

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMIA



**Efecto de la Aplicación Foliar de Ácidos Salicílico y Benzoico en la
Producción de Papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Gigant**

Por:

Sergio Mundo Candelario

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo en Producción

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Octubre del 2004.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMIA

**Efecto de la Aplicación Foliar de Ácidos Salicílico y Benzoico en la
Producción de Papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Gigant**

TESIS

Presentada por:

Sergio Mundo Candelario

**Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador
Como Requisito Parcial para Obtener el Título de:
Ingeniero Agrónomo en Producción
aprobado**

DR. ADALBERTO BENAVIDES MENDOZA
Presidente del Jurado

DR. HOMERO RAMÍREZ RODRÍGUEZ
Sinodal

DR. VICTOR ZAMORA VILLA
Sinodal

Ing. RENE DE LA CRUZ RODRÍGUEZ
Sinodal

M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA
Coordinador de la División de Agronomía.
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Octubre del 2004.

AGRADECIMIENTOS

A mi “**ALMA TERRA MATER**” gracias a la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por haberme albergado en sus aulas y enriquecerme de sus conocimientos requeridos para formarme profesionalmente, Universidad de la cual siempre me sentiré orgulloso.

A mis padres y amigos:

Sr. Juan Mundo Mireles
Sra. Silvia Candelario Gómez

Por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida y sus consejos, quienes creyeron en mí y me apoyaron para concluir mi estudio y me inculcaron el respeto a las personas, la responsabilidad de los compromisos, el amor hacia las cosas, al trabajo y el carácter para resolver los problemas que la vida a diario presenta.

Siempre estaré agradecido con ellos.

Muy sincero al Dr. Adalberto Benavides Mendoza por sus consejos tan amigables y certeros para realizar este trabajo y el tiempo que dispuso para atenderme en todo momento de mis dudas sobre este trabajo.

Al Dr. Homero Ramírez Rodríguez por sus asesorías, consejos y apoyo incondicional en el campo que día con día me sirvieron para mi formación como persona y como profesionalista, el cual me ayudo para la culminación de este trabajo.

Al MC Gerardo Sánchez Martines por su amistad, asesorías, consejos y apoyo incondicional que día con día me sirvieron para mi formación como persona y como profesionalista, el cual me ayudo a concluir mi estudio.

A todos los maestros de la Universidad que de alguna manera intervinieron en mi formación profesional, en especial al Ing. Alfredo Fernández Gaytan por sus enseñanzas amigables y por la amista que hay entre nosotros y demás maestros del Departamento de Producción y Horticultura.

DEDICATORIA

Pensando en este bello final, en la realidad que me sucede día tras día a través de la vida entera quiero expresar mi mas sincero agradecimiento a ese ser maravilloso y omnipotente que ha dado tanta hermosura al mundo y que siempre estuvo a mi lado cuando lo necesite. **A TI MI DIOS**

A mis padres quienes me dieron el ser:

Sr. Juan Mundo Mireles
Sra. Silvia Candelario Gómez

Por esos esfuerzos, paciencia, sacrificio y sabios consejos que supieron encaminarme hacia mi más grande anhelo, mi formación como persona responsable y como profesionista.

Por siempre estaré agradecido con ellos.

A mis hermanos:

Juan Manuel, Eduardo, Luis Alberto, José Arturo, Mayra Alejandra y Ernesto. Por todos los momentos bellos que hemos convivido juntos. A mi cuñado Ramón y mis cuñadas Estela, Francisca, Luz.

A mis sobrinos Manuel Octavio, Luis Antonio, Nélica.

A una gran persona que ha sabido entender y comprender cada uno de mis errores, valorando mis derrotas y triunfos, por su cariño, sonrisa, comprensión y ternura que me ha brindado siempre incondicionalmente y por todos esos momentos hermosos que hemos pasado juntos.

A mi novia: Maria Guadalupe Bacarrillo Rangel

A mis amigos: José Luis Manzano, José Manuel Alcalá, M.C. Gerardo Sánchez, Jesús Estrada, Gerardo Santillán, Ing. Cuauhtemoc Rivera Fajardo, José Juan Meza, Francisco de la torre, Silvino Hernández, Ing. Javier Rodríguez Aranda Heliodoro Mundo, Lucia Nemetla, Ing. Nancy, Marta Patricia y a todos mis amigos de la carrera de Horticultura y Producción paisanos del estado de Jalisco por todo su apoyo que me brindaron en los momentos difíciles de estudiante. A todas mis amigas y amigos que por no mencionar dejen de ser importantes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE CUADROS Y DE FIGURAS	V
RESUMEN	VI
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO.....	2
HIPÓTESIS	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
ORIGEN	3
CLASIFICACION TAXONOMICA.....	4
DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO	4
PARTE SUBTERRÁNEA	4
PARTE AEREA	5
REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS.....	5
TEMPERATURAS	5
HELADAS.....	6
SUELO	6
HUMEDAD	6
LUZ	7
PRODUCCIÓN DE PAPA EN MÉXICO	7
ACIDO SALICILICO	8
ACIDO SALICILICO Y DAÑO OXIDATIVO	9
CARACTERÍSTICAS DEL ACIDO BENZOICO	13
MATERIALES Y METODOS	15
LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA	15

MATERIAL VEGETATIVO.....	15
MATERIAL DE CAMPO	15
MATERIAL DE LABORATORIO.....	16
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	16
DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS.....	16
ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO.....	16
TRATAMIENTO A LA SEMILLA.....	16
SIEMBRA	17
FERTILIZACION	17
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	18
APLICACIÓN DE LOS ACIDOS.....	19
VARIABLES EVALUADAS	20
NUMERO DE TUBERCULOS	20
PESO DE TUBERCULOS POR PLANTA	20
PESO PROMEDIO DE TUBERCULOS POR PLANTA.....	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
CONCLUSIONES	26
LITERATURA CITADA	27
APÉNDICE	31

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1.1 Productos y dosis utilizadas para la preparación de la solución nutritiva Douglas.....	17
Cuadro 1.2 Productos y dosis utilizadas para la fertilización foliar.	18
Cuadro 2.1 Productos y dosis utilizados para el control de plagas y enfermedades.	19
Cuadro 3.1: Fechas de aplicación de los ácidos de acuerdo a los días después de la siembra.....	20
Cuadro 3.2 Contenido de las diferentes soluciones aplicadas foliarmente en el experimento.	20
Cuadro 4.1 concentración de los resultados y prueba de medias de las variables evaluadas en el experimento.	22
Figura 1: Comportamiento de los valores promedios de producción por planta para cada tratamiento.	23
Figura 2: Comportamiento de los valores promedios del número de tubérculos por planta para cada tratamiento.	24
Figura 3: comportamiento de los valores promedió de peso del tubérculo para cada tratamiento	25

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, con domicilio en la Ex-Hacienda Buena vista Saltillo Coahuila Méx. Durante el periodo de Diciembre del 2003 a Abril del 2004. con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación foliar de los ácidos salicílico y benzoico, así como de verificar el efecto en la producción de tubérculo en el cultivo de papa Var. Gigant. De acuerdo a los resultados obtenidos por Cabeza (2001) y Eugenio (2003).

Se evaluaron 5 tratamientos bajo aplicación foliar donde 2 tratamientos fueron de ácido salicílico (1×10^{-4} M y 1×10^{-6} M), 2 de ácido benzoico a las mismas concentraciones del salicílico y un testigo, bajo un diseño completamente al azar con 36 repeticiones. Las variables evaluadas en este trabajo fueron número de tubérculo, rendimiento por planta y peso promedio de tubérculos por planta donde para analizar estas variables se tomaron 27 plantas por tratamiento del experimento.

Los resultados obtenidos en las diferentes variables evaluadas en la cosecha del cultivo se describen a continuación:

El tratamiento de AS 1×10^{-6} M foliar incremento el número de tubérculos significativamente, estando de acuerdo con Raskin (1992) el cual concluye que AS influye en la tuberización.

La aplicación de AS 1×10^{-6} M presentó un aumento en la producción por planta numéricamente y en cuanto al peso promedio presentó un efecto negativo respecto al testigo.

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una hortaliza muy importante, no solamente por la superficie que anualmente se destina a su cultivo, sino por la cantidad de carbohidratos que aporta a la alimentación del pueblo mexicano. Es una de las hortalizas que proporciona fuentes muy significativas de energía como alimento de uso tradicional. Ofrece mayor producción de calorías por hectárea y es el segundo lugar en cuanto a la producción por unidad de superficie de proteína diaria, después de la soya.

Actualmente en México se siembran alrededor de 67 mil hectáreas de las que se obtiene una producción aproximada de 1 millón 350 mil toneladas, mismas que permiten satisfacer las demandas del consumo interno.

La papa ocupa el sexto lugar en importancia como alimento del pueblo Mexicano con un consumo anual per. cápita de papa de 12.3 kilogramos. En México se siembran anualmente cerca de 65,000 hectáreas de papa con elevados costos de producción que fluctuaron en 1999 entre \$ 25,000.00 y \$ 60,000.00 pesos por hectárea, dependiendo del nivel tecnológico (FAO, 2002).

En la republica mexicana existen varias regiones agrícolas importantes donde se cultiva la papa bajo una problemática muy especial en cuanto a los suelos, climas y aspectos parasitologicos los cuales someten a la planta a estrés y requieren de los agricultores una gran cantidad de labores agrícolas y productos aplicados para obtener rendimientos rentables.

El enfoque moderno de la producción agrícola incluye la aplicación de los mecanismos de señalización del estrés (ácido salicílico y ácido benzoico) como una estrategia para aumentar la tolerancia de las plantas a estrés frente a diversos factores ambientales que permitirán explotar estos mecanismos intrínsecos de resistencia (dependientes muchos de ellos en la generación de especies activas de oxígeno) para disminuir las aplicaciones de pesticidas y reguladores sintéticos.

Basándose en lo anterior, resulta necesario realizar investigaciones con productos como ácido salicílico y precursores del mismo como es el ácido benzoico que aumenten la capacidad de respuesta de las plantas hacia los diferentes tipos de estrés tanto abiótico como biótico.

Objetivos

1. Evaluar el efecto de la aplicación foliar de ácido salicílico y benzoico en el cultivo de la papa.
2. Verificar el efecto de las aplicaciones de ácido salicílico y benzoico sobre la producción de tubérculo.

Hipótesis

1. La aplicación de ácido salicílico y benzoico en el área foliar modifica el desarrollo del cultivo de papa y es favorable para obtener tubérculos de mejor calidad y aumento en la tuberización.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen

El cultivo de la patata se originó en la cordillera andina, donde esta planta evolucionó y se cruzó con otras plantas silvestres del mismo género, presentando una gran variabilidad.

La patata llega a Europa en el siglo XVI por dos vías diferentes: una fue España hacia 1570, y otra fue por las Islas Británicas entre 1588 y 1593, desde donde se expandió por toda Europa.

Realmente el desarrollo de su cultivo comienza en el siglo XVIII, a partir de producciones marginales y progresivamente va adquiriendo cierta importancia transcurridos 200 años.

En México existen alrededor de 30 especies silvestres, entre ellas la serie poliploide de 24, 36, 48, 60 y 72 cromosomas, las cuales por su diversidad genética, constituyen un germoplasma sumamente valioso en el mejoramiento (Rojas, 1977; Romero 1972). Las culturas indígenas comenzaron a domesticar este cultivo 400 años A.C. donde, junto con el maíz, se convirtió en la base de su alimentación (Harris, 1978; Rojas, 1976).

La importancia de la papa radica en su alto valor nutritivo, en la superficie sembrada y en la gran demanda de mano de obra que necesita durante todo su desarrollo agrícola. En algunos países Europeos y en Estados Unidos presenta un consumo promedio per. cápita de 180 Kg./ año (CIP, 1983) reportándose en México un consumo per. cápita de 16 Kg./año (DGEA;1982).

Clasificación taxonómica

Reino: Vegetal

Subreino: Embryophyta

División: Spermatophyta

Tipo: Angiosperma

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledoneae

Orden: Tubiflorae

Familia: Solanáceae

Genero: *Solanum*

Especie: *tuberosum*

Descripción del cultivo

Parte subterránea: Representa la parte más interesante de la planta ya que es ahí donde se encuentran los tubérculos que confieren a la papa su valor alimenticio.

Morfológicamente el tubérculo es un tallo subterráneo, acortado engrosado y provisto de yemas u ojos en las axilas de sus hojas escamosas. En cada ojo, existen normalmente 3 yemas, aunque en ocasiones pueden ser más. Una yema es, en consecuencia, una rama lateral del tallo subterráneo con entrenudos no desarrollados y todo el tubérculo un sistema morfológico ramificado y no una simple rama.

Los ojos se concentran con mayor frecuencia hacia el extremo distal (corona o roseta), siendo a la vez más profundos en esta región.

Las yemas de esta región normalmente se desarrollan primero. Cuando la yema apical es removida o muerta, otras yemas son estimuladas a desarrollar. Cada ojo es capaz de producir un infinito número de brotes, dependiendo del tamaño del tubérculo y de la reserva de hidratos de carbono.

Parte aérea: una mata de papa consta de un número más o menos elevado de tallos principales, primero erguidos pero que, con la edad pueden permanecer levantados o llegar a ser parcial o totalmente rastreros, dando a la planta un porte más o menos extendido.

El tallo es débil, pubescente o glabro de 30 a 90 cm. de largo. Las hojas son imparipinadas, miden de 10 a 25 cm. de largo, con 3 o 4 pares de folíolos enteros, agudos, ovados, con otros folíolos pequeños entre ellos. La flor se presenta en una inflorescencia cimosa; es pentámera, con los sépalos y pétalos unidos en la base; es blanca o azulada de 2.5 a 3.7 cm. de diámetro; la corola es rotada, los lóbulos del cáliz son lineal-lanceolados, miden casi un tercio de la longitud de la corola; tiene 5 estambres insertos en la entrada del tubo de la corola; las anteras son conniventes en el cono alrededor del pistilo y la mayoría abriéndose en el ápice; el ovario es bicelular, multiovulado y el estigma es pequeño.

El fruto de una baya bilocular o trilocular, de forma globular; mide aproximadamente 1.8 cm. de diámetro y es de color amarillo o verde.

Requerimientos Edafoclimaticos

Durante su crecimiento requiere de una variación de la temperatura ambiental. Es una planta semiresistente al frío, pero no tolera heladas. Se desarrolla desde alturas de 500 hasta de 3000 msnm.

Temperatura.

Se trata de una planta de clima templado-frío, siendo las temperaturas más favorables para su cultivo las que están en torno a 13 y 18°C. Al efectuar la plantación la temperatura del suelo debe ser superior a los 7°C, con unas temperaturas nocturnas relativamente frescas.

El frío excesivo perjudica especialmente a la patata, ya que los tubérculos quedan pequeños y sin desarrollar.

Si la temperatura es demasiado elevada afecta a la formación de los tubérculos y favorece el desarrollo de plagas y enfermedades.

Heladas.

Es un cultivo bastante sensible a las heladas tardías, ya que produce un retraso y disminución de la producción. Si la temperatura es de 0°C la planta se hiela, acaba muriendo aunque puede llegar a rebrotar. Los tubérculos sufren el riesgo de helarse en el momento en que las temperaturas sean inferiores a -2°C.

Humedad.

La humedad relativa moderada es un factor muy importante para el éxito del cultivo.

La humedad excesiva en el momento de la germinación del tubérculo y en el periodo desde la aparición de las flores hasta la maduración del tubérculo resulta nociva. Una humedad ambiental excesivamente alta favorece el ataque de mildiu, por tanto esta circunstancia habrá que tenerla en cuenta.

Suelo.

Es una planta poco exigente a las condiciones edáficas, sólo le afectan los terrenos compactados y pedregosos, ya que los órganos subterráneos no pueden desarrollarse libremente al encontrar un obstáculo mecánico en el suelo.

La humedad del suelo debe ser suficiente; aunque resiste la aridez, en los terrenos secos las ramificaciones del rizoma se alargan demasiado, el número de tubérculos aumenta, pero su tamaño se reduce considerablemente. Los terrenos con excesiva humedad, afectan a los tubérculos ya que se hacen demasiado acuosos, poco ricos en fécula y poco sabrosos y conservables. Prefiere los suelos ligeros o semiligeros, silíceo-arcillosos, ricos en humus y con un subsuelo profundo.

Soporta el PH ácido entre 5 a 5.7 con un mínimo de materia orgánica de 2 %, ya que estos incrementan el rendimiento del cultivo, el contenido de carbonatos totales debe ser bajo y sin exceso de sales de sodio (Montaldo, 1984; Narro, 1980) Es considerada como una planta tolerante a la salinidad.

Luz.

La luz tiene una incidencia directa sobre el fotoperíodo, ya que induce la tuberización.

Los fotoperíodos cortos son más favorables a la tuberización y los largos inducen el crecimiento. Además de influir sobre el rendimiento final de la cosecha. En las zonas de clima cálido se emplean cultivares con fotoperíodos críticos, comprendidos entre 13 y 16 horas.

Se ha comentado que el fotoperiodo y la temperatura afectan la formación del tubérculo; en días largos la formación de tubérculos ocurre si la temperatura nocturna es inferior a 20 °C, siendo la optima de 12 °C (Yamaguchi, 1983), citado por (Valadez, 1998).

Después de la siembra la temperatura debe subir hasta los 20 °C para que la planta desarrolle bien. Luego se necesita una temperatura mas alta para un buen crecimiento del follaje, no sobrepasando los 30 °C. (SEP, 1987).

Producción de papa en México

En México se registran alrededor de 49 especies Hortícolas que se producen a nivel comercial. Debido a la gran diversidad de microclimas y tipos de suelos que se tienen en nuestro país favorable para la producción de hortalizas es posible obtener estos productos todo el año particularmente cultivos como la papa, tomate, cebolla y Chile, productos de mayor consumo a nivel nacional como en otros países. De los 12 principales productos Hortícolas, de la papa se cosechan 1.21 millones de toneladas lo que representa el 11 % total de las hortalizas, solo por debajo del tomate con un 13 % (Siller, 2000).

De los 22 estados que participan en la producción de este importante cultivo; Sinaloa, Guanajuato, Edo. de México y Sonora aportan mas del 55 % del total de la producción y junto con Nuevo León, Coahuila y Chihuahua registran los mayores rendimientos siendo estos de hasta 40 a 45 ton/ha (Palazuelos, 1999).

Ácido salicílico

El ácido salicílico (AS) es muy conocido gracias al extenso uso clínico de la aspirina o ácido acetilsalicílico. El nombre de ácido salicílico proviene de *Salix*, el árbol cuyas hojas y corteza tradicionalmente se utilizaban 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).

Pertenece al grupo de los fenoles y deriva de la conversión del ácido cinámico. Se lo encuentra en todas las plantas, en mayores concentraciones en las termogénicas y en aquellas infectadas con patógenos (Marassi 2004).

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

El AS aplicado de forma exógena en concentración de 10^{-2} a 10^{-8} M aumentó la biomasa de plantas de soya (Gutiérrez-Coronado et al., 1998), el rendimiento de trigo (López Tejeda et al., 1998) al igual que el rendimiento y la calidad de diversas hortalizas según se desprende de los resultados de diferentes trabajos experimentales del grupo de Gutiérrez Coronado adscrito al Instituto Tecnológico de Sonora.

Además de los anteriores resultados acerca de cómo el AS interviene modificando diferentes actividades fisiológicas y del desarrollo, existe otra vertiente de trabajo experimental acerca del papel del AS en las respuestas celulares relacionadas con el daño oxidativo, respuesta bioquímica que parece ser un factor común en las plantas sometidas a diversos tipos de estrés.

Ácido salicílico y daño oxidativo

El daño o estrés oxidativo se presenta cuando la producción de especies activas de oxígeno (EAO) rebasa la capacidad de los sistemas antioxidantes y de captura de radicales libres de la célula. Normalmente el nivel de EAO es alto cuando la planta se ve sometida a alguna condición de estrés biótico o abiótico. Aunque la presencia de EAO causa daño por oxidación de 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). A su vez estas últimas se asocian con cambios morfológicos y fisiológicos de la planta (Inzé y Van Montagu, 1995). 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 dicho sobre el balance redox se sigue a partir del comprobado efecto del AS sobre la actividad de catalasa y otras enzimas que controlan el nivel de las EAO (Raskin, 1992) así como sobre la oxidasa alternativa mitocondrial (Murphy et al., 1999).

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 (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).

Las catalasas pertenecen a un grupo de enzimas involucradas en la regulación de los niveles celulares de las especies activas de oxígeno. Se

encuentran en todos los organismos aerobios convirtiendo el H_2O_2 en H_2O y O_2 , protegiendo así a las células de los efectos dañinos del H_2O_2 . Si bien los niveles altos de este compuesto son tóxicos, el H_2O_2 en baja concentración parece jugar un papel importante en la transducción de señales ambientales en plantas y animales (Prasad et al., 1994), esto es, el H_2O_2 en niveles no tóxicos parece relacionarse con la inducción de las respuestas de adaptación al estrés.

Ya que la producción de H_2O_2 es un proceso continuo en las plantas, la inhibición de la actividad de catalasa, una de las principales rutas de degradación del H_2O_2 , pudiera resultar en la acumulación de este compuesto. En relación con 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*. Por su parte 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) encontraron 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. Asimismo 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. Por otra parte algunos investigadores han propuesto un papel directo para el AS en potenciar la producción de H_2O_2 por medio de la activación de una NAD(P)H oxidasa de la membrana plasmática (Kauss y Jeblick, 1995, 1996; Willekens et al., 1995; Mur et al., 1996; Shirasu et al., 1997). Esto pudiera ser parte de la explicación de los resultados dispares entre presencia de AS y actividad de catalasa.

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

Al respecto, Willekens et al. (1997) estudiaron el papel de la catalasa y el H_2O_2 en las plantas bajo estrés. Para ello utilizaron plantas transgénicas de tabaco con un 10% de actividad de catalasa en relación con las plantas silvestres. Las plantas deficientes en catalasa no mostraron desórdenes visibles al crecer en condiciones de baja irradiancia, sin embargo, bajo alta irradiancia las hojas desarrollaron lesiones necróticas. No se detectó acumulación de H_2O_2 durante el desarrollo de la necrosis, tal vez como resultado de una compensación que elevó los niveles de ascorbato peroxidasa y glutatión peroxidasa. La necrosis foliar mostró correlación positiva con el contenido de glutatión oxidado y correlación negativa con el nivel de ascorbato foliar, indicando que la catalasa es crítica para mantener el balance redox durante el estrés oxidativo. Asimismo el daño no se presentó en un medio enriquecido con CO_2 lo que indica una aparente dependencia de la actividad fotorespiratoria. Las plantas deficientes en catalasa revelaron mayor susceptibilidad al paraquat, salinidad y ozono pero no a las bajas temperaturas.

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

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

La aplicación foliar de AS en concentraciones de 10 a 100 μM (10^{-5} a 10^{-4} M) aumentó la tolerancia al choque térmico ($55^\circ C$ por 1.5 h) en plántulas de *Sinapsis alba*. Esta respuesta fue análoga a la obtenida con un tratamiento de aclimatación a $45^\circ C$ previa al choque térmico. Ambos tratamientos indujeron un

aumento transitorio en la concentración endógena de H_2O_2 , seguida de una caída en la concentración del mismo debajo del testigo, así como disminución en la actividad de catalasa (Dat et al., 1998). Lopez-Delgado et al. (1998) obtuvieron igualmente termo tolerancia en micro plantas 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 aspersion 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 (Benavides, comunicación personal).

El AS se ha aplicado en diferentes cultivos para aumentar el rendimiento y la calidad. De acuerdo con la información planteada el AS y sus derivados pueden también puede aplicarse como herramientas para la promoción y aumento de los mecanismos naturales de resistencia de las plantas, cuando estos involucren la participación de EAO. En este sentido se requiere realizar gran cantidad de investigación en diferentes especies, para estudiar en que forma las aplicaciones exógenas de AS y compuestos análogos como el metil-salicilato, el ácido benzóico, el BTH, etc. modifica los mecanismos de adaptación al estrés abiótico. Si fuese posible llegar a utilizar estos compuestos como potenciadores de los mecanismos naturales de adaptación, su bajo costo y el hecho de constituir productos naturales los convertiría en opciones atractivas para los productores agrícolas.

Características del ácido benzoico

El ácido benzoico ($C_6H_5CO_2H$) es un ácido orgánico, sólido cristalino que se funde a $122^\circ C$, hierve a $249^\circ C$ el ácido carboxílico aromático más simple. Además de la sintonización de una variedad de compuestos orgánicos (por ejemplo, alcoholbenzil, benzilaldeol, benzaldeido, tolueno y ácido fólico.). Puede ser obtenido de las resinas, notablemente de la goma de benjuí. Se utiliza en gran parte para hacer sus sales y ésteres lo más importante el benzoato de sodio, que se utiliza extensamente como preservativo en alimentos y bebidas como antiséptico suave en enjuagues y cremas dentales. Los ácidos carboxílicos aromáticos más importantes son el ácido benzoico y los ácidos ftálico, los cuales se preparan en escala industrial por una reacción conocida, como la oxidación de alquilbencenos. El tolueno y el xileno necesarios se obtienen del petróleo por reformación catalítica de hidrocarburos alifáticos. Cantidades mucho menores de estos árenos se aíslan directamente del alquitrán de hulla. Otro precursor de ácido ftálico es el naftaleno que también se encuentra en el alquitrán de hulla (Calderón Sáenz F.,1997).

El ácido benzoico tiene una amplia utilidad como intermediario de síntesis en muchos procesos orgánicos y algunos de sus ésteres se emplean como plastificantes y en la industria de la perfumería (benzoato de bencilo). El benzoato de sodio y ácido benzoico se emplea en la industria de la alimentación como conservante y son los más idóneos para los productos alimenticios, los jugos de frutas y las bebidas no alcohólicas, que por naturaleza tiene un pH ácido. La producción mundial estimada de ácido benzoico es alrededor de 600,000 toneladas al año. El ácido benzoico está presente de manera natural en muchas plantas y en los animales (Calderón Sáenz F.,1997).

El ácido benzoico es solo ligeramente soluble en agua, con frecuencia se utiliza en su lugar el benzoato de sodio, que en condiciones ácidas se convierte en ácido benzoico no disociado. Es una sustancia sólida blanca ligeramente soluble en agua. El benzoato de sodio es alrededor de 200 veces más soluble en

el agua. El ácido benzoico se utiliza como producto intermedio en la síntesis de distintos compuestos, fundamentalmente el fenol (>50 %) de la cantidad producida en todo el mundo y la caprolactama (Calderón Sáenz F.,1997).

Los ácidos benzoicos se consideran reguladores de crecimiento o herbicidas que interrumpen a las hormonas. La acción primaria parece implicar plasticidad de la pared de la célula y metabolismo del ácido nucleico. Los aumentos en estos procesos conducen a la división y al crecimiento incontrolado de las células. Los herbicidas benzoicos fueron probados por primera vez en los años 40 estos contienen auxinas (las características de la hormona de crecimiento) que dan lugar al crecimiento celular excesivo. El movimiento de los benzoicos a los meristemas terminales y de la raíz pueden moverse también en la transpiración (Calderón Sáenz F.,1997).

La aplicación al tubérculo + foliar, estimula el crecimiento y desarrollo de la planta, aumentando así la producción de biomasa, además de inducir la tuberización bajo condiciones de invernadero. Cabeza (2001) y Eugenio (2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en el mes de Diciembre del 2003 a abril del 2004 en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, con domicilio en la Ex-Hacienda Buena vista Saltillo Coahuila Méx. Km 7.5 carretera Saltillo – Concepción del Oro cuyas coordenadas geográficas responden a los 25° 22” latitud Norte 101° 00” Longitud Oeste con una altitud de 1743 msnm, con una precipitación media anual de 460.7 mm y con una humedad relativa media anual de 46.8 %.

Material vegetativo.

Se utilizaron semillas de papa (*Solanum tuberosum* L.) del cultivar **Gigant** (Apéndice), originarias de Zamora, Michoacán; procedentes del lote la Purísima y proporcionadas por el Dr. Homero Ramírez Rodríguez.

Material De Campo

Como macetas se utilizaron bolsas (plástico negro, con una capacidad de 12 Kg.), el sustrato que se utilizó para el llenado de las bolsas es PRO – MIX BX. Debido a que el experimento se estableció en un periodo de heladas se utilizaron cubetas de aluminio (capacidad 20 litros) las cuales se llenaron con aserrín, con la finalidad de utilizarlos como calentadores. Se utilizaron atomizadores (capacidad 1 litro) para hacer la respectiva aplicación de los ácidos, etiquetas para la identificación de los tratamientos y sus repeticiones. Se construyó una estructura a base de malla térmica Luminet (50-0), (70-1) para la protección del cultivo durante el periodo de heladas. Además se utilizaron azadones, rastrillos, machetes, tambo plástico de 200 litros para preparar la S. Douglas y una bomba aspersora de mochila para la aplicación de los productos químicos.

Material de laboratorio

El material de laboratorio que se utilizó fue el siguiente: balanza analítica para tomar peso fresco y seco, estufa para secado de muestras, agitador-estufa thermoline para diluir los reactivos, matraz Kjendal, vaso de precipitado, probeta y los ácidos que se utilizaron son el Ácido salicílico y Ácido benzoico, además de recipientes de cristal para aforar los ácidos en 4 litros de agua.

Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar, con 5 tratamientos y 36 repeticiones respectivamente, dando un total de 180 unidades experimentales.

Descripción De Tratamientos

T1 = Ácido salicílico 1×10^{-4} M

T2 = Ácido salicílico 1×10^{-6} M

T3 = Ácido benzoico 1×10^{-4} M

T4 = Ácido benzoico 1×10^{-6} M

T5 = Testigo Agua

Establecimiento Del Experimento

Para el establecimiento del experimento se realizó un sorteo de todos los tratamientos y sus repeticiones, con la finalidad de una adecuada distribución del experimento (al azar).

Tratamiento de la Semilla

El tratamiento a la semilla se hizo con Ácido giberelico (dosis 0.2 gr / 10 lits. H₂O) con la finalidad de inducir una mejor brotación del tubérculo, se colocó la semilla en un cuarto frío por un periodo de 1 mes antes de la siembra. Antes de efectuar la siembra se le dio un tratamiento a la semilla con Tecto 60, para protegerla del ataque de patógenos (en dosis de 0.5 gr / lt.). El procedimiento fue

colocar las semillas sobre un plástico y con un atomizador se le asperjo el producto.

Siembra

Previo a la siembra se realizó el llenado de las macetas con el sustrato PRO – MIX BX. la siembra se realizó el 1 de Diciembre del 2003, sembrando a una profundidad de 10 cm y 40 cm entre macetas; se cubrieron y se dio el primer riego (un riego pesado con agua).

Fertilización

La fertilización del cultivo durante todo el ciclo se realizó mediante una solución Douglas (cuadro 1.1), cabe mencionar que la forma de aplicación del fertilizante se realizo en el riego.

Cuadro 1.1 Productos y dosis utilizadas para la preparación de la solución nutritiva Douglas.

PRODUCTO	DOSIS
Ca (NO ₃) ₂ 4H ₂ O	138 gr
Mg SO ₄ 7H ₂ O	179.4gr
K NO ₃	149.5gr
Ca SO ₄ 2H ₂ O	20gr
Cu SO ₄ 5H ₂ O	0.01gr
H ₃ BO ₃	0.05gr
Fe (SO ₄) ₃ H ₂ O	0.2gr
Mn SO ₄ H ₂ O	0.05gr
H ₂ MO ₄ H ₂ O	0.00017gr
Zn SO ₄ 7H ₂ O	0.05gr
Na H ₂ PO ₄ H ₂ O	10gr

➤ La solución se preparó en 200 litros de agua / riego

Se hizo la aplicación de fertilizante foliar para corregir algunas deficiencias que se presentaron en el cultivo, los fertilizantes utilizados se presentan en el siguiente cuadro (cuadro 1.2).

Cuadro 1.2 Productos y dosis utilizadas para la fertilización foliar.

PRODUCTO	DOSIS	Nº APLICACIONES
Poliquel multi	4 cc / lt.	4
Poliquel calcio	6 cc / lt.	2

Control De Plagas Y Enfermedades

El control de plagas y enfermedades se realizó con los productos químicos y las dosis que a continuación se presentan (cuadro 2.1).

Cuadro 2.1 Productos y dosis utilizados para el control de plagas y enfermedades.

PRODUCTO	DOSIS	PLAGAS	ENFERMEDADES	APLICACIONES
Citlali 1 - (6-cloro-3-piridinil metil) - N - nitroimidazolidin-2-ilidene-amina	1 cc / lt.	Mosquita blanca		2
Allium sativum Extracto de ajo	13cc/ lt.	Mosquita blanca		2
Metamidofos 600® Metamidofos	2 cc / lt.	Diabrotica		2
Cupertron (Oxicloruro de cobre)	3.2 cc / lt.		Tizón tardío	3
Metalaxil - N-(2,6-dimetilfenil)-N-(metoxiacetil) alanina metil ester	2.5 gr./ lt.		Tizón tardío	1
Rydomil bravo Metalaxil	2.5 gr./ lt.		Tizón tardío	1

Las dos plagas que se presentaron fueron Mosquita blanca *Bemisia tabaci* y Diabrotica, la primera se presentó cuando la planta tenía una altura entre 15 – 20 cm, sin causar daño al cultivo; mientras que la Diabrotica se presentó en etapas de desarrollo tempranas y en etapas más avanzadas sin causar daño al cultivo.

La enfermedad que se presentó fue el Tizón tardío *Phytophthora infestans*. Cuando aparecieron los primeros síntomas de la enfermedad se hicieron las primeras aplicaciones, logrando parar el avance de la enfermedad y por consiguiente evitar algún daño al cultivo. Todas las aplicaciones se hicieron con la mochila aspersora, con las siguientes fechas de aplicación: para Citlali y Extracto de ajo 17 de Enero y 21 de Febrero, para Metamidofos 17 de Febrero, 11 de Marzo y 16 de Marzo; Metalaxil el 24 de Marzo, Rydomil bravo el 19 de Marzo.

Aplicación De Los Ácidos

Se hicieron 5 aplicaciones de los inductores durante el ciclo del cultivo, efectuadas en las siguientes fechas (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1: Fechas de aplicación de los ácidos de acuerdo a los días después de la siembra.

Fecha de aplicación	Días después de la siembra
21 de Enero de 2004	51
04 de Febrero de 2004	65
26 de Febrero de 2004	87
18 de Marzo de 2004	107
15 de Abril de 2004	135 (Floración)

Las concentraciones de los ácidos que se aplicaron son las siguientes (cuadro 3.2)

Cuadro 3.2 Contenido de las diferentes soluciones aplicadas foliarmente en el experimento.

TRATAMIENTOS	CONTENIDO DE LA SOLUCIÓN
T1 = AS 1×10^{-4} M	0.013812 gr. / lt
T2 = AS 1×10^{-6} M	0.00013812 gr. / lt
T3 = AB 1×10^{-4} M	0.01222 gr. / lt
T4 = AB 1×10^{-6} M	0.0001222 gr. / lt
Testigo	Agua lt.

AS = Ácido salicílico AB = Ácido benzoico

Nota: Para la aplicación de estos ácidos; debido a su baja solubilidad, se tuvieron que preparar en laboratorio, tomando un litro de agua y agregando a un matraz Kjendal poniéndolo a calentar en la parrilla eléctrica Thermoline con calentador y agitador donde se agrego el ácido en el agua ya caliente, se empezó a agitar mientras se seguía calentando hasta que se diluyera el ácido, ya disuelto el ácido se procedió a aforar a 4 litros de agua, esto se aplico a cada contenido de ácido.

La metodología que se siguió fue asperjar con el atomizador cada uno de los tratamientos a sus 36 repeticiones, la aplicación fue en forma foliar.

Variables evaluadas

Numero de tubérculos

Para determinar el numero de tubérculos se procedió a lavar perfectamente las raíces hasta eliminar partículas adheridas del sustrato separando la parte aérea de la raíz, se separaron los tubérculos de los estolones para poder ser contados de una manera adecuada planta por planta.

Peso de tubérculos por planta

Para determinar el numero de tubérculos se procedió a lavar perfectamente las raíces hasta eliminar partículas adheridas del sustrato separando la parte aérea de la raíz, se separaron los tubérculos y se pusieron en bolsas de papel para de ahí llevarlos a pesar en una balanza analítica planta por planta.

Peso promedio de tubérculos

Para este caso se utilizaron todos los tubérculos que fueron separados (planta por planta) y contados los cuales se separaron en una bolsa marcada con los datos se pesaron en una balanza analítica bolsa por separado ya teniendo el peso de los tubérculos por bolsa y el número de tubérculos también por bolsa se dividió el peso entre el número de tubérculos y así se obtuvo esta variable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este presente trabajo las variables evaluadas tales como peso del tubérculo por planta no mostró diferencia estadística según el análisis de varianza (apéndice). No obstante el peso promedio del tubérculo mostró diferencia significativa en el ANVA pero de acuerdo a la prueba de medias (Tukey $\alpha = 0.05$) no mostró diferencia significativa. Sin embargo la única variable que presentó diferencia estadística bajo estas dos condiciones fue el número de tubérculos siendo el mejor tratamiento el ácido salicílico $1 \times 10^{-6} \text{ M}$ (cuadro 4.1).

El tratamiento de ácido salicílico $1 \times 10^{-6} \text{ M}$ aplicado en forma foliar incrementa la tuberización con respecto al testigo, por lo tanto se puede decir que las aplicaciones foliares de AS son favorables para inducir tuberización.

A diferencia de Cabeza (2001) y Eugenio (2003) los cuales coinciden en que el AB $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ induce la tuberización para este caso el mejor fue el AS coincidiendo con Raskin (1992).

Cuadro 4.1 Resultados de la comparación de medias (Tukey $\alpha = 0.05$) de las variables evaluadas en el experimento.

Tratamientos	Peso tubérculo en grs.	Numero de tubérculos	peso promedio de tubérculos
TESTIGO	756.30 a	15.000 ab	55.015 a
AS $1 \times 10^{-6} \text{ M}$	802.78 a	18.000 a	46.163 a
AS $1 \times 10^{-4} \text{ M}$	782.04 a	17.889 ab	45.523 a
AB $1 \times 10^{-6} \text{ M}$	748.52 a	14.889 b	53.362 a
AB $1 \times 10^{-4} \text{ M}$	763.70 a	15.148 ab	54.157 a

Tratamientos con la misma literal son estadísticamente iguales

AS = Ácido salicílico, AB = Ácido benzoico.

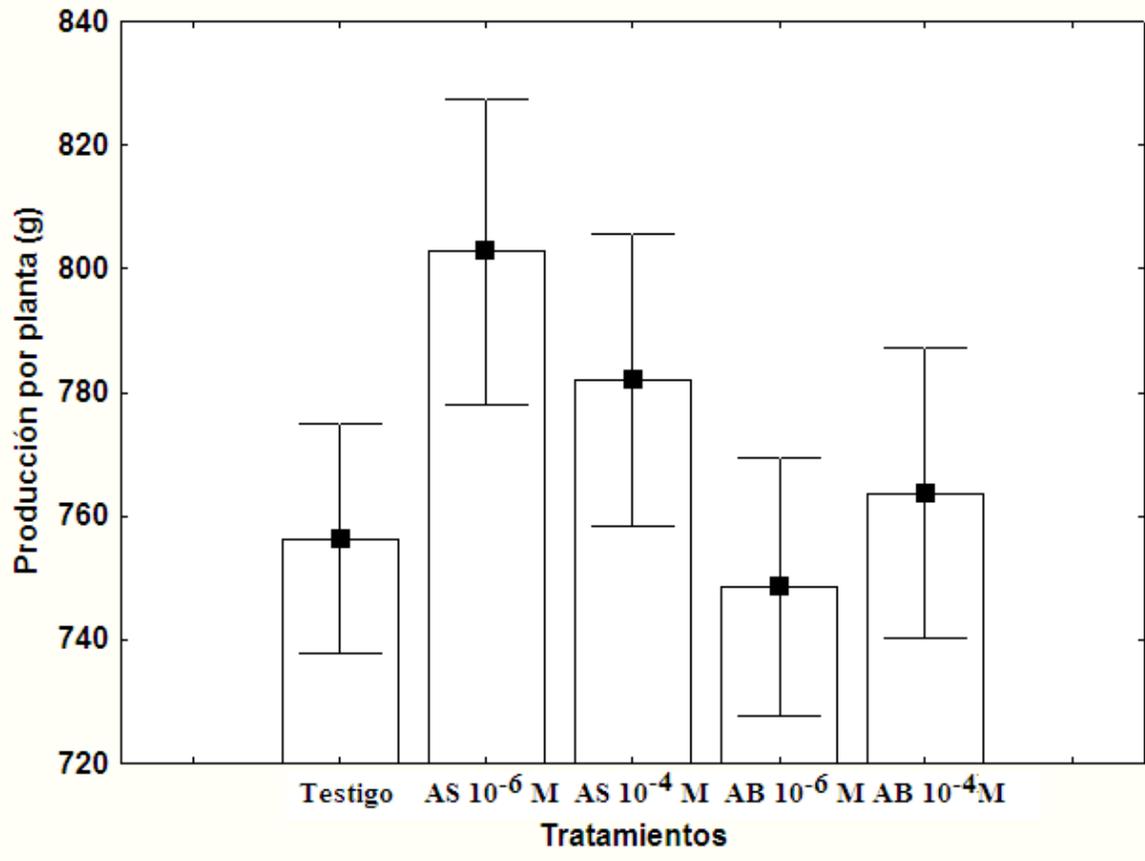


Figura 1: Comportamiento de los valores promedios de producción por planta para cada tratamiento.

En la Figura 1 se puede observar que la aplicación foliar de AS aumenta el peso o la producción por planta respecto al testigo y al AB10⁻⁶ el cual produjo un efecto negativo respecto al testigo disminuyendo la producción en el cual vemos que la aplicación de AS aumenta la producción y por consiguiente el rendimiento.

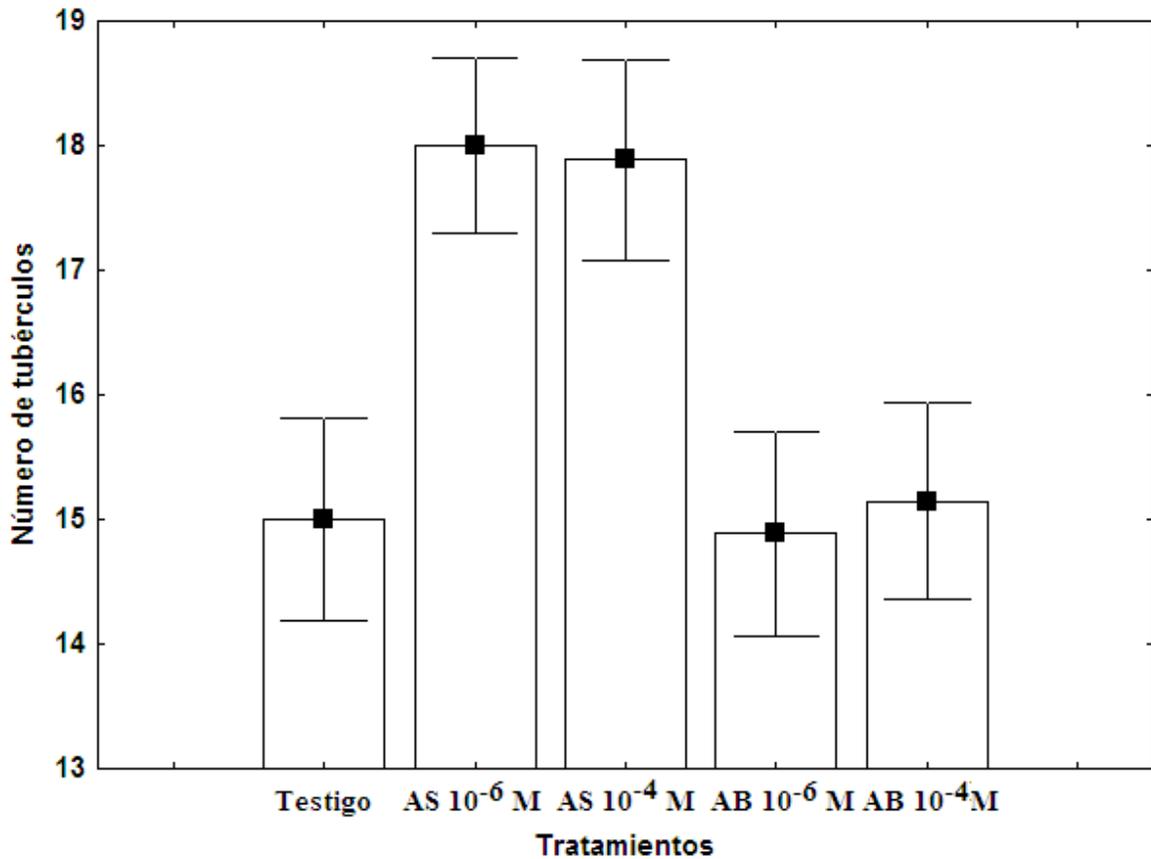


Figura 2: Comportamiento de los valores promedios del numero de tubérculos por planta para cada tratamiento.

En la Figura 2 se puede observar que la aplicación foliar de AS aumenta considerablemente la tuberización respecto al testigo y al AB 10^{-6} el cual produjo un efecto negativo respecto al testigo disminuyendo él numero de tubérculos; donde no coinciden con los resultados de Cabeza Banda (2001) y Eugenio Mora (2003) donde ellos coinciden en que el AB $^{-4}$ induce la tuberización en papa.

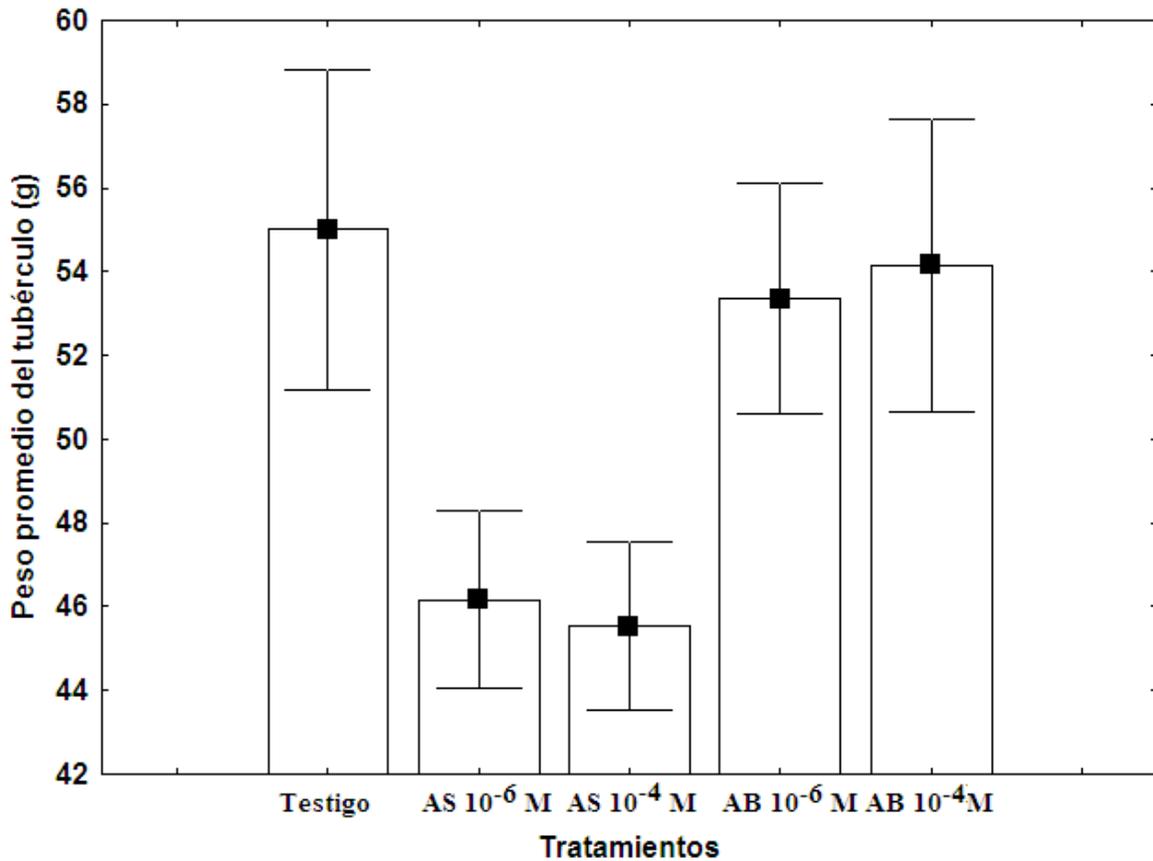


Figura 3: comportamiento de los valores promedio de peso del tubérculo para cada tratamiento.

En la Figura 3 se observa un efecto negativo de los tratamientos respecto al testigo ya que el testigo de acuerdo al promedio demostró mayor peso promedio dejando abajo al AB y por consiguiente el AS fue el que menos peso tuvo por consiguiente la aplicación de estos ácidos no beneficia el llenado de tubérculo.

En general, los resultados obtenidos en este trabajo se encontró que solo el tratamiento de AS $1 \times 10^{-6}M$ en la aplicación foliar fue el de mayor respuesta para las variables evaluadas en la producción por planta y en tuberización coincidiendo con Raskin (1992).

CONCLUSIONES

De acuerdo a la aplicación foliar de los ácidos en cada tratamiento el ácido salicílico $1 \times 10^{-6} \text{ M}$ manifestó un efecto positivo sobre la producción por planta y el número de tubérculos por lo tanto si hay un efecto positivo en la aplicación de estos ácidos.

El tratamiento de AS $1 \times 10^{-6} \text{ M}$ foliar incremento el número de tubérculos significativamente, estando de acuerdo con Raskin (1992) el cual concluye que AS influye en la tuberización.

La aplicación de AS $1 \times 10^{-6} \text{ M}$ presento un aumento en la producción por planta numéricamente y en cuanto al peso promedio presentó un efecto negativo respecto al testigo.

En general, de acuerdo a los datos obtenidos en el presente trabajo, el AS fue el producto que mostró mayor efecto en cuanto a producción y tuberización en la planta de papa a diferencia de los resultados obtenidos por Cabeza (2001) y Eugenio (2003).

Aún cuando el cultivo se vio sometido a estrés por frío debido a la fecha de siembra en la cual se estableció, se observo un efecto positivo en cuanto a la aplicación de estos ácidos.

LITERATURA CITADA

- Bourbouloux, A., P. Raymond, and S. Delrot. 1998. Effects of salicylic acid on sugar and Amino acid uptake. *J. Exp. Bot.*
- Cabeza Banda, L. A. 2001. Evaluación de los ácidos salicílico y Benzoico en el Cultivo de Papa. Tesis de Lic. UAAAN. Buena vista, Saltillo Coahuila, México.
- Calderon Saenz Felipe. 1997. Todo sobre los quelatos.
www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Cartilla_Quelatos.pdf
- 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.
- Chen, W., G. Chao, and K.B. Singh. 1996. The promoter of a H₂O₂-inducible, *Arabidopsis* glutathione S-transferase gene contains closely linked OBF and OBP1-binding sites. *Plant J.*
- 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.*
- Dat, J.F., H. López-Delgado, C.H. Foyer, and I.M. Scott. 1998. Parallel changes in H₂O₂ and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. *Plant Physiol.*
- Draper, J. 1997. Salicylate, superoxide synthesis and cell suicide in plant defence. *Trends Plant Sci.*
- Eugenio Mora F. J. 2003. Evaluación de los Ácidos Salicílico y Benzoico en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Lic. UAAAN. Buena vista, Saltillo Coahuila, México.

- Ferrarese, L., P. Moretto, L. Trainotti, N. Rascio, and G. Casadoro. 1996. Cellulase involvement in the abscission of peach and pepper leaves is affected by salicylic acid. *J. Exp. Bot.*
- 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.*
- Lopez-Delgado, H., J. Dat, C. Foyer, and I. Scott. 1998. Induction of thermotolerance in potato microplants by acetylsalicylic acid and H₂O₂. *J. Exp. Bot.*
- 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.
- Hennig, et al. 1993. Interconversion of the salicylic acid signal and its glucoside in tobacco. *Plant J.*
- Inzé, D. and M. Van Montagu. 1995. Oxidative stress in plants. *Curr. Op. Biotech.*
- Lawton, K., K. Weymann, L. Friedrich, B. Vernooij, S. Uknes, and J. Ryals. 1995. Systemic acquired resistance in *Arabidopsis* requires salicylic acid but not ethylene. *Mol. Plant microbe interact.*
- 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*
- Loya Ramos Aarón Hazael. 2003. Rentabilidad de un Fertilizante Líquido Aplicado al Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) Var. Gigant. Tesis Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- 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.*

- 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*.
- Montaldo, A. 1984. *Cultivo y Mejoramiento de la papa*. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura, San José, Costa Rica.
- Mur, L.A.J., G. Naylor, S.A.J. Warner, J.M. Sugars, R.F. White, J. Draper. 1996. Salicylic acid potentiates defense gene expression in leaf tissue exhibiting acquired to pathogen attack. *Plant J*.
- Murphy, A.M., S. Chivasa, D.P. Singh, and J.P. Carr. 1999. Salicylic acid-induced resistance to viruses and other pathogens: a parting of the ways? *Trends Plant Sci*.
- Prasad, T.K., M.D. Anderson, B.A. Martin, C.R. Stewart. 1994. Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. *Plant Cell*.
- Kauss, H., and W. Jeblick. 1995. Pre-treatment of parsley suspension cultures with salicylic acid enhances spontaneous and elicited production of H₂O₂. *Plant Physiol*.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants *Annu. Rev. Plant physiol. Plant Mol. Biol*.
- Rojas G.M. 1985. *Fisiología vegetal aplicada*. Tercera edición Departamento de Biología ITESM. Ed. Trillas. México.
- Rüffer, M., B. Steipe, and M.H. Zank. 1995. Evidence against specific binding of salicylic acid to plant catalase. *FEBS Lett*.
- 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*.
- SARH. 1983. *El cultivo de tomate, papa y otras Solanáceas en el estado de Guanajuato*. Ed. Instituto de Investigaciones Agrícolas. Circular CIAMEC. No. 109 México.

- SEP. 1987. papas Manual para la Educación Agropecuaria. Editorial Trillas. Primera Edición. México D.F.
- Siller, C. J. H. 2000. Análisis de Hortalizas en México. Revista productores de hortalizas. Año 9 No 10. Octubre del 2000. publicación periódica Meister Publishing Co 8 –12.
- Shirasu, K., H. Nakajima, V.K. Rajasekhar, R.A. Dixon, and C. Lamb. 1997. Salicylic acid potentiates an agonist-dependent gain control that amplifies pathogen signals in the activation of defense mechanisms. Plant Cell.
- Valadez, A. 1992. Produccion de Hortalizas. Editorial Limusa. 4ta. Reimpresión. México. D.F.
- Willekens, H., D. Inzé, M. Van Montagu, and W. Van Camp. 1995. Catalases in plants. Mol. Breeding 1:207-228.
- FAO de la ONU, 2002. Análisis respecto al comportamiento de la producción y consumo de la Papa en México.
<http://www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/Anpapa.html>
- Ing. Agr. Christensen Javier (CEO), 2004 Guía del Cultivo de Papa
<http://www.agroconnection.com.ar/secciones/cultivos/papa/S056A00001.htm>
- Alonso Arce, Fernando, 1996. El cultivo de la patata
<http://www.gro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/CPapaIndicedecultivo.html#Papa>
- Ing. Marassi Maria Antonia 2004. Otros reguladores de crecimiento.
<http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores.htm#Salicílico>

APENDICE

Características agronómicas de la variedad "Gigant"

Características agronómicas	Descripción
Maduración	De semitemprana a semitardía.
Rendimiento	Muy alto.
Calidad culinaria	Bastante firme al cocer, tiende a decolorarse después de la cocción.
Características morfológicas	
Planta	Tallos: poco numerosos, de buen grosor, longitud media y de color rojo a morado pálido principalmente en las axilas. Hojas: de gran tamaño, rígidas de color verde claro; folíolos primarios bastante grandes y con nervaduras superficiales. Floración: muy escasa (flores blancas).
Tubérculos	De forma ovular, color externo e interno amarillo claro, de textura parcialmente áspera ojos bastante superficiales.
Brote	Al principio elipsoidal y mas tarde uniforme, de color morado, rojo morado y morado pálido, yema terminal grande y abierta, poco vellosa.

Análisis de varianza de la variable peso del tubérculo

Peso del Tubérculo en grs. por Tratamiento	n	Media	Desviación standar	Error standar
AB4	27	763.704	121.810	23.4423
AB6	27	748.519	107.818	20.7495
AS4	27	782.037	122.915	23.6551
AS6	27	802.778	128.335	24.6981
TEST	27	756.296	96.363	18.5450

Fuente de Variación	Suma De Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p
Tratamientos	51460.370	4	12865.093	0.96	0.4344
Error Experimental	1750479.630	130	13465.228		
Total	1801940.000	134			

Análisis de varianza de la variable de numero de tubérculos

PESO DEL TUBÉRCULO EN GRS. POR TRATAMIENTO	N	MEDIA	DESVIACION STANDAR	ERROR STANDAR
AB4	27	15.148	4.111	0.7912
AB6	27	14.889	4.273	0.8223
AS4	27	17.889	4.191	0.8065
AS6	27	18.000	3.669	0.7061
TEST	27	15.000	4.197	0.8077

Fuente de Variación	Suma De Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p
Tratamientos	279.630	4	69.907	4.17	0.0033
Error experimental	2178.741	130	16.760		
Total	2458.370	134			

Análisis de varianza de la variable del peso promedio de tubérculo

Peso del Tubérculo en grs. por Tratamiento	n	Media	Desviacion standar	Error standar
AB4	27	54.157	18.189	3.5006
AB6	27	53.362	14.233	2.7392
AS4	27	45.523	10.434	2.0080
AS6	27	46.163	11.066	2.1296
TEST	27	55.015	19.881	3.8261

Fuente de Variación	Suma De Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p
Tratamientos	2293.376	4	573.344	2.47	0.0477
Error experimental	30160.143	130	232.001		
Total	32453.519	134			

