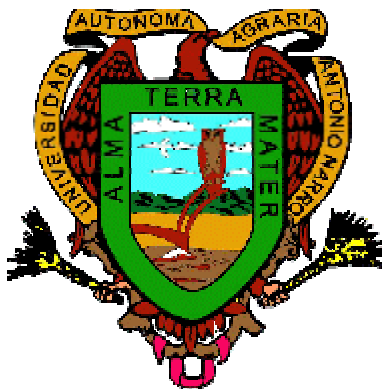


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE SEÑALIZADORES DEL ESTRÉS EN EL
CONTENIDO DE VITAMINA C Y MINERALES EN TOMATE (*Lycopersicon
esculentum* (L.) Mill.)**

Por :

LEOPOLDO ALONSO YÁÑEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de :

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo del 2004

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE SEÑALIZADORES DEL ESTRÉS EN EL
CONTENIDO DE VITAMINA C Y MINERALES EN TOMATE (*Lycopersicon
esculentum* (L.) Mill.)**

POR :

LEOPOLDO ALONSO YÁÑEZ

TESIS

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

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

APROBADO POR:

**DR. ADALBERTO BENAVIDES MENDOZA
ASESOR PRINCIPAL**

**DR. HOMERO RAMÍREZ RODRÍGUEZ
SINODAL**

**M.C. ALBERTO SANDOVAL RANGEL
SINODAL**

**DR. REYNALDO ALONSO VELASCO
SINODAL**

**M. C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Marzo del 2004

DEDICATORIA

A los seres que me dieron la vida y me han brindado apoyo, cariño, amor y mucha comprensión:

Mis Padres:

Margarita Yáñez Gonzáles

Eugenio Alonso Arenas

Gracias por todo lo que hacen por mi y que Dios los bendiga.

A mis hermanos:

Andrés

Demetrio

Martín

Antonio

Hermilo

Por todo el apoyo moral y económico que me han brindado para poder concluir mis estudios.

A mis cuñadas, por formar parte de mi familia.

A mis sobrinos, por ser la alegría de la familia y el futuro de la misma.

"A toda mi familia muchas gracias"

AGRADECIMIENTOS

A DIOS todo poderoso, por darme la oportunidad de conocer este mundo y cumplir con una de mis metas en la vida.

A mi "ALMA TERRA MATER", por brindarme un espacio para realizar mis estudios profesionales.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza, por todo el apoyo brindado para la realización de este trabajo y por su amistad.

Al Dr. Homero Ramírez Rodríguez, por su apoyo en la revisión de la presente investigación.

Al M.C. Alberto Sandoval Rangel, por su amistad y apoyo brindado en la revisión del escrito del presente trabajo.

Al Dr. Reynaldo Alonso Velasco, por su participación como sinodal en el presente trabajo de investigación.

A todos los maestros del departamento de Horticultura y en especial a los M.C. Alfredo Sánchez L. e Inocente Mata B. por los conocimientos compartidos, sus consejos y amistad brindada durante mi estancia en la Universidad.

A la M.C. Mildred Flores y la T.L.Q. Laura Duron, por el apoyo brindado durante la realización de los análisis de laboratorio.

A los compañeros de la generación 96 de Horticultura, pero en especial a Elizabeth S. Julia G. Adriana C. Araceli P. y Dario B. por su amistad y apoyo.

A todos los que de una u otra forma me han apoyado, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página.
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS	V
RESUMEN	VI
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
Hipótesis	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Estrés	3
Señalización del estrés	4
Señalizadores del estrés	6
Ácido Salicílico	6
Ácido Benzoico	7
Quitósán	9
MATERIALES Y METODOS	13
Localización de experimento	13
Material vegetativo	13
Características de la variedad	13
Tratamientos	14
Etapas	14
Diseño experimental	14
Manejo del experimento	14
Siembra	14
Trasplante	15
Riegos	15
Fertilización	16

Entutorado	16
Poda	17
Aplicación de los tratamientos	17
Plagas	17
Enfermedades	18
Variables evaluadas	18
Contenido de vitamina C en frutos	18
Contenido de minerales en frutos	18
Contenido de minerales en las hojas	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
CONCLUSIONES	26
LITERATURA CITADA	27

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO	Página.
Cuadro No. 1. Valor nutritivo del tomate	3
Cuadro No. 2. Composición y concentración de la solución nutritiva "La Molina"	16
Cuadro No. 3. Valores promedios del contenido de vitamina C en los frutos de tomate	20
Cuadro No. 4. Valores promedios del contenido de minerales en los frutos de tomate después de haber aplicado los señalizadores de estrés	22
Cuadro No. 5. Valores promedios del contenido de minerales en láminas foliares y pecíolos de plantas de tomate después de haber aplicado los señalizadores de estrés en los frutos.....	25
FIGURA.	
Figura No. 1. Diagrama de los componentes de una respuesta al estrés por medio de una cascada de señalización	5

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, durante los meses comprendidos de mayo a noviembre del 2003. El objetivo fue el de evaluar el ácido salicílico, ácido benzoico y quitosán como señalizadores del estrés.

La investigación consistió en aplicaciones de ácido salicílico 10^{-4} M(AS), ácido benzoico 10^{-4} M(AB) y quitosán al 1%(Q) en etapa de amarre(AM), llenado (LL) y cosecha(CO) de frutos de tomate. Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial A x B dando un total de 12 tratamientos y 12 repeticiones para la variable contenido de minerales en hojas. Para las variables vitamina C y minerales en frutos solo se analizaron 2 etapas de aplicación (Llenado y Cosecha). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza utilizando el paquete de estadística y pruebas de medias utilizando Tukey ($\alpha = 0.05$).

Los resultados obtenidos muestran que el contenido de vitamina C es similar en todos los tratamientos y etapas de aplicación. Sin embargo, los minerales en el fruto muestran que con el AS el Cu y Mn elevan su concentración, el Zn, Na, Mg, K, P y N no tienen cambios significativos, el Fe se concentró más en el T y con el Q se eleva el Ca. Con respecto a etapas encontramos que cuando se aplica en LL el Mn eleva su concentración, así como el Mg cuando se aplica en CO, en cambio el Cu, Zn, Fe, Na, Ca, K, P y N no mostraron ninguna diferencia significativa.

La determinación de minerales en las hojas muestra que Cu, Na, Mg, Mn y K no tienen diferencias significativas, el Zn y Ca se concentran más en el T, así como el Fe con el Q. Y el P y N con la aplicación de AS. En las etapas solo se encontró que cuando se aplica en CO el Cu eleva su concentración, sin embargo, ninguno de los demás elementos muestra diferencias significativas.

INTRODUCCIÓN

Las plantas durante su desarrollo están sometidas constantemente a condiciones cambiantes del medio que las rodea. Cuando las condiciones no son favorables, las plantas responden en forma negativa a estos cambios, es decir cualquier alteración en las condiciones ambientales puede resultar en decremento del óptimo funcionamiento y con alteraciones en el desarrollo de las plantas. Este tipo de alteraciones que afectan negativamente los procesos fisiológicos de la planta hacen que esta entre en una condición de estrés.

Actualmente el estrés ambiental es una fuerte restricción para el aumento de la productividad y de la extensión de los cultivos. Se estima que únicamente un 10% de la superficie de la tierra arable se encuentra libre de estrés. Cerca del 20% de la tierra presenta algún tipo de deficiencia o toxicidad mineral, 26% es afectada por estrés de sequía y 15% por congelación (Blum, 1988). Incluso bajo condiciones de producción como invernaderos y túneles se presentan eventos de estrés biótico o abiótico que disminuyen la productividad y calidad de los cultivos.

El enfoque moderno de la producción agrícola incluye la aplicación de los mecanismos de señalización del estrés como una estrategia para aumentar la tolerancia de las plantas frente a los factores ambientales. Diversas aplicaciones prácticas, como el uso de transgénicos, cultivo de tejidos, tratamiento de semillas etc., permitirán explotar estos mecanismos intrínsecos de resistencia para disminuir las aplicaciones de pesticidas y reguladores sintéticos.

Por otra parte, debido a los buenos resultados obtenidos en algunos trabajos realizados donde se aplican señalizadores del estrés como el ácido

salicílico, ácido benzoico y quitosán se crea la necesidad de comprender los mecanismos que estos compuestos activan o modifican en los diferentes procesos fisiológicos de las vegetales.

Para este trabajo se seleccionó el cultivo de tomate por ser una hortaliza muy extensamente cultivada en todo el mundo. En nuestro país es considerada como la segunda especie más importante debido a la superficie sembrada como por su valor comercial. En el ciclo otoño-invierno del 2000-2001 se sembraron 40,400 has, obteniendo un rendimiento promedio de 30.7 ton/ha.

Por todo lo antes mencionado se presenta este trabajo con el planteamiento de los siguientes objetivos e hipótesis:

Objetivos

- Determinar la calidad nutritiva en términos del contenido de minerales y vitamina C de los frutos tratados con los señalizadores del estrés.
- En su caso, establecer la etapa adecuada de aplicación de los señalizadores.

Hipótesis

- Con la aplicación de los señalizadores del estrés (ácido salicílico, ácido benzoico y quitosán) se obtendrán frutos con mayor calidad nutritiva.
- Cuando los señalizadores del estrés se aplican en etapas tempranas se obtienen mejores resultados.

REVISIÓN DE LITERATURA

El tomate es una hortaliza relativamente rica en vitaminas. Contiene de 20 a 45 mg % de vitamina C; 0.6 mg % de vitamina A; 0.08 mg % de vitamina B, etc. En los frutos encontramos de 0.03 a 0.5% de ácido cítrico, ácido málico y alrededor de 0.15% de pectina. El color rojo de los frutos se debe al licopeno. Los frutos amarillos contienen carotenos y xantofilas (Pérez, 1997).

Cuadro No. 1 Valor nutritivo del tomate

Composición química/100 g	
Agua	94.0 g
Calcio	7.0 mg
Fierro	0.5 mg
Fósforo	23.0 mg
Potasio	204.0 mg
Sodio	13.0 mg
Ácido ascórbico	17.6 mg
Vitamina A	1,113 UI*
Carbohidratos	4.3 g
Fibra	0.5 g
Grasa	0.2 g
Proteína	0.9 g
Energía	19.0 kcal

* UI (Unidades Internacionales)

Estrés

Conforme a lo descrito por Benavides (2002), se ha definido el estrés como una desviación significativa de las condiciones óptimas para la vida. como respuesta a dicha desviación se inducen cambios en todos los niveles funcionales del organismo, pudiendo ser dichos cambios reversibles o permanentes. Aún si la

condición de estrés es temporal, es normal que la vitalidad de la planta se vea disminuida en tanto se realizan los ajustes requeridos para la nueva situación. Si el estrés es demasiado intenso o si el periodo de acción es demasiado largo entonces los daños latentes se transforman a daños irreversibles que pueden afectar a la planta entera o partes de la misma.

En otras palabras el estrés es el conjunto de respuestas bioquímicas o fisiológicas que definen un estado particular del organismo diferente al observado bajo un rango de condiciones óptimas. Asimismo, se aplicará el término resistencia al estrés para definir "la capacidad de un organismo para evitar los estímulos ambientales negativos o para permanecer bajo un estado particular de estrés sin que su fenotipo se vea modificado de manera significativa". En la definición anterior se considera que existe un estado fenotípico ideal, observado bajo condiciones óptimas, al cual se le llama "norma" (Benavides, 2002)

Señalización del Estrés.

Actualmente el estrés ambiental es una de las principales limitantes para el buen desarrollo de las plantas y por consecuencia baja productividad. Entre las diferentes clases de factores que ocasionan estrés en las plantas podemos mencionar a: altas o bajas temperaturas, salinidad, déficit hídrico, etc., los cuales tienen en común la causa del estrés oxidativo en las células y tejidos de las plantas.

Los intentos para disminuir un estrés, o para mejorar la resistencia o la adaptación de las plantas a dicho estrés tendrán mayor alcance si se entiende el trasfondo fisiológico y bioquímico sobre el cual transcurren las respuestas de las plantas. Con ello es posible desarrollar estrategias de manejo razonable para disminuir las pérdidas debidas a las distintas clases de estrés.

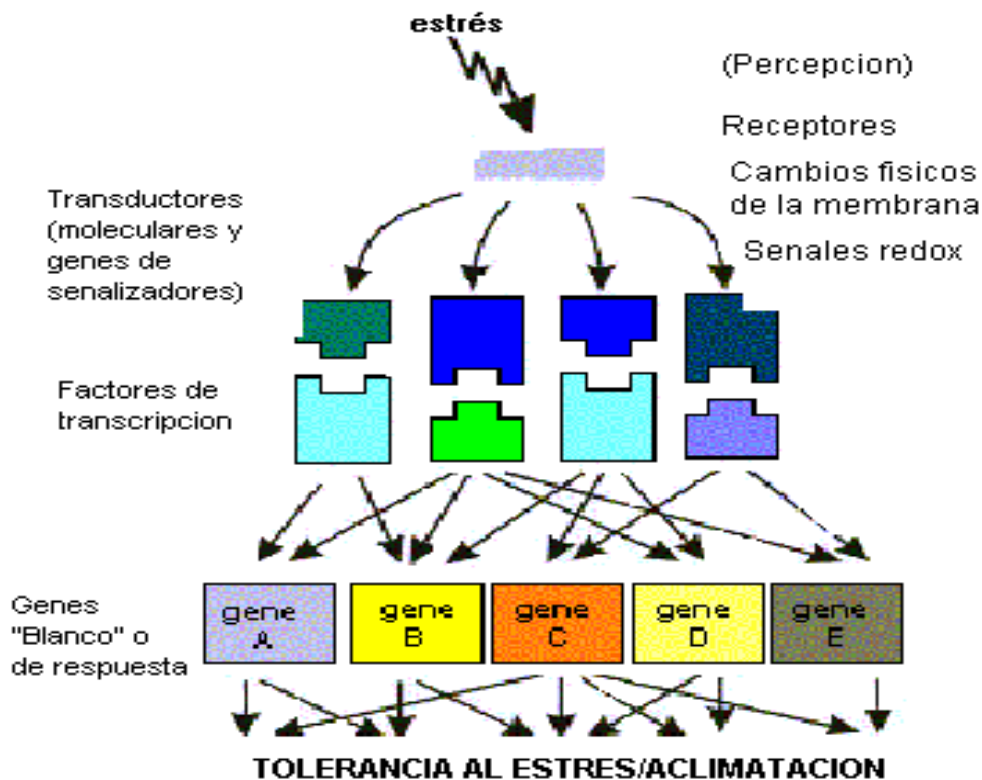


Figura 1. Diagrama de los componentes de una respuesta al estrés por medio de una cascada de señalización (Modificado de De Pastori y Foyer, 2002).

La señalización celular es la liberación por parte de una célula de una sustancia o sustancias que transmiten información a otras células. La señalización es la base de la transducción de señales, el proceso por el cual las plantas perciben las señales de diversos factores ambientales y las transmiten a otras células para activar respuestas de modulación, adaptación y defensa. Para que ocurra la transducción de señales se requiere de la acción de una "Vía o cascada de señalización", es decir, de la transferencia de estímulos desde una molécula perceptora primaria (que es la que recibe el estímulo y que se la llama receptor), a través de un conjunto de moléculas extra o intracelulares (llamadas señalizadores) cuya función es transmitir la señal por medio de un evento químico como la fosforilación hasta las moléculas o genes que se encargan de la respuesta al estímulo (llamados "de respuesta" o efectores). Al proceso se le llama cascada ya

que ocurre en cadena, requiriéndose en cada paso de la acción del agente anterior, y no estrictamente lineal, es decir, un señalizador puede activar uno o más efectores o un efector puede activarse por dos o más señalizadores. El resultado final es una especie de intercomunicación entre diversos señalizadores y efectores que forman una "red de transducción de señales"(Benavides, 2002). En la figura 1 se muestra el esquema de una red de transducción de señales.

Señalizadores del Estrés.

Ácido Salicílico.

El nombre de ácido salicílico proviene de *Salís alba*, el árbol cuyas hojas y corteza tradicionalmente se utilizaba como cura para el dolor y fiebre y de donde Johann Buchner en 1828 aisló la salicina. En 1874 se inicio la producción comercial de AS en Alemania, al ácido acetilsalicílico se le dio el nombre comercial de aspirina en 1898 por la Bayer Company (Raskin, 1992).

El ácido salicílico es un compuesto fenólico derivado del ácido benzoico 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. Su concentración se eleva cuando las células, órganos o plantas completas son sometidas a la acción de laguna clase se estrés, sea este biótico o abiótico. En estas situaciones el ácido salicílico participa en forma importante en la cascada de señalización que da lugar a las respuestas de adaptación en ambientes extremos, a la expresión de los sistemas de control de daño oxidativo así como a la inducción de la resistencia sistémica adquirida en el caso de patogénesis. (Raskin, 1992).

El AS es un polvo cristalino con un punto de fusión de 158°C. Es moderadamente soluble en agua comportándose como un ácido débil. Su peso molecular es de 138.1 gr/mol y su formula es C₇H₆O₃ (Raskin, 1992).

El ácido salicílico presenta propiedades de retraso de senescencia (Boubouloux et al., 1998), inductor de floración y tuberización así como de compuesto termogénico y alelopático, entre otras (Raskin, 1992).

Se ha encontrado que el ácido salicílico es un inductor de la floración y de la formación de yemas: se desconoce el mecanismo por medio del cual se ejerce este efecto.

La mayor parte de las aplicaciones del AS se han realizado respecto a la inducción de resistencia frente a los patógenos.

En particular, diferentes estudios muestran la importancia del ácido salicílico en los procesos fisiológicos y de adaptación de las plantas.

El ácido salicílico 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 *et al.*, 1998), en tomate de cáscara produce 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 la parte aérea y raíz de plántulas de tomate, papayo, tomate de cáscara y chile (Gutiérrez – Coronado *et al.*, 2000).

Ácido Benzoico.

El ácido benzoico (ácido bencenocarboxílico), C₆H₅COOH (abreviado, B_zOH), tiene un peso molecular de 122.05, se cristaliza en hojuelas o agujas

monoclínicas blancas, lustrosas. Se obtuvo primero de benjuí, en la exudación resinosa provocada por incisiones en la corteza del *Styrax benzoin*, que es un árbol de la familia de las lauráceas (Kirk, 1961).

Blaise de Vigenere, medico francés no fue el primero en mencionar el ácido benzoico, pero sí lo fue en describirlo en lenguaje moderno (1618). Wöhler y Liebig (1832) y Mitscherlich (1834) determinaron su estructura. El ácido benzoico se usa en Medicina y para conservar los alimentos (Kirk, 1961).

El ácido benzoico en estado libre, o en forma de derivados sencillos, como sales, ésteres y amidas, está muy distribuido en la naturaleza. El benjuí (del *Styrax benzoin*) puede contener hasta 20% de ácido benzoico, en estado libre o en combinaciones que se descomponen fácilmente por calentamiento. La resina acaroide (de la *Xanthorrhoea hastilis*) contiene de 4.5 a 7%. Se encuentran proporciones más pequeñas del ácido libre en productos naturales de índole muy diversa: la corteza del cerezo negro silvestre, el castóreo, los arándanos (que contienen de 0.029 a 0.098%), las ciruelas, el clavo maduro y el aceite volátil de anís. La frambuesa, la grosella y el fruto de la *Gaylussacia baccata* (especie de arándano) contienen ácido benzoico o compuestos muy afines (Kirk, 1961).

Se ha encontrado que al aplicar AB en concentración de 10^{-4} M en tubérculos y foliar en papa, produce un incremento en el porcentaje de brotación, crecimiento, producción de biomasa y mayor número de tubérculos por planta (Cabeza, 2001).

Palafox (2001) demostró que al aplicar AB vía foliar al cultivo de melón aumenta el crecimiento de la planta, así como el número de flores .

Al aplicar AB en semillas de betabel aumenta la biomasa de este, pero en lechuga tiene efectos negativos(Santiago, 2002).

García (2002) obtuvo que al aplicar AB a concentración de 10^{-4} M en forma foliar en cultivo de *Lilium* cv Dreamland incrementa el diámetro y altura de la planta.

Quitosán.

El quitosán (pilo-D-glucosamina) es un polisacárido de cadena lineal y se obtiene mediante la desacetilación extensiva de la quitina, un homopolímero presente en los caparzones de crustáceos, moluscos, en las cutículas de los insectos y también se presenta en forma natural en la pared celular de algunos hongos, donde se sintetiza a través de varias reacciones enzimáticas que ocurren en estos microorganismos, y tiene la capacidad de asociarse a lípidos. (Rathke *et al.*, 1994).

El quitosán es un polímero catiónico de alto peso molecular, soluble en ácidos orgánicos (Miranda *et al.*, 2002) biocompatible, biodegradable, de baja toxicidad (Cárdenas *et al.*, 2002) y puede utilizarse como agente antifúngico o bien como inductor de respuesta de defensa de las plantas (Shigemasa, 1995).

El quitosán es un producto de gran interés debido a que es un material natural renovable y que por lo general es desechado en grandes cantidades por la industria camaronera, 1.44 millones de toneladas en base a peso seco (Knorr, 1991), el cual podría ser aprovechado como un subproducto; además presenta características importantes desde el punto de vista de aplicación entre los que destacan la biocompatibilidad, el alto poder quelatante y la biodegradabilidad. Se puede usar para recubrimiento de frutas y semillas protegiéndolas de plagas, empaque de alimento, antimicrobianos, purificación de agua, diálisis, recuperación de metales preciosos, películas de fotografía y muchas otras aplicaciones de interés en la agricultura, medicina, cosmetología, etc. Todas estas propiedades están determinadas por la naturaleza química del compuesto.

El quitosán es un polisacárido que se obtiene por hidrólisis básica de la quitina. Sin importar la manera como se produzca; el proceso de desacetilación en presencia de NaOH nunca es completo, ya que en realidad es un copolímero en el que el número de unidades de glucosamina y acetilglucosamida pueda variar en su composición.

El quitosán es soluble en disoluciones de ácidos orgánicos, insoluble en solventes orgánicos, es soluble en soluciones de ácido clorhídrico y nítrico en concentraciones entre 0.15 a 1.1%, pero insoluble a concentraciones de 10%. Es insoluble en ácido sulfúrico y ligeramente soluble en ácido ortofosfórico al 0.5%. el mejor solvente para el quitosán es el ácido fórmico, en el que se obtienen soluciones en concentraciones de 0.2 al 100% (Shirai *et al.*, 1996).

Los grupos aminos libres del quitosán le confiere propiedades importantes como polielectrolito lineal con alta densidad de carga, es un excelente floculante, se adhiere a superficies cargadas negativamente, aditivo para el cabello y la piel, quelatante de iones metálicos (Fierro y Cobre), de metales tóxicos (Cadmio, Mercurio, Plomo, Cromo y Níquel) y de radionuclidos (Plutonio y Uranio) (Mikheikin *et al.*, 1997).

El quitosán en solución presenta la apariencia de ser un gel transparente que no es capaz de disolverse en solventes orgánicos tales como el dimetil sulfóxido, cloroformo, formamida o dimetilformamida. El quitosán en forma de hojuela de color café claro es fácilmente soluble en soluciones de ácido acético, ácido fórmico, ácido fosfórico, etc. (Thomas, 1994)

Cárdenas *et al.*, (2002) utilizaron quitosán para el encapsulamiento de pesticidas y lograron obtener biocidas con 1-2 % de ingrediente activo en las microesferas, con esto eliminaron grandes cantidades de pesticidas, el efecto de

la dilución por lluvia y el riesgo de contaminación de las capas subterráneas del suelo.

Hadwiger *et al.*, (1984) e Hidalgo *et al.*, (1996) comprobaron que el quitosán induce una mayor germinación y rendimiento en los cultivos de cereales y tomate.

El quitosán al 1.5 % disminuye hasta en un 75% el desarrollo de antracnosis (*Coletotrichum gloesporioides*) en el almacenamiento de papaya (Hernández *et al.*, 2001).

Karasuda *et al.*, (2002) asperjaron quitinasa en un cultivo de fresa (*Fragaria spp*) y una semana después de que se aplicó se logró controlar el mildiu (*Sphaerotheca humuli*).

El quitosán se utilizó para el tratamiento de semillas como un agente antifúngico y como un inductor de genes que ayudan a la planta a la resistencia contra enfermedades. Otro de sus usos es como nematocida, la quitina estimula el crecimiento de los microorganismos y las enzimas del suelo. Las enzimas destruyen los huevos de los nematodos que atacan al algodón, hortalizas y árboles frutales (Meron Biopolymers, 1997)

Salvador *et al.*, (1999) recubrieron aguacate vd. Hass con quitosán y lograron conservar los frutos en buen estado hasta por 6 meses, logrando además inhibir el crecimiento de los microorganismos que causan la antracnosis y la pudrición del pedúnculo.

La aplicación de quitosán en plantas de agave no modifica el tamaño de las células de la planta (Samano 2003).

La actividad del quitosán para activar los mecanismos de defensa de las plantas lo convierte en una alternativa potencial atractiva para el manejo inocuo de

los patógenos y posiblemente del estrés abiótico en cultivos, tanto en condiciones de manejo intensivo como en terrenos marginales.

MATERIALES Y METODOS

Localización del experimento.

El presente trabajo se llevó a cabo durante los meses de mayo a noviembre del 2003 en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” que se encuentra ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Material Vegetativo.

Se utilizaron plantas de tomate del cultivar “Río grande”, el cual es conocido como del tipo Saladete o huaje.

Características de la variedad.

Esta variedad es de crecimiento determinado y ciclo medio. La planta es de follaje frondoso. Los frutos son de forma cuadrada alargada, con ápice ligeramente apuntado, de buen tamaño, muy firmes. Las plantas son muy productivas y rústicas. Los frutos se pueden comercializar en conservas o como frutos frescos. Además esta variedad es resistente a *Fusarium* y *Verticillium*.

Tratamientos.

T1 = Testigo = Agua

T2 = Ácido Salicílico en concentración de 10^{-4} M

T3 = Ácido Benzoico concentrado a 10^{-4} M

T4 = Quitosán a concentración de 1%

Etapas de aplicación

E1 = Amarre

E2 = Llenado

E3 = Cosecha

Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con un arreglo factorial A x B con 12 tratamientos con 12 repeticiones para la variable contenido de minerales en hojas dando un total de 144 plantas en el cual el factor A: 4 señalizadores (1= Testigo, 2= Ácido Salicílico, 3= Ácido Benzoico y 4 = Quitosán) y el factor B: 3 etapas de aplicación (1= Amarre, 2= Llenado, 3= Cosecha. Para las variables vitamina C y minerales en frutos solo se analizaron 2 etapas de aplicación (2= Llenado, 3= Cosecha) dando un total de 96 plantas. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y pruebas de rango múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$) utilizando el programa de statistica.

Manejo del experimento.

Siembra.

La siembra se realizó el día 12 de mayo del 2003, se pusieron a germinar las semillas en una charola de 200 cavidades, las semillas emergieron el día 16 de

mayo, tomando en cuenta que en la charola había más del 70% de plántulas por encima de sustrato.

El 19 de mayo se realizó la preparación de la solución nutritiva “Douglas”, la cual se le puso a la charola en una cama flotante durante 15 días. El 7 de junio se sacó la charola de la cama flotante para adaptar la planta y posteriormente realizar el trasplante, todo esto se llevó a cabo en el invernadero de vidrio en la Universidad.

Trasplante.

El trasplante se hizo el día 20 de junio. Los contenedores utilizados fueron bolsas de polietileno de 15 litros, el sustrato utilizado fue peat moss de tipo PROMIX BX y las macetas se colocaron dentro del invernadero, el cual es de tipo colombiano, con cubierta de polietileno, cuenta con ventilación cenital pasiva y cortinas móviles en cada lado de la estructura del mismo.

Después del trasplante se realizaron aplicaciones de captan cada 8 días hasta el término de la cosecha. Esto con el fin de prevenir enfermedades de tipo fungoso en las plantas.

Riegos.

El riego se aplicó todos los días, generalmente por las mañanas. El primero se aplicó el mismo día del trasplante poniendo 1 litro de agua por maceta. Los riegos subsecuentes fueron con la solución nutritiva (La Molina) modificada por maestros investigadores del departamento de horticultura de la Universidad, aunque 1 o 2 veces por semana también se daban riegos con agua pura, con el fin de hacer lavados del sustrato.

Fertilización.

La fertilización se aplicó junto con cada riego, ya que en cada uno de estos se estuvo aplicando la solución nutritiva, la concentración de esta se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Composición y concentración de la solución nutritiva "La Molina" (modificada por maestros investigadores de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro).

Compuesto	gr./600litro
Nitrato de calcio	300 gr.
Sulfato de Magnesio	1119.9 gr.
Sulfato Ferroso	24 gr.
Sulfato de Manganeso	7.98 gr.
Bórax	7.98 gr.
Sulfato de Cobre	7.98 gr.
Sulfato de Zinc	7.98 gr.
Sulfato de Amonio	199.98 gr.
12-0-46+6	799.8gr.

Entutorado.

El entutorado se realizó el 20 de julio, con la finalidad de conducir las plantas verticalmente para evitar que los frutos estuvieran en contacto con el suelo y además facilitar la entrada a los pasillos para realizar las diferentes actividades. Para esto se utilizó alambre encerado e hilo rafia.

Poda.

En este caso solo se realizo la poda de sanidad, la cual consistió e eliminar las hojas que se encontraban por debajo del primer racimo floral, ya que con mucha frecuencia estas se encuentran en contacto con el sustrato y facilitan el desarrollo de enfermedades, así como también forman microclimas los cuales ayudan al desarrollo de algunas plagas.

Las plantas se etiquetaron el 28 de agosto. El 5 de Septiembre se seleccionaron los racimos, marcándolos con hilo rafia de colores para diferenciar el tratamiento.

Aplicación de los tratamientos.

El 9 de septiembre se realizó la aplicación de los señalizadores en forma manual en las estructuras reproductivas seleccionadas, para lo cual se utilizaron 4 atomizadores de 250 ml. cada uno contenía diferente tratamiento (ácido salicílico 10^{-4} M, ácido benzoico 10^{-4} M, quitosán al 1 % y agua).

Plagas.

La principal plaga que se presentó durante el cultivo fue la Mosquita Blanca (*Bemisia tabaci*), para lo cual se aplicó Sinerba Garlic. Sinder, Actara y Confidor, a dosis recomendadas.

Otra plaga importante que se presento fue el Minador de la hoja (*Liriomyza munda*) el cual se controló con aplicaciones de Abakob 20 a razón de 1.5 cc/l de agua.

Enfermedades.

Durante el desarrollo del cultivo se presentó Tizón temprano (*Alternaria solani*) y Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) para controlarlos se hicieron aplicaciones con Cupertron, Tecto 60 y Manzate a dosis recomendadas.

La Fumagina (*Capnodium spp.*) fue otra de las enfermedades que se presentaron en el cultivo, la cual se trato con aplicaciones de Manzate, y algunas podas de sanidad.

Durante el trabajo también se presentó una fuerte deficiencia de Calcio durante las primeras cosechas, la cual fue corregida con aplicaciones de Poliquel realizando dos aplicaciones por semana, durante un mes.

VARIABLES EVALUADAS.

Contenido de vitamina C en frutos.

Para determinar esta variable se cosecharon los frutos cuando presentaban un color rosado, luego fueron llevados al laboratorio donde se realizó la determinación por el método de titulación con Reactivo de Thielmann.

Contenido de minerales en frutos.

Se colectaron los frutos cuando estaban maduros, en seguida se colocaron en un matraz y se metieron en la estufa a 60 °C para secar la muestra.

Para el caso de Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn), Fierro (Fe), Sodio (Na), Magnesio (Mg), Calcio (Ca) y Potasio (K) la determinación se hizo con un Espectrofotometro de Absorción Atómica Marca Perkim-Elmer Modelo 2380. El Fósforo (P) se determino por colorimetría usando un Fotocolorímetro Marca

Espectronic Modelo 20 Genesys y la determinación del Nitrógeno (N) se llevó a cabo por el método de Microkjeldahl usando un Destilador Rápido Marca Labconco Modelo 65000.

Contenido de minerales en las hojas.

Para analizar esta variable se colecto el material al termino de la cosecha, muestreando la 3^a y 4^a hoja de arriba hacia abajo.

Las determinaciones fueron realizadas con un Espectrofotometro de Absorción Atómica Marca Perkim-Elmer Modelo 2380 para el caso de Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Fierro (Fe), Sodio (Na), Magnesio (Mg), Calcio (Ca) y Potasio (K). También se utilizó un Fotocolorímetro Marca Espectronic Modelo 20 Genesys para determinar el Fósforo (P) y el Nitrógeno (N) se determino por el método de Microkjeldahl usando un Destilador Rápido Marca Labconco Modelo 65000.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de vitamina C en frutos.

En esta variable (cuadro 3) después de haber realizado los ANVA y prueba de medias de Tukey con $\alpha = 0.05$, encontramos que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, etapas de aplicación de los señalizadores ni en la interacción de tratamientos con etapas. Solo se encontraron diferencias numéricas en donde el AB presenta el mayor contenido de vitamina C y en AS el valor mas bajo, en la etapa de cosecha dio el máximo valor con respecto a las demás etapas. Esto numericamente coincide con lo que reporta Valle (2004), el cual menciona que cuando se aplica AS este puede disminuir el contenido de vitamina C en los organismos. Pero difiere con Benavides (2002) el cual menciona que la cantidad de esta vitamina esta influenciado por las condiciones ambientales a las que estan expuestas las plantas.

Cuadro 3. Valores promedios del contenido de vitamina C en los frutos de tomate

Tratamiento	Contenido de vitamina C mg/100gr.
T	16.8314 a*
AS	16.4640 a
AB	16.9114 a
Q	16.6825 a
E T A P A	
T	16.8314 a
LL	16.3342 a
CO	17.0771 a
S I G N I F I C A N C I A	
SEÑALIZADORES	N.S.
ETAPA	N.S.
SEÑAL * ETAPA	N.S.

*Los promedios seguidos de la misma literal significa que son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

Contenido de minerales en frutos.

La concentración de los minerales en el fruto de tomate, después de aplicar los señalizadores del estrés se muestran en el cuadro 4.

Al realizar los ANVA y pruebas de medias de tukey con $\alpha = 0.05$ a los resultados obtenidos en laboratorio encontramos que el Cu eleva más su concentración al aplicar AS, seguido del T, AB y Q respectivamente. El Mn se concentró en niveles más elevados donde se aplicó AS, seguido de AB y Q respectivamente, en cambio para el Zn no fue así ya que no se encontraron diferencias entre los tratamientos. Sin embargo, como podemos observar en el cuadro 4 los niveles de Fe se concentraron más en el testigo y en forma descendente tenemos el Q, AB y AS. En tanto que el Na no mostró diferencia significativa alguna, así como en mg. El Ca se encontró en mayor contenido con la aplicación de Q en relación con el resto de los tratamientos.

Con respecto a N, P, K el cuadro 4 muestra que el K no mostró diferencias entre tratamientos, así como el P y N por lo que los niveles de estos 3 elementos minerales se comportan estadísticamente igual.

En las diferentes etapas de aplicación encontramos que cuando se aplica en llenado el Mn eleva su concentración, así como el Mg cuando se aplica en cosecha, en cambio el Cu, Zn, Fe, Na, Ca, K, P y N no mostraron ninguna diferencia significativa entre una y otra etapa de aplicación, ni en comparación con el testigo.

Contenido de minerales en las hojas.

El contenido de minerales en las hojas del cultivo del tomate al aplicar AS, AB y Q (señalizadores del estrés) se muestran en el cuadro número 5.

Para analizar los resultados se realizó un ANVA y una prueba de medias utilizando la de tukey con $\alpha = 0.05$ y se muestra que en los tratamientos el contenido de Cu y Mn no tienen diferencias significativas, mientras que el contenido de Zn mostró niveles mas elevados en el T y Q. Sin embargo, el Fe se encontró que los contenidos mayores se presentan donde se aplico Q y AB y los más bajos con el AS. Con respecto al Na el ANVA reporta diferencias, pero al hacer la prueba de tukey esta mostró que son estadísticamente iguales los tratamientos, así como el Mg que su contenido no tuvo diferencia alguna, en comparación con el Ca que en el T y Q son los tratamientos donde se encontró la mayor cantidad de este elemento.

En lo que corresponde a N, P, K, solo el K no mostró diferencias entre los tratamientos, siendo que el P se encontró en mayor cantidad con la aplicación de AS, seguido de AB y Q, por ultimo el N presenta mayor valor donde se aplico AS y en menor concentración en el testigo.

Al analizar las diferentes etapas de aplicación solo se encontró que cuando se aplica en cosecha el Cu eleva su concentración, sin embargo, ninguno de los demás elementos muestra diferencias significativas por lo que la etapa de aplicación no influye en la concentración de los minerales, esto fue determinado con el ANVA y la prueba de medias de tukey.

En las estructuras muestreadas tenemos que el Zn, Na, Mg y P se presentaron en mayor cantidad en el pecíolo, en cambio, el Cu y Fe se mostraron más en la lamina foliar, sin embargo el Mn, Ca y K no muestran diferencias entre las estructuras y el N solo se determino en lamina foliar y no en pecíolo por lo que no se puede hacer una comparación.

Lo obtenido en este trabajo coincide con Mikheikin et al., en 1997 quienes mencionan que el quitosán actúa como quelatante del Cu por lo tanto como se

muestra en el cuadro 5 en donde se aplicó el Q los niveles de este son mayores con respecto a AB y T, pero no así donde se aplicó AS.

CONCLUSIONES

- Con respecto a la calidad nutritiva de la fruta, la aplicación de los señalizadores ácido salicílico, ácido benzoico y quitosán no tuvo efecto significativo sobre la concentración de vitamina C, modificando por otra parte la concentración de manganeso, hierro y magnesio. El resto de los elementos minerales no sufrió cambios estadísticamente significativos.
- A pesar de que los señalizadores fueron aplicados únicamente en las estructuras reproductivas, se observaron cambios significativos en la concentración de zinc, fósforo, calcio y nitrógeno en las estructuras foliares.
- La etapa de aplicación de los señalizadores del estrés tuvo efecto significativo en cuanto a la concentración de manganeso en los frutos. En relación a las estructuras foliares no se observó ninguna diferencia.

LITERATURA CITADA

Benavides M. A. 2002. Ecofisiología y Bioquímica del estrés en Plantas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coah., México.

Blum A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press, inc. Boca Raton, Florida. 223 pag.

Bourbouloux, A. P. Raymond, and S. Delrot. 1998. Effects of salicylic acid on sugar and amino acid uptake. J. Exp. Bot. 49:239-247

Cabeza B. L. A. 2001. Evaluación de los ácidos salicílico y benzoico en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo Coah., México. 50 p.

Cárdenas, G., G. Cabrera, P. Casals, C. Von Plessing, S. P. Miranda. 2002. Encapsulamiento de pesticidas utilizando quitósano. II Simposio Iberoamericano de Quitina. Pag -7.

García M. E. (2002). Aplicación de ácido benzoico en forma foliar al cultivo de *Lilium* cv Dreamland. Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo Coah., México. 47 p.

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

Hadwiger, L.A., B. Fristensky and R. C. Riggelman. 1984. Chitin, chitosan and related enzymes. J. P. Zikakis Eds, Academic Press Inc., Orlando FL..

Karasuda S., S. Tanake, K. Hiroshi, Y. Yamamoto and D. Koga. 2002. Effect of chitinase against the powdery mildew, *Sphaerotheca humuli*, infecting on strawberry. II Simposio Iberoamericano de Quitina.

Kirk R. E. y Othmer D. F. 1961. Enciclopedia de tecnología química. Tomo 111. 1ra Edición. UTEHA. México.

López, T. R, Camacho R. V. y Gutiérrez C. M. A..1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/16/1/art43-48.pdf> (Consultada en junio del 2003).

Meron Biopolymers. 1997. Applications of Chitin
<http://www.meronbiopolymers.com>. (Consultada en junio del 2003).

Mikheikin, A. N. Alekseev, L. A. Mamaev. 1997. Proceedings of ICONE 5: 5th International Conference on Nuclear Engineering, May 26-30, Nice, France.

Miranda, C. P., Damián L. V., Galo C. T. 2002. Permeabilidad del vapor de agua y propiedades mecánicas de películas compuestas de quitosán en un modelo de almacenamiento de aguacate. . II Simposio Iberoamericano de Quitina.

Pérez G. M., Márquez S. F., Peña L. A. 1997). Mejoramiento genético de hortalizas. Uach. Chapingo, México. P. 152.

Palafox A. J. R. (2001) Evaluación de la aplicación foliar de ácido salicílico y benzoico sobre el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo Coah., México. 47 p.

Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43:439-463.

Rathke, T. D., and S. M. Hudson. 1994. Review of chitin and chitosan as fiber and film formers. J. M. S. *Rev. Macromol. Chem. Phys.* C34: 375-437.

Santiago G. A. R. (2002). Efecto del ácido salicílico y benzoico en la germinación y biomasa de betabel y lechuga en medio salino. Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo Coah., México. 50 p.

Salvador, L., Susana P. M., Nadia A. y Virginia L. 1999. Recubrimiento de quitosán en aguacate. *Rev. Sociedad Química de México.* 43:18-23

Samano G. E. 2003. Estudio anatomico de *Agave tequilana* Weber con fertilización Na/K y aplicación de inductores de resistencia. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 54 p.

Shigemasa Y., S. Minami. *Biotechnol.* 1995. *Gen. Eng. Rev.*

Shirai, M. K. I. Guerrero y M. H. Georg. 1996. *Ciencia.* La quitina, presencia, propiedades y aplicaciones.

Valle Rivera R. M.A., N.L. (Consultada en febrero del 2004.)
<http://www.saludparati.com/vitamina%20c.htm>.