_y_manufactura/Magistrales/HTM/tsld006.htm
- Copeland, L.O. and Mc. Donald. 1985. Principles of seed Science and Techonolgy. 2a. Edition Mcmillan Publishing Company. New York, N.Y.
- Chen, Z., H. Silva, and R.F. Klessing. 1993. Active oxygen species in the induction of plant systematic adquired resistance by salicylic acid. Science 262:1883-1886.
- Curso de Edafología. 1990. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- 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.
- Draper, J. 1997. Salicylate, superoxide synthesis and cell suicide in plant defence. Trends Plant Sci. 2:162-165.
- Gemmell, A.R. 1971. Developmental Plant Anatomy. Edward Arnold (Publishers) LTD. London, 61 p.
- Guerra, H. M. 1993. Tolerancia a la Salinidad en el Mejoramiento y la Producción Agrícola. Seminarios de Postgrado, Especialidad Fitomejoramiento, Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. Pág. 64-77.

- Grupta. R.K e I.P Abrol 1990. Salt-affected soils: Their reclamation and management for crop production. *Advances in Soil Sci.* 11:223-288.
- 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.
- Hartmann y Kester. 1982. *Propagación de Plantas.* Ed. C.E.C. S.A. México. 693. p.
- 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.
- López Flores, J.M. 2001. Efecto del Acido 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-Delgado, H., J. Dat, C. Foyer and I. Scott. 1998. Induction of thermotolerance in potato microplants by acetylsalicylic acid and H₂O₂. *J. Exp. Bot.* 49:713-720.
- 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.
- Mayer, A.M. ; Poliakoff – Mayber, A. 1982. *Germination of Seeds.* Second Edition. Pergamon Press. Oxford, N.Y. 192 p.
- Métraux, J.P., H. Signer, J. Ryals, E. Ward, M. Wyss-Benz, J. Gaudin, K. Raschdorf, E. Schmid, W. Blum, B. Inverardi. 1990. Increase in salicylic acid at the onset of systemic acquired resistance in cucumber. *Science* 250:1004-1006.
- Morales, N.C.R. 1992. Efecto de Sustancias Húmicas y Hormonales Sobre la Germinación y Vigor en Semillas de Pastos. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila.
- Moreno, M.E. 1976. *Manual Para el Análisis de Semillas.* Productora Nacional de Semillas PRONASE, México, D.F.

- Olvera Arellano, F. 2001. H₂O₂ y Ácido 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 Ácido Salicílico y Benzóico sobre el Cultivo de Melón (*Cucumis melo* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Pla, I. 1988. Riego y desarrollo de suelos afectados por sales en condiciones tropicales. Soil Technol. 1: 13-35. pp: 32-35 año 6, No 2 Febrero.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Physiology. Plant. Mol. Biol. 43: 439- 463.
- Salisbury, B. F. And Ross C. W. 1999. Fisiología Vegetal. Editorial Iberoamericana. México, D. F. Pág. 639-649.
- 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.
- Vera de Jesús, R. 2002. La Aplicación de Salicilatos Modifica la Germinación y el Crecimiento de Tomate y Lechuga. Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Zapata, R. R. y F. Rodriguez C. !994. Study of the Salinity for the Nextlalpan Muncipe.Stat3e the Mexico. Vol 3b, p. 318. In: Resúmenes del 15° Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo.