

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMIA



Efecto del ácido cítrico y dos concentraciones de sales de la solución nutritiva sobre producción, calidad de tomate y en la absorción de nutrientes.

Por:

CÉSAR GARCÍA PACHECO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2002

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**Efecto del ácido cítrico y dos concentraciones de sales de la
solución nutritiva sobre producción, calidad de tomate y en la
absorción de nutrientes.**

TESIS

**Presentada por:
CÉSAR GARCÍA PACHECO**

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

Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Asesor principal

M.C. Antonio Francisco Aguilera Carbó
Sinodal

M.C. José Hernández Dávila
Sinodal

Dr. Valentín Robledo Torres
Sinodal

M.C. Leopoldo Arce González.
Coordinador de la División de Agronomía

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Diciembre del 2002**

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a DIOS en su hijo JESUCRISTO por permitirme el entendimiento necesario para concluir mis estudios. Por la FE que nació en mí al conocerle.....

Al Señor SAMUEL JOAQUIN FLORES, Director Internacional de la Iglesia “La Luz del Mundo”, a la cual pertenezco orgullosamente, que con su enseñanza y ejemplo me ayudó a formarme como persona y le dio una esperanza a mi vida

A mis padres y amigos:

Sr. Hipólito García Camarillo

Sra. Gláfira Pacheco Salas

Por su apoyo en todo momento de mi vida, quienes creyeron en mí, para concluir mis estudios.

Siempre estaré agradecido con ellos.

A mis hermanos que siempre me apoyaron y animaron para concluir mis estudios, además de ello, me brindaron su amistad y consejos.

A nuestra ALMA TERRA MATER por permitirme el conocimiento que hay en sus aulas.

Dr. Adalberto Benavides Mendoza por sus consejos tan atinados para realizar este trabajo.

A los sinodales de este trabajo por los consejos y correcciones en éste trabajo.

A mis amigos (Odilón, Aranda, Coyote, Zafra, Ermino) por brindarme su ayuda en los momentos difíciles de estudiante.

DEDICATORIA

Al Señor SAMUEL JOAQUIN FLORES, Director Internacional de la Iglesia “La Luz del Mundo”, a la cual pertenezco orgullosamente, que con su enseñanza y ejemplo me ayudó a formarme como persona y le dio una esperanza a mi vida

A mis padres y amigos:

Sr. Hipólito García Camarillo

Sra. Gláfira Pacheco Salas

Por su apoyo en todo momento de mi vida, quienes creyeron en mí, para concluir mis estudios.

Siempre estaré agradecido con ellos.

A mis hermanos:

- **Víctor.**
- **Silvestre.**
- **Oliveria.**
- **Guadalupe.**
- **Irene.**
- **Hipólito.**
- **Jaime.**
- **Gloria.**
- **Mireya.**

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.	3
Quelatación.....	3
Propiedades químicas de los quelantes.....	4
Los ácidos orgánicos.....	6
Uso como amortiguadores.....	7
Complejante de metales.....	7
Papel nutricional.....	7
Efecto de la concentración de sales en la solución nutritiva sobre factores agronómicos y la calidad de fruta.....	11
El cultivo del tomate.....	13
Taxonomía y descripción botánica.....	13
Importancia del cultivo.....	15

MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
Localización.....	17
Material utilizado.....	17
Material vegetal.....	17
Material utilizado.....	17
Establecimiento del experimento.....	17
Diseño experimental y tratamientos.....	19
Variables evaluadas.....	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
Efecto del ácido cítrico y la CE sobre el comportamiento agronómico de plantas de tomate.....	23
N° de hojas.....	23
Diámetro de tallo.....	25
N° de racimos florales.....	25
N° de entrenudos.....	26
Área foliar.....	26
Efecto del ácido cítrico sobre variables de calidad evaluadas en fruto de tomate.....	28
pH.....	29
° Brix.....	30
Pérdida de peso.....	31
Azúcares totales.....	32
Azúcares reducotres.....	32

Producción de las plantas tratadas con ácido cítrico + dos diferentes	
concentraciones de sales en la solución nutritiva.....	33
Peso promedio por fruto.....	33
N° total de frutos.....	34
Peso total de frutos.....	35
% de almidones.....	35
Concentración de elementos en hojas y frutos de tomate.....	36
CONCLUSIONES.....	41
LITERATURA CITADA.....	42

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 2.1	Constantes de estabilidad para los quelatos de ácido cítrico más comunes.....	4
Cuadro 2.2	Comparación del efecto quelante en Cu del ácido cítrico con otros quelatos.....	5
Cuadro 2.3	Comparación del efecto quelante en Ca del ácido cítrico con otros quelatos.....	5
Cuadro 2.4	Comparación de la fortaleza de los quelatos.....	6
Cuadro 4.1	Valores de las variables agronómicas evaluadas en plantas de tomate.....	23
Cuadro 4.2	Valores obtenidos para las variables evaluadas en frutos de tomate.....	29
Cuadro 4.3	Valores de producción de plantas de tomate.....	33
Cuadro 4.4.	Concentración de elementos en hojas de tomate para cada uno de los tratamientos y los dos muestreos.....	36
Cuadro 4.5.	Elementos que se incrementaron con la aplicación de AC.....	37
Cuadro 4.6.	Concentración de elementos en frutos de tomate para cada tratamiento y muestreo.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1	Números de racimos florales obtenidos en la aplicación de ácido cítrico.....	26
Figura 4.2	Área foliar en la aplicación de ácido cítrico y dos CE por concentración de sales en plantas de tomate.....	27
Figura 4.3	Efecto del ácido cítrico y la concentración de sales en la solución nutritiva sobre el pH de la fruta de tomate.....	30
Figura 4.4	Efecto del ácido cítrico y dos concentraciones de sales en la solución nutritiva sobre el número de frutos por planta.....	34

RESUMEN

El ácido cítrico (AC) es un compuesto de mucha importancia, ya que cumple funciones clave en las estrategias que utilizan las plantas para coleccionar nutrientes del suelo, aclimatarse a la presencia de metales pesados, producción de energía, formación de precursores para la biosíntesis de aminoácidos, entre otras. Este trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” durante los meses de febrero a agosto del 2002, cuyo objetivo fue verificar el efecto del AC (en concentración 1×10^{-4} y 1×10^{-2} M, aplicado en la solución nutritiva Douglas, con dos diferentes concentraciones de sales, 1.0 mS.cm^{-2} y 2.5 mS.cm^{-2}), sobre factores agronómicos, características de calidad de frutos, sobre la producción y sobre la absorción de elementos en hojas y frutos. Se utilizó un diseño completamente al azar con 6 tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento. Las plántulas fueron plantadas en macetas rellenas con peat moss, a campo abierto. Se tomaron lecturas generalmente semanales para medir algunas variables, los frutos se tomaron en el tercer y cuarto corte, para determinar la concentración de elementos se tomaron dos muestreos de la 3^{ra} y 4^{ta} hoja en tres plantas por tratamiento.

Los resultados obtenidos de las diferentes variables evaluadas durante el desarrollo del experimento son los siguientes:

En la CE 1.0 mS.cm^{-2} , el AC redujo el número de hojas, racimos florales, entrenudos, diámetro de tallo, peso promedio de fruto, número y peso total de fruto y se incrementaron número de racimos florales, área foliar, peso total de frutos, en la CE 2.5 mS.cm^{-2} . El AC redujo el pH y contenido de almidones en frutos e incrementó la cantidad de algunos elementos, tales como: P, Ca, K, Fe, Na, Zn, bajo diferentes condiciones.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate en México ocupaba una superficie de 76,219.0 ha en 1994, con un rendimiento promedio de 21.9 ton.ha⁻¹, lo cual nos muestra la importancia de este cultivo, no sólo a nivel nacional sino también a nivel internacional, por la gran cantidad de divisas que genera éste cultivo. Además, es quizá uno de los cultivos que genera un mayor margen de utilidad para los productores.

Sin embargo, debido al monocultivo y sobreexplotación han surgido una gran diversidad de problemas los cuales se deben solucionar para ser competitivos. Algunos problemas, tales como, el abatimiento de los mantos acuíferos y con ello la exposición de las plantas a problemas de estrés, así como la disminución de las reservas nutrimentales de los suelos obligan a los productores a usar alternativas para poder superar tales problemas. Dentro de las alternativas utilizadas para superar estos problemas se encuentra el uso de quelatos tales como: Ácido Etilen-Diamino-Tetra-Acético (EDTA), Ácido Tri-Poli-Fosfórico (TPPA), Dietilen-Triamino-Penta Acético (DTPA), Ácido Nitrito-Tri-Acético (NTA) etc., los cuales son de un costo muy elevado, elevando más los costos de producción, por otra parte cada día es necesario buscar nuevas estrategias para reducir el efecto del estrés hídrico cada día más fuerte por la escasez de agua en las zonas agrícolas nacionales.

La búsqueda de productos que tengan estas características y que además sean de un costo de adquisición menor a los existentes en el mercado es necesaria. El Ácido Cítrico (AC) tiene reportado poder quelatante con algunos elementos, así mismo, los ácidos orgánicos tienen un efecto en reducir el efecto del estrés para patógenos induciendo la formación de proteínas.

Debido a lo anteriormente planteado es necesario realizar estudios para medir o evaluar el efecto de este producto en el estrés y como quelatante, pero además de esto, es importante evaluar el efecto sobre el comportamiento agronómico del cultivo de tomate.

OBJETIVOS

- Verificar el efecto del ácido cítrico aplicado en la solución nutritiva sobre la acumulación de carbohidratos, el contenido de minerales y el comportamiento postcosecha de frutos y la concentración de minerales en hojas.
- Observar el comportamiento de las plantas de tomate tratadas con ácido cítrico sobre algunos factores agronómicos.

HIPÓTESIS

- El ácido cítrico incrementa la concentración de algunos elementos necesarios para el crecimiento del tomate.
- El ácido cítrico no modifica el comportamiento agronómico del cultivo del tomate.
- El ácido cítrico modifica los caracteres de postcosecha en frutos de tomate.
- La Conductividad Eléctrica de la solución nutritiva modifica el comportamiento agronómico, producción, calidad de la fruta.

REVISION DE LITERATURA.

Quelatación.

La quelatación es la habilidad de un compuesto químico para formar una estructura en anillo con un ión metálico resultando en un compuesto con propiedades químicas diferentes a las del metal original. (El quelante impide que el metal siga sus reacciones químicas normales) (Calderón, 1997).

Los iones metálicos existen en solución en una forma altamente hidratada; esto es, rodeados por moléculas de agua. Los ligandos más importantes son: Ácido cítrico, málico, tartárico, Ácido Etilen-Diamino-Tetra-Acético (EDTA) y el Ácido Tri-Poli-Fosfórico (TPPA) (Calderón, 1997).

Muchos otros compuestos químicos como los ácidos húmicos, lignosulfónicos, los polisacáridos y algunos polialcoholes tienen propiedades quelatantes.

Los quelatos se encuentran comúnmente en la naturaleza y forman parte de la estructura de diversos sistemas bioquímicos de muchos alimentos; por ejemplo, el magnesio está en la clorofila, el hierro se une a la molécula de porfirina en la mioglobina y hemoglobina y varios metales como el zinc, cobre y el magnesio funcionan como coenzimas de muchos sistemas enzimáticos; todos estos casos son quelatos (Badui, 1981).

Sólo los metales con una valencia igual o superior a +2 forman quelatos en presencia de ligandos. Los iones metálicos con valencia +1 no forman quelatos sino sales con el ligando como anión. La quelatación puede resultar en un compuesto que sea

soluble o insoluble en agua. La formación de quelatos estables solubles en agua se llama secuestación. (Calderón, 1997).

Propiedades químicas de los quelantes.

- Muchos quelatos metálicos se forman en una proporción molar 1:1 entre el ión metálico y el ligando. Bajo ciertas condiciones se pueden formar complejos estables con una proporción mayor del ión metálico o ligando.
- La constante de estabilidad es una expresión de la relación entre el ión metálico quelatado y el ión metálico libre. Las fórmulas usadas para determinar las constantes son:

$$\text{Constante de estabilidad } K = \frac{(ML)}{(M) * (L)} \quad \frac{\text{quelato metálico}}{\text{metal} * \text{ligando}}$$

Dado que, usualmente los valores de K son muy altos, es común expresarlos en log K:

$$\text{Constante de estabilidad } \log K = \frac{\text{Metal quelatado}}{\text{Metal libre}}$$

Cuadro 2.1. Constantes de estabilidad para los quelatos de ácido cítrico más comunes.

Ión metálico	Valencia	Constante de Estabilidad Log K.
Fe	+3	12.50
Al	+3	7.00
Pb	+2	6.50
Ni	+2	5.11
Co	+2	4.80
Zn	+2	4.71
Ca	+2	4.68
Cu	+2	4.35
Cd	+2	3.98
Mn	+2	3.67
Mg	+2	3.29
Fe	+2	3.08
Ba	+2	2.98

(Calderón, 1997).

Cuadro 2.2. Comparación del efecto quelante en Cu del ácido cítrico con otros quelatos.

Ligando	Log K para quelato de Cu⁺²	% de metal quelatado	% de metal libre
EDTA	11.0	99.99999	< 0.00001
NTA	7.6	99.99999	< 0.00001
TPPA	5.0	99.999	0.00002
Cítrico	4.68	99.998	0.004
Málico	1.80	98.413	0.04
Láctico	1.07	91.67	0.10
Acético	0.53	70.6	0.69

(Calderón, 1997).

Cuadro 2.3. Comparación del efecto quelante en Ca del ácido cítrico con otros quelatos.

Ligando	Log K para quelato de Ca	% quelatado	% libre
EDTA	11.0	99.99999	< 0.00001
NTA	7.6	99.99999	< 0.00001
TPPA	5.0	99.999	0.001
Cítrico	4.68	99.998	0.002
Málico	1.80	98.413	1.587
Láctico	1.07	91.67	8.333
Acético	0.53	70.6	29.4

(Calderón, 1997).

Las fórmulas usadas para determinar las constantes de estabilidad de los quelatos reportados en la literatura, usualmente han sido medidas para las condiciones óptimas. La constante de estabilidad de un complejo metálico cambiaría con los cambios de pH. Esto puede afectar la forma en que los complejos reaccionan. En general, los quelatos o no se forman o no son muy estables en condiciones de pH's muy bajos (2-3) ó muy altos (10-12). (Calderón, 1997).

Cuando en un sistema hay más de un metal presente, se formará primero el quelato cuya constante de estabilidad sea más grande, dicho de otra manera, el metal con dicha constante desplazará a los metales con una constante de estabilidad menor.

La fortaleza de los quelantes o ligandos se puede clasificar de acuerdo a sus constantes de disociación. Los ligandos listados a continuación están en orden descendente de sus constantes de disociación.

Cuadro 2.4. Comparación de la fortaleza de los quelantes.

LIGANDOS	CONSTANTE DE DISOCIACIÓN
EDTA	Muy fuerte
DTPA	Muy fuerte
NTA	Fuerte
TPPA	Medio
Glucónico	Medio
Cítrico	Medio
Tartárico	Medio
Málico	Débil
Láctico	Débil
Acético	Débil

(Calderón, 1997).

Los ácidos orgánicos.

Según Edwin (1993) pueden cumplir las siguientes funciones.

Pueden tener tres papeles en el medio de cultivo de plantas:

- Actuar como agentes quelatantes, mejorando la disponibilidad de algunos micronutrientes.
- Pueden actuar como amortiguadores en contra de los cambios de pH.
- Actuar como nutrientes.

Uso como amortiguadores.

Varios autores han encontrado que algunos ácidos orgánicos y sus sales de sodio y potasio estabilizan el pH de solución hidropónica (Trelease y Trelase, 1933), o en medio *in vitro* (Van Overbeek *et al.*, 1941, 1942; Arnow *et al.*, 1953), sin embargo, no se admite que sean tan efectivos como los amortiguadores sintéticos.

Por su parte, en los experimentos conducidos por Schenk y Hildebrandt (1972), bajos niveles de iones de citrato y succinato no impidieron el crecimiento de callos de una gran variedad de plantas, y parecen ser estimulantes en algunas especies.

Complejante de metales.

Ácidos orgánicos divalentes tales como cítrico, málico, maléico y malónico (dependiendo de las especies) son encontrados en la savia del xilema de las plantas, donde junto con aminoácidos, ellos pueden complejar con iones metal y asistir su transporte (White *et al.*, 1981). Estos ácidos pueden también ser secretados por las células y tejidos del medio de cultivo y contribuirían al efecto de acondicionamiento. Ojima y Ohira (1980) encontraron que los ácidos cítrico y málico, los cuales fueron liberados en el medio por células de arroz durante la segunda mitad de su crecimiento, pudieron haber quelatado el hierro no disponible, para corregir una deficiencia de hierro.

Papel nutricional.

La adición de ácidos orgánicos, involucrados en el ciclo de Krebs, al medio de cultivo, pueden incrementar el metabolismo de NH_4^+ . Gamborg y Shyluk (1970), encontraron que algunos ácidos orgánicos podrían promover la utilización de amonio y la incorporación de pequeñas cantidades de piruvato de sodio, ácido cítrico, málico y

fumárico en el medio, fue un factor el cual permitió cultivar células de *Vicia hajastana* a bajas densidades (Kao y Michayluk, 1975).

Por su parte Murashige y Tucker (1969), mostraron que el jugo de naranja, adherido al medio que contiene sales MS, promovió el crecimiento del callo de *Citrus albedo*. El ácido málico y otros ácidos del ciclo de Krebs, también tienen un efecto similar; de estos, el ácido cítrico es el que produce una mayor estimulación del crecimiento, a concentraciones de 10.4 mM puede ser efectivo (Goldschmidt, 1976; Einset, 1978; Erner y Reuveni, 1981).

Aunque los ácidos del ciclo de Krebs pueden actuar como amortiguadores, ellos pueden también actuar como sustratos para la síntesis de aminoácidos de NH_4^+ . Al ser asimilado en aminoácidos por vía de la enzima Glutamic dehydrogenase (por sus siglas en inglés: GDH), el ión amonio es más reactivo con el ácido α -Ketoglutarico el cual es producido por el ciclo de Krebs. Esta disponibilidad puede gobernar la proporción a la cual el amonio puede ser metabolizado por esta ruta. (Edwin, 1996). Los ácidos orgánicos pueden facilitar la absorción de NH_4^+ cuando estos son la única fuente de nitrógeno y por su propio metabolismo, asistir la conversión de NH_4^+ en aminoácidos (Edwin, 1996).

Una vez absorbidos los metales divalentes son mantenidos solubles en gran parte por quelatación con ciertos ligandos celulares, entre ellos ciertos aniones de ácidos orgánicos, especialmente ácido cítrico parece ser el más importante de los ligandos para el transporte de hierro, zinc, manganeso a través del xilema (White *et al*, 1981; Mullins *et al.*, 1986).

El ácido cítrico así como una amplia variedad de ácidos orgánicos han sido identificados en los exudados de las raíces de los vegetales comunes, cereales y soya

(Calderón, 1997). Se han postulado que las plantas varían a la susceptibilidad a las deficiencias de micronutrientes debido a las variaciones en las cantidades de los ácidos orgánicos producidos por las diversas especies (Calderón, 1997). Hoy en día está bien documentado que los exudados de la raíz están involucrados en la liberación de nutrientes en el suelo, los ácidos orgánicos más efectivos en formar quelatos complejos estables con los iones metálicos son aquellos de tipo Hidróxi-tricarboxílicos (Calderón, 1997), tales como el ácido málico, tartárico, cítrico, glucónico y láctico.

Los micronutrientes quelatados son generalmente la fuente más efectiva de micronutrientes (Mortvedt, 1979). Entre los diversos agentes quelatantes, el ácido cítrico forma quelatos estables, asimilables y fitocompatibles con la mayoría de los cationes metálicos. El ácido cítrico ha sido usado para la quelatación efectiva de Mg, Ca, Zn, Mn, Fe, Cu, Mo, Co, y otros. (Calderón, 1997).

Calderón, (1997) demostró que la quelatación del cobre con citrato tiene ventajas sobre el EDTA en suelos altos en calcio y magnesio debido a la inferior afinidad del citrato por estos nutrientes. En un experimento simulando sistemas radiculares de plantas (Hodgson et al, 1967) demostraron que el ácido cítrico agregado a un bloque de agar, incrementó 100 veces la difusión de zinc a partir de $ZnCO_3$, a través del bloque de agar hacia una solución externa.

Se ha demostrado que la excreción de ácidos orgánicos por las raíces de las plantas causa la liberación de fosfatos insolubles en la solución del suelo. (Calderón, 1997) estudió el efecto de los ácidos orgánicos y de los agentes quelatantes sintéticos en la movilización del fósforo en el suelo. Ellos determinaron que los ácidos cítricos, HEDTA, DTPA y EDTA fueron los más efectivos agentes quelatantes para la

movilización del fósforo en suelos alcalinos. El ácido cítrico mostró una acción claramente superior a los agentes quelatantes sintéticos en suelos ácidos.

Calderón, (1997), demostró que el ácido cítrico incrementaba la disponibilidad del fósforo en suelos lateríticos. Reportó que el citrato era el anión más activo en prevenir la precipitación del fosfato en presencia de hierro y aluminio.

Mortvedt, (1979), condujo cuatro experimentos en los cuales se comparó la efectividad de varias fuentes de zinc mezcladas, solas o aplicadas con suspensiones de Orto y Polyfosfatos a un suelo deficiente de zinc. El maíz (*Zea mays*) se cultivó por siete semanas y el rendimiento en peso seco y la absorción de zinc fue determinada a la cosecha en cada experimento. Los resultados mostraron que las fuentes quelatadas de zinc fueron generalmente superiores a las fuentes inorgánicas. El rendimiento en materia seca fue máximo cuando el zinc fue aplicado como citrato de zinc y también como zinc EDTA.

Rodríguez *et al.*, (2002), reportaron que la aplicación de ácido cítrico, en la solución nutritiva, a plantas de manzano a concentraciones de 10^{-4} M y 10^{-3} M incrementaron las cantidades de algunos elementos como Ca, Fe, Mn, K y Mg.

Al-Bahrany y Al-Shabaaan, (1995), reportan el efecto del ácido cítrico y oxálico (aplicados al suelo calcáreo) en la absorción por la planta de fosfatos y de otros elementos, aplicadas en tomate (*Lycopersicon esculentum*), donde el efecto de diferentes concentraciones (5, 10, 15 mM) de los ácidos cítrico y oxálico (0, 1); estos disminuyeron absorción de P por la planta y por lo tanto la altura respectivamente. Siendo el ácido cítrico el que causó mayor disminución. El efecto sobre otros elementos fue variable, incrementando la absorción de Fe y Zn en ambos ácidos, también hubo un efecto en la absorción de Cu pero en menor importancia, en cuanto al Mn se presentó

una disminución de su absorción con cantidades del ácido cítrico. Cabe mencionar que ambos ácidos orgánicos aumentaron generalmente la absorción del Ca, Mg y K.

Por su parte Ramos, (2002) reportó el efecto de diferentes concentraciones de ácido cítrico (0.1×10^{-5} , 1×10^{-4} y 1×10^{-3} M) en plántulas de lechuga sobre el peso fresco y peso seco en vástago y raíz, adherido a la cama flotante en el cual crecieron las plántulas. Encontrando que el ácido cítrico a concentración 1×10^{-3} M incrementó el peso fresco y peso seco de raíz y vástago.

Efecto de la concentración de sales en la solución nutritiva sobre factores agronómicos y la calidad de fruta.

En un trabajo realizado por Hochmuth *et al.*, (1993), en el cual aplicaron diferentes concentraciones de K (0, 45, 90, 135, 225 kg.ha⁻¹) a plántulas de berenjena (*Solanum melongena* L.), en el cual encontraron que el K a una concentración de 135 kg.ha⁻¹ incrementó el rendimiento de fruta comerciable y a la vez incrementó el tamaño promedio total de fruta del cultivo. Por su parte Melton (1991), aplicó a plántulas de tomate diferentes concentraciones de N, P y K (N: 25, 75 y 225 mg.L⁻¹; P: 5, 15 y 45 mg.L⁻¹; K: 25, 75 y 225 mg.L⁻¹). La aplicación de N incrementó el peso fresco, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar y peso fresco y seco de raíz. El P sólo tuvo significancia en el segundo experimento a concentración de 45 mg.L⁻¹ incrementando peso fresco, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar. El K no tuvo ningún efecto sobre los parámetros medidos. La mejor combinación de N P K fue 225-45-25 mg.L⁻¹.

Por su parte Lin *et al.*, (1991), trató plantas de pepino (*Cucumis sativus* L) con diferentes concentraciones de nutrientes para determinar su efecto sobre el rendimiento

por planta, color de fruta a la cosecha y vida de anaquel, además de esto se evaluaron dos regímenes de raleo. Se utilizaron las siguientes concentraciones en mM: 14.45 NO₃⁻, 1.47 PO₄⁻, 4.94 K⁺, 5.49 Ca⁺², 2.66 Mg⁺², y 2.66 SO₄⁻; utilizando concentraciones de 150%, 100%, 50% de ésta solución. Estas tres soluciones nutritivas contenían la misma cantidad de microelementos. Las conductividades obtenidas por estas concentraciones fueron 2.81, 1.95 y 1.23 mS.cm⁻¹, respectivamente. Ellos encontraron que la concentración de nutrientes más alta mejoró el color de la fruta a la cosecha y con ello la vida de anaquel. La concentración y el raleo redujeron los días a cosecha y la cantidad de fruta comerciable por planta.

Walworth, (1992), evaluó el efecto de la fecha de plantación, método de plantación, fuente de N y proporción de N aplicado en platas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. "salinas". Los experimentos se desarrollaron en los años de 1984 a 1987. Durante los años de 1984 y 1985 utilizaron como fuente de N, nitrato de amonio, nitrato de calcio ó urea a concentraciones de 56, 112 y 168 kg.ha⁻¹ de cada fuente, además de ello se aplicaron 158 kg.ha⁻¹ de P + 149 kg.ha⁻¹ de K. En los años 1986 y 1987 se utilizaron 6 concentraciones de N (0, 28, 56, 112, 224, 280 kg.ha⁻¹ + 190 kg.ha⁻¹ de P + 178 kg.ha⁻¹ de K.) y se eliminaron las diferentes fuentes de N, utilizando sólo nitrato de amonio. Durante los dos primeros años de evaluación las respuestas a las diferentes concentraciones de N fueron inconstantes, pero durante 1986 y 1987 el peso y diámetro de cabeza fue favorecido por la concentración de N, siendo 112 kg.ha⁻¹ de nitrato de amonio el que sobresalió de las otras concentraciones.

Por su parte Lamb *et al.*, (1993), aplicaron a plántulas de sandía (*Citrulus lannatus* L) una nutrición pretransplante utilizando diferentes proporciones de NO₃:NH₄ más diferentes concentraciones de calcio. Los tratamientos consistieron de 100 N – 31 P

– 265 K (mg.L^{-1}) y estas soluciones tuvieron las siguientes proporciones de $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100) y además de ello tuvieron una de las cinco concentraciones de calcio (0,4,8,12,16 mM de CaCl_2). Se encontró que el peso fresco de las plántulas se disminuyó con el decremento de la relación $\text{NO}_3:\text{NH}_4$, también se encontró que el área foliar se redujo con 100% de $\text{NH}_4\text{-N}$ en el primer muestreo; la aplicación de la relación 100% $\text{NO}_3\text{-H}$ produjo un área foliar más grande en el segundo muestreo. La altura de planta no fue afectada por la relación $\text{NO}_3:\text{NH}_4$.

El cultivo del tomate.

Taxonomía y descripción botánica.

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas. Los miembros de esta familia presentan haces bicolaterales y una estructura floral modelo $\text{K}(5) [\text{C}(5) \text{A}(5)] \text{G}(2)$. Esto es, sus flores son radiales y con cinco estambres. El ovario, súpero, bicarpelar, contiene numerosos primordios seminales, produciendo bayas polispermas. Los carpelos se presentan en posición oblicua con respecto al plano medio de la flor (Nuez, 1995). Con la domesticación y cultivo es frecuente observar flores con mayor número de pétalos y sépalos, así como ovarios multiloculares, en adición al bilocular que podríamos considerar normal. Siguiendo a Hunziker (1979), la taxonomía aceptada es:

Clase: *Dicotiledóneas*.

Orden: *Solanales (Personatae)*

Familia: *Solanaceae*

Subfamilia: *Solanoideae*

Tribu: *Solaneae*.

Género: *Lycopersicon*.

Especie: *esculentum*.

Posee una semilla discoidal comprimida y con embrión enrollado, de diámetro más o menos uniforme (Subfamilia *Solanoideae*). Todos los miembros de esta subfamilia tienen el mismo número de cromosomas básico ($x = 12$). El embrión tiene los cotiledones incumbentes, con endospermo abundante. Las yemas florales nunca presentan los lóbulos de la corola solapantes; la estivación nunca es retorcida-conduplicada. Los filamentos de los estambres se insertan en la base de las anteras, no sobre la cara dorsal (tribu *Solaneae*). (Nuez, 1995).

El género *Lycopersicon* se caracteriza por sus estambres únicos, con conectivos alargados. Como consecuencia, a diferencia de los otros géneros de la familia, la dehiscencia de las anteras es longitudinal, no poral. Actualmente se acepta la asignación del tomate al género *Lycopersicon* diferenciado del *Solanum*, tal como lo definió Millar en 1754. En el tomate y especies silvestres relacionadas el extremo de las anteras se mantienen unidos formando un cuello, constituyendo el conjunto de las anteras un cono estaminal característico en forma de botella. De manera asociada, las anteras se abren lateralmente, a diferencia de la dehiscencia terminal o poral característica de *Solanum*. El polen se libera dentro del cono estaminal emerge a través del cuello del cono (Nuez, 1995).

Importancia del cultivo.

El tomate es originario del Sur de América, la llegada de los españoles permitió la expansión de este producto al viejo continente, y de ahí a todo el mundo; de tal forma que hoy podemos encontrar entre los principales productores mundiales a E.U., China, Turquía, Italia e India. La producción mundial durante el periodo 1979-1981 fue de 53787, mientras que para los años 1991, 1992, 1993 y 1994 la producción fue 75 246, 72 362, 70 693, 72 910 miles de toneladas métricas, respectivamente, (Claridades agropecuarias, 1995).

Según datos presentados en la revista “Claridades Agropecuarias” en México se siembran 5.7 millones de has de las cuales el 1.5% está ocupado por este cultivo. La superficie nacional sembrada durante los años 1989-1994 fue de 84560, 85506, 82416, 90094, 80570, 76219 ha., en cada año respectivamente (Claridades Agropecuarias, 1998).

El jitomate esta considerado dentro de las principales hortalizas que produce nuestro país; su producción se extiende a un gran número de estados. Se estima que para el año agrícola 1994 abarcó a un total de 27 entidades federativas, tanto del norte, centro y sur de la nación. Revisando algunos datos de los últimos años, encontramos que durante el periodo de 1989-1994, las entidades de: Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Jalisco y Nayarit (en orden de importancia) contribuyeron en promedio con el 62% en lo que se refiere a superficie sembrada y cosechada; y con el 74.2% en lo que respecta a producción.

Los porcentajes de superficie sembrada en cada estado son: Sinaloa 47.8%, Baja California 10.7%, San Luis Potosí 7.8%, Jalisco 4.2%, Nayarit 4.0%, otros 25.8%, en el periodo 1989- 1993. Los rendimientos nacionales durante el periodo 1989-1994 fueron

de 24.7, 23.1, 23.6, 18.2, 22.5, 21.9 ton.ha⁻¹, siendo Sinaloa y Baja California los Estados que obtuvieron rendimientos más altos durante este periodo (Claridades Agropecuarias, 1998).

En lo referente al precio se estima que durante el año 1995, para el tomate bola, en la central del D.F. fue de 2.85 \$.kg⁻¹ y de 1.66 \$.kg⁻¹ para tomate tipo saladette (Claridades Agropecuarias, 1995).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización.

Este trabajo de investigación se realizó en el departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, durante los meses de Febrero a Julio del año 2002. La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se encuentra ubicada en Buenavista Saltillo, Coahuila, cuyas coordenadas geográficas son: 25° 22' Latitud Norte, 101° 00' Longitud Oeste, con una altitud de 1743 msnm.

Material utilizado.

Material vegetativo.

Se emplearon semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) de la variedad “Rio Grande” producida por la empresa de semillas Petoseed.

Material utilizado.

El experimento fue desarrollado en macetas de 20 litros rellenas con sustrato “peat moss TBK” para las plantas evaluadas y se utilizaron bolsas de polietileno para las plantas que sirvieron para eliminar el efecto orilla, las cuales fueron rellenas con el mismo material.

Establecimiento del experimento.

Previamente al establecimiento del experimento las plantas se produjeron en charolas de poliestireno de 200 cavidades (15 de febrero), rellenas con peat moss TBK, fueron colocadas en una cama flotante con solución Douglas. Se dejó una planta/cavidad. Después de transcurridos 50 días (5 de abril) las plántulas fueron

colocadas en las macetas, seleccionando las mejores plantas de las 3 charolas. Durante el periodo de plántula se presentaron temperaturas inferiores a 0 °C, o muy cercanas a éste, en varias ocasiones.

Una vez plantadas se distribuyeron los tratamientos al azar y se asignó el número de repetición.

Para el desarrollo de este experimento se utilizaron 6 tratamientos con 10 repeticiones cada uno, consistiendo los tratamientos en una concentración de sales en $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-2}$ según la solución douglas y una concentración de ácido cítrico en Moles.

La aplicación de ácido cítrico se hizo 2 veces por semana, aplicando $1 \text{ L}\cdot\text{planta}^{-1}$ de solución al inicio del experimento e incrementando a $2 \text{ L}\cdot\text{planta}^{-1}$ debido a la necesidad de riego de las plantas, manteniéndose esta cantidad en los tratamientos 1, 2 y 3 hasta el final, ya que su requerimiento de agua era abastecido con esta cantidad de solución y para los tratamientos 4, 5 y 6 se incrementó a $3 \text{ L}\cdot\text{planta}^{-1}$ hasta el final del experimento; respecto a la aplicación de solución nutritiva se hizo 4 veces/semana tomando el mismo criterio que en la aplicación de ácido cítrico ($1 \text{ L}\cdot\text{planta}^{-1}$ al inicio, $2 \text{ L}\cdot\text{planta}^{-1}$ e incrementando a $3 \text{ L}\cdot\text{planta}^{-1}$ para los tratamientos 4, 5, 6), el día restante, al inicio del experimento permaneció sin riego, pero al final se le agregó agua para abastecer las necesidades de las plantas.

Las muestras tomadas fueron secadas en una estufa marca Lindberg/Blue M. del modelo “Gravity Oven”, a 60 °C.

La aplicación de fungicidas e insecticidas se hicieron generalmente cada semana, realizando aplicaciones al sustrato de fungicidas (benomyl ($0.5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) + metalaxyl ($1.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$)).

Se realizó un tutoreo de plantas, colocando rafia en forma horizontal a ambos lados de las plantas.

Durante el desarrollo del experimento se presentaron algunos incidentes que a continuación se mencionan: el día 17 de mayo se presentó una granizada ligera y a partir de ese momento se detuvo el crecimiento, aunado a esto se presentó una enfermedad al inicio de la floración disminuyendo quizá el efecto de los tratamientos.

Diseño experimental y tratamientos.

Se utilizó un diseño completamente al azar con 10 repeticiones.

Los tratamientos son:

T1 : 1.0 mS.cm^{-2}

T2 : $1.0 \text{ mS.cm}^{-2} + 1*10^{-4} \text{ M de ácido cítrico.}$

T3 : $1.0 \text{ mS.cm}^{-2} + 1*10^{-2} \text{ M de ácido cítrico.}$

T4 : 2.5 mS.cm^{-2}

T5 : $2.5 \text{ mS.cm}^{-2} + 1*10^{-4} \text{ M de ácido cítrico.}$

T6 : $2.5 \text{ mS.cm}^{-2} + 1*10^{-2} \text{ M de ácido cítrico.}$

Variables evaluadas.

Número de hojas:

Para esta variable se contaron el número de hojas total realizando el conteo cada semana hasta la semana cinco y a partir de la semana seis se tomó un sólo tallo hasta la semana 10, contando las hojas de sólo este tallo.

Número de entrenudos:

Para evaluar esta variable se eligió el tallo principal al cual se le contabilizaron los entrenudos, siendo una rama hasta la semana número cinco y a partir de la semana seis se eligió otra rama ya que la primera cesó de crecer, continuando hasta la semana nueve.

Número de racimos florales:

Se contaron el número de racimos florales en toda la planta hasta la semana número cinco y desde la semana seis se tomó un sólo tallo, el cual correspondía al tallo en el cual se tomaron el número de hojas.

Diámetro de tallo:

Para el análisis de esta variable se tomó un vernier y se tomó la lectura a 1 cm. del cuello sobre el sustrato, generalmente cada semana, es reportado en milímetros.

Área foliar:

Para examinar esta variable se tomó un muestreo el día 23 de mayo, tomando tres muestras al azar de las 10 repeticiones, siendo la cuarta hoja la que fue evaluada, es reportada en centímetros cuadrados.

pH:

Se tomaron cinco frutos maduros de la cuarta cosecha por cada tratamiento, se tomó lectura con un potenciómetro.

Grados brix:

En la tercera cosecha se tomaron frutos en estado rayado, tres cuartos y maduros, siendo analizados con un refractómetro manual marca ATAGO, modelo ATC-1E., los cuales se exprimieron para obtener las muestras, en la cuarta cosecha se utilizaron frutos maduros y fueron macerados, ambos se reportaron en % de azúcares.

Pérdida de peso:

Se tomaron frutos de tercera y cuarta cosecha, los cuales fueron pesados cada tercer día en una balanza analítica marca AND modelo HR-120, tomando la lectura en gramos por fruto, se reportará en % de pérdida de peso por fruto.

Contenido de azúcares totales:

Se determinará el contenido de azúcares en los frutos, por el método: “Colorimetric method for determination of sugars and related substances” descrito por DUBOIS M., *et al.*, (1956). y se reportará en miligramos de azúcares por gramo de muestra seca.

Contenido de azúcares reductores:

Se determinaron la concentración de azúcares reductores en fruto por el método “Use of Dinitrosalicylic Acid reagent for determination of reducing sugars” (Miller, 1959) y es reportado en miligramos de azúcares reductores por gramo de muestra seca.

Peso promedio por fruto:

Esta variable se reportará en gramos por fruto. Se tomó el peso total por tratamiento entre el número total de frutos por tratamiento.

Número total de frutos:

Durante la cosecha se contabilizarán los frutos por cada repetición y tratamiento para que al final se puedan sumar todos los cortes y obtener el número total de frutos por tratamiento.

Peso total de frutos.

Se sumarán los pesos obtenidos durante la cosecha en forma individual por tratamiento. Reportado en gramos.

Contenido de almidones.

Por el método de AOAC., 1980., se determinó el % de almidón en cada uno de los tratamientos, en ambos muestreos, obteniendo una media de los dos muestreos.

Contenido de elementos minerales:

Se analizarán muestras de fruto y hojas (3^{ra} y 4^{ta}) de tomate para determinar la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Mn, Na, se reportarán en % y ppm dependiendo del elemento. Se utilizó un destilador de microkjeldahl marca LABCONCO para determinación de N, el fósforo se determinó por el método de Olsen, y por absorción atómica para los otros elementos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Efecto de ácido cítrico y la conductividad eléctrica sobre el comportamiento agronómico de plantas de tomate.

Sobre los efectos del AC en algunas de las variables agronómicas evaluadas, podemos mencionar que en la CE 1.0 mS.cm⁻² se redujeron los promedios de éstas, cuando se aplicó a una concentración de 1x10⁻² M (Cuadro 4.1), mientras que a concentración 1x10⁻⁴ M incrementó sólo el diámetro de tallo y área foliar; así mismo, en la CE 2.5 mS.cm⁻², el AC en ambas concentraciones aplicadas redujo número de hojas, diámetro de tallo e incrementó número de racimos florales, número de nudos y área foliar.

Cuadro 4.1. Valores de variables agronómicas evaluadas en plantas de tomate.

	Nº DE HOJAS	Ø DE TALLO	Nº DE RACIMOS FLORALES	Nº DE NUDOS	ÁREA FOLIAR
T1. 1.0 mS.cm ⁻²	13.81 c	11.34 c	5.22 c	9.26 b	88.44 b
T2. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M	13.76 c	11.60 c	4.95 c	8.95 b	116.52 b
T3. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M	10.14 d	9.65 d	3.47 d	8.09 c	81.56 b
T4. 2.5 mS.cm ⁻²	17.79 a	14.19 a	6.08 b	10.25 a	130.48 a
T5. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M	17.44 a	13.65 b	6.19 b	10.27 a	140.26 a
T6. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M	16.86 b	14.03 a	6.58 a	10.36 a	193.40 a

* Los promedios seguidos de la misma letra no son diferentes según la prueba de Fisher ($\alpha = 0.05$).

* El valor de N° entrenudos, diámetro de tallo, N° de hojas, N° de racimos florales son el promedio de los muestreos realizados durante todo el ciclo.

Número de hojas.

Los resultados obtenidos de número de hojas promedio entre tratamientos nos muestran que la concentración de sales afectó significativamente esta variable, ya que

los tratamientos con una CE de 2.5 mS.cm^{-2} tuvieron valores mayores significativamente respecto a los tratamientos con una CE de 1.0 mS.cm^{-2} .

Al comparar los tratamientos de una misma CE, para evaluar el efecto de AC, encontramos que provocó una reducción del número de hojas, siendo significativa en ambas concentraciones de sales, en los tratamientos cuya cantidad de AC fue $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ (Cuadro 4.1). Como antes mencionamos, en los tratamientos cuya concentración de AC fue de $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ hubo una reducción en el número de hojas, aunque no fue significativa, en comparación con aquellos tratamientos que no se les hicieron aplicaciones de AC.

En lo que respecta a la concentración de sales, los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Melton (1991), el cual demostró que la aplicación de N y P en mayores proporciones, incrementaron el número de hojas en plántulas de tomate. También coinciden con los reportados por Walworth (1992), quien utilizó diferentes concentraciones de N, obteniendo que un valor de 112 kg.ha^{-1} incrementaba el peso y diámetro de cabeza en platas de lechuga. Lo que respecta a la concentración de AC, los resultados obtenidos no coinciden con los encontrados por Ramos, (2002), quien a una concentración de $1 \times 10^{-3} \text{ M}$ de AC incrementó el peso fresco de la planta, afectando su masa foliar. El mismo autor reporta una disminución no significativa del peso fresco de plántula a una concentración de AC de 1×10^{-4} y $1 \times 10^{-5} \text{ M}$, coincidiendo estos resultados con los obtenidos en este trabajo.

Estos resultados no coinciden con los reportados por Mortvedt, (1979), quien reporta, al aplicar zinc quelatado con AC, un incremento en el peso seco de plantas de maíz.

Diámetro de tallo.

La CE afecta favorablemente al promedio de esta variable, siendo significativamente mayor en la CE de 2.5 mS.cm^{-2} con respecto a los tratamientos con una CE de 1.0 mS.cm^{-2} (Cuadro 4.1). Dentro del efecto del AC en la CE de 1.0 mS.cm^{-2} a una concentración de $1 \times 10^{-4} \text{ M}$, incrementó el diámetro de tallo aunque no en una forma significativa, mientras que en la concentración de $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ redujo significativamente esta variable con respecto al T1. En la CE de 2.5 mS.cm^{-2} encontramos que el AC en concentración de $1 \times 10^{-4} \text{ M}$, redujo el diámetro de tallo en forma significativa y a la concentración $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ hubo una reducción pero no fue significativa.

Estos resultados, relacionados con la CE, coinciden con los reportados por Melton (1991), quien encontró que el N y P a una concentración más alta, incrementan el diámetro de tallo en plantas de tomate, siendo la combinación $225-45-25 \text{ mg.L}^{-1}$ la que obtuvo el mejor comportamiento.

Número de racimos florales.

La concentración de sales sobre el promedio de esta variable fue un factor importante, ya que incrementó significativamente el número de racimos florales a concentración de 2.5 mS.cm^{-2} (Cuadro 4.1), y su vez la concentración de ácido cítrico, bajo estas condiciones, incrementó el número de racimos florales (Figura 4.1), siendo significativo en el T6 y no significativo en T5 con respecto al T4.

El AC en la CE 1.0 mS.cm^{-2} , presentó una reducción, siendo la concentración $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ la que tuvo una reducción significativa estadísticamente con respecto al T1, el T2 redujo esta variable aunque no significativamente.

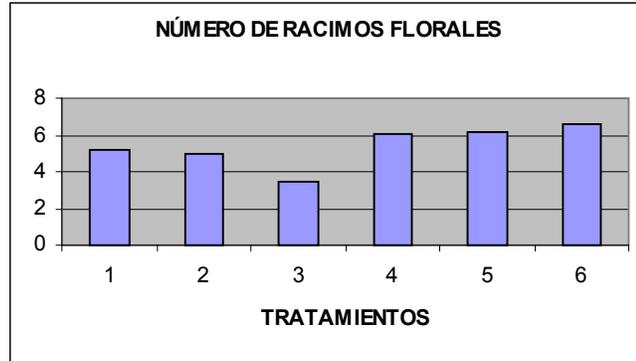


Figura 4.1 Valores del número de racimos florales obtenidos en la aplicación de AC.

Número de entrenudos.

El número de entrenudos fue afectado significativamente por las cantidades de sales aplicadas (Cuadro 4.1), correspondiendo los valores más altos a la CE de 2.5 mS.cm⁻². La concentración de AC en la CE 1.0 mS.cm⁻² afectó disminuyendo el número de entrenudos, siendo significativa esta disminución a 1x10⁻² M, aunque a 1x10⁻⁴ M mostró esta disminución no alcanzó un valor significativo, por el contrario, a CE de 2.5 mS.cm⁻², aunque no en forma significativa, el AC incrementó el número de entrenudos por planta, correspondiendo el valor más alto a la concentración de 1x10⁻² M.

Los resultados obtenidos en este trabajo respecto a la concentración de sales coinciden con los obtenidos por Melton ,(1991), el cual encontró que a cantidades de 225-45-25 mg.L⁻¹ de N-P-K, incrementó el número de hojas en plantas de tomate, lo cual nos indica que hubo un mayor número de nudos.

Área foliar.

Los resultados nos muestran (Cuadro 4.1) que la concentración de sales afectó significativamente, correspondiendo los valores más altos a la CE 2.5 mS.cm⁻².

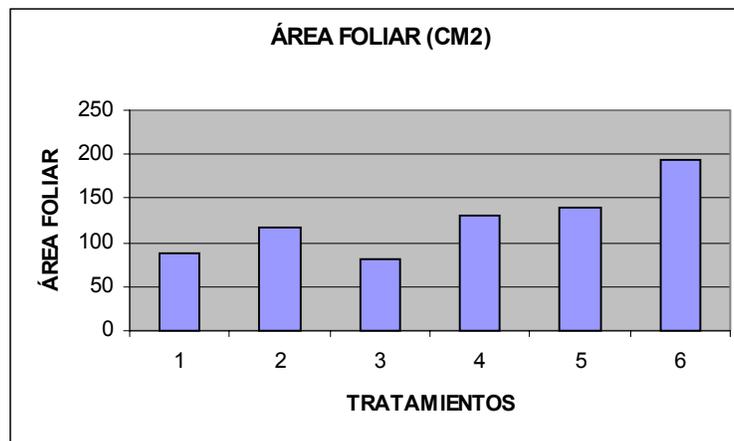


Figura 4.2. Valores obtenidos para el área foliar en la aplicación de AC y dos CE por concentración de sales en plantas de tomate.

La aplicación de AC a CE de 2.5 mS.cm^{-2} incrementó el área foliar, aunque no en una forma significativa, siendo el T6 el que tuvo un área mayor, no siendo así para la CE de 1.0 mS.cm^{-2} , en la cual a una concentración de $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ de AC incrementó el área foliar (Figura 4.2) y tuvo una reducción a concentración de $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ de AC con respecto a el T1.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ramos (2002), el cual encontró que el AC a concentración de $1 \times 10^{-3} \text{ M}$, incrementó el peso fresco de plantas de tomate. El incremento del área foliar obtenido en este trabajo, debido a la concentración de sales, también coincide con los resultados obtenidos por Melton (1991), el cual aplicó diferentes concentraciones de N-P-K, resultando ser mejor la combinación de 225-45-25 mg.L^{-1} . A su vez podemos mencionar que coincide con el trabajo realizado por Walworth (1992), el cual encontró un incremento del peso de la cabeza de lechuga aplicando 112 kg.ha^{-1} de N, con respecto a cantidades menores de N.

Efecto del ácido cítrico sobre variables de calidad evaluadas en fruto de tomate.

En en el Cuadro 4.2 se presentan los promedios de las variables evaluadas en este trabajo, en el cual nos muestra que el AC en sus dos concentraciones utilizadas en la CE 1.0 mS.cm⁻² redujo el pH, pérdida de peso y azúcares reductores, siendo esta reducción de las dos primeras variables favorables para la comercialización de la fruta. Las otras variables mostradas (° Brix, azúcares totales), fueron incrementadas en la concentración 1x10⁻⁴ M y se redujeron en la concentración 1x10⁻² M.

En la CE 2.5 mS.cm⁻², hubo un incremento en tres variables de las presentadas en el Cuadro 4.2 (pérdida de peso, azúcares totales y reductores), invirtiendo su efecto con respecto a la CE 1.0 mS.cm⁻². El pH fue reducido por el efecto de ambas concentraciones del AC y los ° Brix fueron reducidos en la concentración de AC 1x10⁻⁴ M e incrementados en 1x10⁻² M.

Cuadro 4.2. Valores obtenidos para las variables evaluadas en fruto de tomate.

TRATAMIENTO	pH	° Brix				Pérdida de peso (%)		Azúcares totales (mg.g ⁻¹)	Azúcares reductores (mg.g ⁻¹)
		Primer muestreo			Segundo muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo		
		r *	t *	m *	mm*				
T1. 1.0 mS.cm ⁻²	3.86 a	4.0 c	4.1 b	4.3 b	4.44 b	6.97 a	6.867 a	.2737 b	.5801 a
T2. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M	3.81 a	4.7 a	4.3 b	4.3 b	4.56 b	6.94 a	7.045 a	.2862 a	.5476 a
T3. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M	3.73 b	3.7 c	3.8 c	4.1 b	4.06 b	6.66 a	5.466 b	.2584 c	.5398 a
T4. 2.5 mS.cm ⁻²	3.65 b	4.5 b	5.1 a	5.3 a	5.48 a	5.84 b	5.765 b	.2757 b	.5407 a
T5. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M	3.57 c	5.0 a	4.9 a	5.6 a	5.40 a	6.68 a	5.530 b	.2775 b	.5980 a
T6. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M	3.14 d	5.0 a	5.2 a	5.5 a	5.68 a	7.67 a	5.742 b	.2966 a	.5975 a

* r = Fruta rayada exprimiendo. t = Fruta tres cuartos exprimiendo. m = Fruta madura exprimiendo. mm = Fruta madura macerada.

* Los promedios seguidos de la misma letra no son diferentes según la prueba de Fisher ($\alpha = 0.05$).

pH.

El uso de diferentes concentraciones de sales y de AC, en el pH en frutos, tuvieron diferencias significativas (Cuadro 4.2) para ambas condiciones en estudio (concentración de sales y AC), siendo el valor de pH mayor, en forma general, para la concentración de sales de 1.0 mS.cm⁻² (Figura 4.3), obteniendo diferencias significativas en el T3 y no significativa en el T2, con respecto al T1. En la CE de 2.5 mS.cm⁻² el pH de la fruta fue reducido significativamente entre los tres tratamientos, siendo el T6, el cual obtuvo el valor más bajo de pH. Esta condición puede favorecer la industrialización de frutos de tomate, evitando el desarrollo de enfermedades y usar productos para reducir el pH.

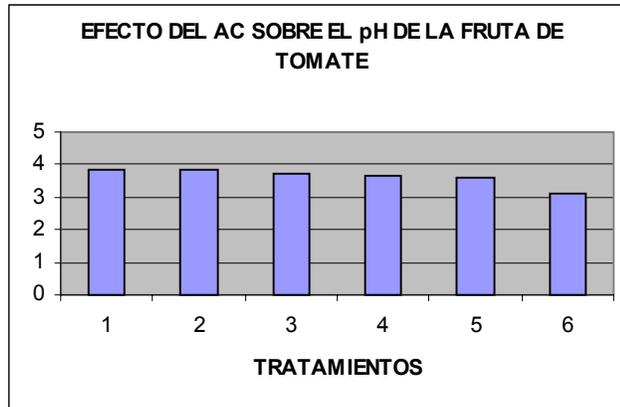


Figura 4.3 Efecto del AC y la concentración de sales en la solución nutritiva sobre el pH de la fruta de tomate.

Grados Brix.

Para el promedio de la variable ° Brix, en forma general, podemos mencionar que la CE 2.5 mS.cm^{-2} incrementó el valor de ° Brix, en los 4 muestreos realizados (Cuadro 4.2), sólo encontrando un valor superior a el T4 en fruta rayada, siendo el T2, pero siendo inferior a los otros tratamientos. El efecto de AC en la CE 1.0 mS.cm^{-2} a una concentración de $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ en los cuatro muestreos presentó una reducción en comparación con el T1, en ocasiones siendo significativa (tres cuartos, madura macerada) y en otras no significativa (rayada, madura) (Cuadro 4.2). El AC a una concentración de $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ en la CE 1.0 mS.cm^{-2} incrementó los ° Brix en tres de los cuatro muestreos, siendo significativa en fruta rayada y no significativa en tres cuartos y madura macerada, en el tercer muestreo fue un poco inferior en comparación a T1.

En el T6 hubo un incremento de ° Brix, en comparación con T4, siendo significativa en fruta rayada y no significativa en fruta tres cuartos, madura exprimiendo y madura macerada. En el T5 la tendencia del AC no está clara, para las condiciones en las cuales se desarrolló este experimento, ya que en fruta rayada y madura exprimiendo, se

mostró un incremento de ° Brix, mientras que en tres cuartos y madura macerada muestra una disminución.

En resumen, podemos decir que a CE + AC en concentraciones altas, los ° Brix aumentan, mientras que a CE bajas + concentraciones altas de AC, disminuyen los ° Brix; y que a concentraciones bajas de AC + CE alta, se incrementan los ° Brix.

Pérdida de peso.

En el primer muestreo la pérdida de peso (Cuadro 4.2), en la CE de 1.0 mS.cm^{-2} , fue afectada favorablemente, ya que las frutas de las plantas tratadas con AC a $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ tuvieron una menor pérdida de peso, aunque no en una forma significativa. En la CE 2.5 mS.cm^{-2} , el comportamiento del AC tuvo un efecto desfavorable, ya que la pérdida de peso se incrementó a medida que aumentó la concentración del ácido orgánico en la solución nutritiva. Sólo se halló una diferencia significativa entre los 6 tratamientos, siendo el T4, el que tuvo un valor menor de pérdida de peso. Al comparar T1 vs T4, podemos suponer que la concentración de sales reduce la pérdida de peso, pero la aplicación de AC en CE menores reduce la pérdida de peso, mientras que a concentración de sales más altas, el efecto del AC se invierte, incrementando la pérdida de peso.

En el segundo muestreo al comparar T1 vs T4 encontramos el mismo comportamiento que en el primer muestreo, reduciendo la pérdida de peso a mayor concentración de sales, sin embargo, el AC tuvo un comportamiento diferente, ya que en el T3 hubo una disminución en la pérdida de peso, mientras que la concentración de AC $1 \times 10^{-4} \text{ M}$, incrementó la pérdida de peso.

En la CE 2.5 mS.cm⁻² que se le aplicó AC a una concentración 1x10⁻⁴ M y 1x10⁻² M, la pérdida de peso se redujo con respecto a el T4, aunque no fue significativa, siendo mayor la pérdida en la concentración más alta de AC.

Los resultados obtenidos con respecto a la concentración de sales coinciden con los obtenidos por Lin *et al.*, (1991), el cual aplicó a plántulas de pepino diferentes concentraciones de sales, siendo la concentración más alta la que mejoró la vida de anaquel de los frutos.

Azúcares totales.

Los resultados obtenidos nos muestran que los tratamientos no afectaron la cantidad de azúcares totales en una forma significativa (Cuadro 4.2). Aunque si hubo una disminución en la CE 1.0 mS.cm⁻² y un aumento en la CE 2.5 mS.cm⁻².

Azúcares reductores.

La tendencia entre los diferentes CE no está claro, ya que hay valores estadísticamente iguales en ambas concentraciones (Cuadro 4.2). El AC en la CE 1.0 mS.cm⁻² a una concentración de 1x10⁻⁴ M, incrementó significativamente la cantidad de azúcares reductores, mientras que la concentración 1x10⁻² M disminuyó la cantidad de azúcares en una forma significativa, mostrando ser análogo a el valor de ° Brix. En la CE de 2.5 mS.cm⁻² y con una concentración de AC igual a 1x10⁻⁴ M y 1x10⁻² M incrementaron la cantidad de azúcares reductores pero sólo el T6 mostró ser significante, la cantidad de azúcares reductores es análogo a los ° Brix encontrados, en las mismas circunstancias.

Producción de las plantas tratadas con ácido cítrico + dos diferentes concentraciones de sales en la solución nutritiva.

El efecto del AC sobre los promedios de las variables relacionadas a la producción y el contenido de almidones en fruta, podemos decir claramente que en la CE 1.0 mS.cm⁻² estas variables fueron reducidas, teniendo el mismo efecto en la CE 2.5 mS.cm⁻² sobre dos variables (peso promedio de fruto, por ciento de almidones), e incrementando el número total de frutos y la producción total.

Cuadro 4.3. Valores de variables de producción en plantas de tomate.

TRATAMIENTOS	Peso promedio por fruto. (gr).	Nº total de frutos.	Peso total de frutos (gr).	Almidón (%).
T1. 1.0 mS.cm ⁻²	59.06 a	18.4 c	1057.08 b	50.27
T2. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M	53.64 a	17.8 c	1003.34 b	48.13
T3. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M	59.80 a	13.5 c	793.40 b	42.78
T4. 2.5 mS.cm ⁻²	59.60 a	44.3 b	2637.01 a	63.10
T5. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M	56.70 a	46.8 a	2637.14 a	56.69
T6. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M	54.43 a	51.5 a	2767.89 a	56.69

* Los promedios seguidos de la misma letra no son diferentes según la prueba de Fisher ($\alpha = 0.05$).

Peso promedio por fruto.

El peso promedio por fruto no fue afectado significativamente por la CE ni por la concentración de AC (Cuadro 4.3). Aunque se nota una disminución del promedio de esta variable en la CE 2.5 mS.cm⁻².

Nuestros resultados no coinciden con los obtenidos por Hochmuth *et al.*, (1993), quienes aplicaron diferentes concentraciones de K, determinando que a valores más altos de K había un incremento en el tamaño promedio de fruta en berenjena.

Número total de frutos.

Los resultados obtenidos para el promedio de esta variable (Cuadro 4.3) fueron afectados significativamente por la concentración de sales, siendo los valores más altos para la CE 2.5 mS.cm⁻². El efecto de AC para la CE 1.0 mS.cm⁻², fue el de reducir el número total de frutos (Figura 4.3), aunque no en una forma significativa, correspondiendo el valor menor a la concentración de AC más alta. Por el contrario el AC en la CE 2.5 mS.cm⁻², incrementó el número total de frutos, alcanzando valores significantes con respecto al T4, al cual no se le hicieron aplicaciones de AC, siendo el T6 el que tuvo un valor mayor.

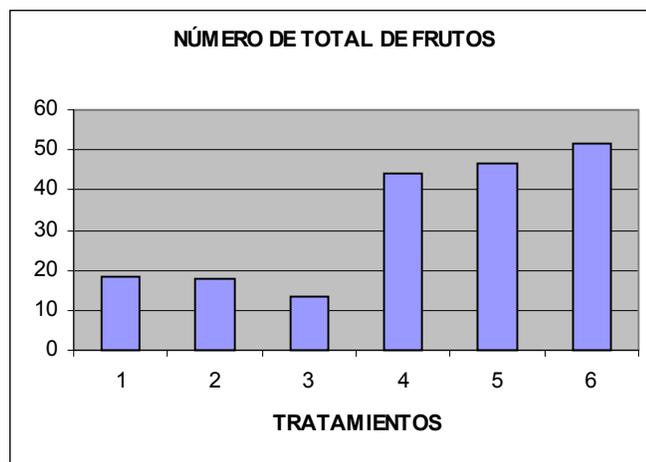


Figura 4.4 Efecto del AC y dos concentraciones de sales en la solución nutritiva sobre el número de frutos por planta.

Estos resultados coinciden con los reportados por Walworth (1992) en plantas de lechuga quien reporta un incremento en el peso y diámetro de cabeza, a una concentración media de N, de las utilizadas en ese experimento.

Peso total de frutos.

Los resultados obtenidos nos muestran que la CE incrementó significativamente el peso total de frutos (Cuadro 4.3), siendo la CE de 2.5 mS.cm⁻² la que obtuvo los valores más altos.

El efecto de AC en la CE 1.0 mS.cm⁻² fue el reducir el peso total de frutos, siendo el T3 el que obtuvo el valor más bajo, pero no llegando a ser significativo. En la CE de 2.5 mS.cm⁻², el T4 y T5 tuvieron un peso total de frutos similar, pero el T6 incrementó este valor, sin alcanzar significancia.

Con respecto a la CE nuestros resultados coinciden con los encontrados por Walworth (1992), el cual encontró un incremento del peso de la cabeza de lechuga al aplicar una cantidad más alta de N con respecto a sus otros tratamientos. Los resultados en la aplicación de AC en la CE 2.5 mS.cm⁻² en este trabajo, coinciden con los reportados por Ramos (2002), en los cuales reporta un mayor peso fresco del vástago a una concentración de AC de 1x10⁻³ M en la solución nutritiva, en plantas de tomate, en la cual utilizaron una solución douglas, pero no coincide con lo reportado por el mismo autor en otras concentraciones de AC (1x10⁻⁵ y 1x10⁻⁴ M) las cuales disminuyeron el peso fresco de vástago, coincidiendo con los encontrados en este trabajo en la CE de 1.0 mS.cm⁻² a las diferentes concentraciones de AC.

Almidones.

El efecto de la CE en este experimento, está claramente marcado ya que hubo una mayor cantidad de almidones en los tratamientos con una CE de 2.5 mS.cm⁻² con respecto a los tratamientos de CE 1.0 mS.cm⁻². Lo referente al efecto del AC se mostró un

comportamiento de reducir el por ciento de almidones en ambas concentraciones de AC y también en las dos concentraciones de sales (Cuadro 4.3).

Concentración de elementos en hojas y frutos de tomate.

Cuadro 4.4. Concentración de elementos en hojas de tomate para cada uno de los tratamientos y los dos muestreos.

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
T1. 1.0 mS.cm ⁻² *	1.54	.236	3.23	3.60	1.45	1510	961	470	124	139
T2. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M *	1.96	.209	2.11	3.65	1.46	1430	1049	467	162	195
T3. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M *	1.96	.264	3.82	4.01	1.46	720	1019	793	238	854
T4. 2.5 mS.cm ⁻² *	2.87	.352	3.79	3.10	1.40	2130	963	263	133	164
T5. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M *	3.22	.401	4.49	3.67	1.40	2130	774	210	98	137
T6. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M *	3.29	.451	2.49	3.53	1.37	1970	927	345	219	4879
T1. 1.0 mS.cm ⁻²	1.05	7.894	0.11	3.94	1.44	4660	1538	406	157	151
T2. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M	2.45	.384	0.35	3.38	1.43	4710	1357	354	68	270
T3. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M	2.8	13.686	0.9	3.75	1.41	7370	1301	299	69	201
T4. 2.5 mS.cm ⁻²	3.08	.421	0.55	4.0	1.36	5560	1319	249	68	216
T5. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M	3.15	.323	0.95	3.10	1.36	6550	1113	254	67	245
T6. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M	3.08	.533	0.41	2.49	1.24	4180	737	161	54	165

* Valores del primer muestreo

Los resultados (Cuadro 4.4) nos muestran que en el primer muestreo de hojas, a una CE de 1.0 mS.cm⁻² más una concentración de AC de 1x10⁻⁴ M, los elementos que se vieron incrementados son: N, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe; mientras que en el segundo muestreo se incrementaron el N, K, Na, Fe. En la concentración de AC igual a 1x10⁻² M, en el primer muestreo se incrementaron el N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn, Fe; y que en el segundo muestreo se incrementaron N, P, K, Na, y Fe.

Podemos mencionar que quizá en el primer muestreo hubo un incremento de más elementos debido a que en este momento las plantas se encontraban completamente

sanas y en el segundo muestreo ya estaban presentes problemas de *Verticillium sp* y daños por granizo.

En la CE 2.5 mS.cm⁻² y una concentración de AC de 1x10⁻⁴ M, se incrementaron los siguientes elementos: N, P, K, Ca, manteniéndose en el mismo valor Mg, Na, en el primer muestreo y en el segundo muestreo se incrementaron N, K Na, Mn, Fe. El AC en la concentración 1x10⁻² M, incrementó elementos como: N, P, Ca, Mn, Zn en el primer muestreo, mientras que hubo un aumento para P, el segundo muestreo.

Al comparar en el primer muestreo las dos diferentes concentraciones de sales, encontramos que el AC incrementó una mayor cantidad de elementos en la CE 1.0 mS.cm⁻², quizá debido a que la planta estaba en un mayor estrés por deficiencia de elementos y esto hizo probablemente que el AC actuara como quelante de elementos bajo estas condiciones.

Cuadro 4.5. Elementos que se incrementaron con la aplicación de AC.

		AC 1x10 ⁻⁴ M	AC 1x10 ⁻² M
CE 1000 mS.cm⁻²	Primer muestreo.	N, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe.	N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn, Fe.
	Segundo muestreo.	N, K, Na, Fe.	N, P, K, Na, Fe.
CE 2500 mS.cm⁻²	Primer muestreo.	N, P, K, Ca.	N, P, Ca, Mn, Zn.
	Segundo muestreo	N, K, Na, Mn, Fe.	P.

En resumen mencionaremos que en al primer muestreo se incrementaron N y Ca, en ambas concentraciones de sales y de AC (Cuadro 4.5), coincidiendo con lo reportado por Rodríguez (2002), quién encontró una mayor concentración de Ca con la aplicación de AC. Mientras que el Fe y K se incrementaron en ambos muestreos en la CE de 1.0

mS.cm⁻² + AC en ambas concentraciones. Esto coincide con lo encontrado por Ojima y Ohira (1980), quienes encontraron que el AC liberado por células de arroz durante la segunda mitad de su crecimiento pudo haber quelatado el Fe no disponible y corregir deficiencias de Fe. También coincide con lo reportado por Rodríguez (2002), quien reporta incremento de K y Fe con la aplicación de AC. El P mostró un aumento en la concentración de AC 1x10⁻² M, sin importar la CE ni el muestreo, coincidiendo con lo reportado por M. Archesini et al.,(1966) quien evaluó el efecto de diferentes quelatantes en la movilización de P en suelo, determinado que el AC, HEDTA, DTPA Y EDTA fueron los mejores en suelos alcalinos.

Cuadro 4.6 Concentración de elementos en frutos de tomate para cada tratamiento y muestreo.

	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Na (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
T1. 1.0 mS.cm ⁻² *	1.89	.381	2.06	0.57	2880	39	1	31	493.0
T2. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M *	1.54	.309	3.65	0.58	3670	3	14	25	68.0
T3. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M *	1.47	.365	3.99	0.55	1590	30	2	15	98.0
T4. 2.5 mS.cm ⁻² *	1.89	.357	2.06	0.75	1840	12	2	13	99.0
T5. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M *	1.61	.393	1.13	0.69	2050	8	9	15	45.0
T6. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M *	2.10	.486	2.81	0.55	1470	4	1	18	47.0
T1. 1.0 mS.cm ⁻²	1.61	.384	3.49	0.48	3660	25	10	17	62
T2. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M	1.82	.337	1.62	0.47	3930	18	1	16	35
T3. 1.0 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M	1.89	.477	3.8	0.57	3020	18	2	15	73
T4. 2.5 mS.cm ⁻²	1.89	.423	6.8	0.55	2110	11	10	18	19
T5. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻⁴ M	2.24	.394	4.36	0.54	1970	4	2	33	38
T6. 2.5 mS.cm ⁻² + AC 1x10 ⁻² M	2.31	.525	2.9	0.51	2340	4	3	20	60

* Primer muestreo.

En el cuadro 4.6 mostramos los resultados para la concentración de elementos en frutos de tomate, encontrando que en la CE 1.0 mS.cm⁻² + una cantidad de AC de 1x10⁻⁴ M, se incrementaron K, Mg, Na, Mn, en el primer muestreo, mientras que en el segundo muestreo se incrementaron N, Na. En la concentración de AC de 1x10⁻² M se

incrementaron P, K, Mn, en el primer muestreo y en el segundo muestreo se aumentaron N, P, K, Mg y Fe.

En la CE 2.5 mS.cm^{-2} con una concentración de AC $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ se incrementaron P, Na, Mn, Zn, en el muestreo uno, mientras que en el segundo se incrementaron N, Zn y Fe. En la concentración de AC $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ en la CE 2.5 mS.cm^{-2} se incrementaron elementos como: N, P, K, Zn; y en el muestreo número dos fueron: N, P, Na, Zn y Fe.

Podemos mencionar que el P y K se incrementaron en ambas concentraciones de sales, pero sólo en la concentración de AC de $1 \times 10^{-2} \text{ M}$, coincidiendo con lo reportado por Archesini et al.,(1966) quien evaluó el efecto de diferentes quelatantes en la movilización de P en suelo, determinando que el AC, HEDTA, DTPA Y EDTA fueron los mejores en suelos alcalinos, también coincide, en cuanto al K, por lo reportado por Al-Bahrany y Al-Shabaaan, (1995), dado que reporta un incremento en su concentración, pero no coincide con lo reportado por Al-Bahrany y Al-Shabaaan, (1995), quien encontró que el AC reduce la absorción de P.

Por su parte el Na se incrementó en la concentración de AC $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ pero en la concentración $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ se redujo su concentración, excepto en el segundo muestreo en la CE 2.5 mS.cm^{-2} . El N en el segundo muestreo se incrementó en ambas concentraciones de sales y de AC, siendo similar a lo observado en la concentración de hojas. Los resultados nos muestran que en el fruto la concentración de Cu se redujo en ambas concentraciones de AC en las dos soluciones utilizadas, no coincidiendo con lo reportado por Droop (1961), quien reporta ventajas del quelato de Cu sobre el EDTA en suelos altos en Ca y Mg. Tampoco coincide con lo reportado por Al-Bahrany y Al-Shabaaan, (1995), quien reporta una mayor concentración de Cu con la aplicación de AC. El Zn se incrementó en la CE 2.5 mS.cm^{-2} en las dos concentraciones de AC, siendo

similares estos resultados con los reportados por Mortvedt (1979), en el cual aplicó diferentes formas de Zn, siendo superior la cantidad de materia seca cuando se aplicó el Zn como citrato de zinc y como zinc EDTA.

CONCLUSIONES.

- El efecto de la concentración de sales afectó significativamente a la mayoría de las variables evaluadas, siendo mayor en aquellos tratamientos que se utilizó una CE de 2.5 mS.cm^{-2} .
- El Ácido cítrico en la concentración de sales 1.0 mS.cm^{-2} , redujo número de hojas, racimos florales, entrenudos, diámetro de tallo, siendo significativo en la concentración $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ e incrementó el número de racimos florales, número de nudos, Área foliar en la CE 2.5 mS.cm^{-2} , aunque no significativamente.
- El AC incrementó los ° Brix y azúcares totales en la CE $1.0 \text{ mS.cm}^{-2} + \text{AC } 1 \times 10^{-4} \text{ M}$, pero en la concentración $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ se reducen.
- El AC redujo peso promedio, número y peso total de fruto en la CE 1.0 mS.cm^{-2} pero no significativamente, incrementó significativamente el número total de frutos en la CE 2.5 mS.cm^{-2} .
- El ácido cítrico redujo el pH y contenido de almidón de la fruta.
- El AC incrementó la absorción de Fe y K en la CE 1.0 mS.cm^{-2} en hojas.
- El AC incrementó la absorción de Ca en hojas y Mn en frutas, en los análisis del primer muestreo.
- El AC incrementó la absorción de N, el P se incrementó en frutas y hojas en concentración de AC $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ y el K incrementó su absorción en AC $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ en fruta.
- El AC incrementó la absorción de Zn en la CE 2.5 mS.cm^{-2} en fruta en ambos análisis y en hojas en el primer análisis.
- El AC incrementó la absorción de Na en fruto en la concentración $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ y la redujo en $1 \times 10^{-2} \text{ M}$.

LITERATURA CITADA

AL-BAHRANY, A.M. Y A.M. AL-SHABAAN. 1995. The effect of oxalic and citric acids on the plant absorption of phosphate and other nutrients from fertilizer added to calcareous soil. *Annals Agric. Sci.* 40:943-951.

AOAC. 1980. Official Methods of Analysis of the Association Official Analytic Chemist. Washington, D.C. USA. pp 145, 152, 944.

ARNOW P., OLESON J.J. & WILLIAMS J.H. 1953. The effect of arginine in the nutrition of *Chlorella vulgaris*. *Am. J. Bot.* 40, 100-104.

BADUI DERGAL SALVADOR. 1981. Química de los alimentos. Cuarta reimpresión. Editorial ALHAMBRA MEXICANA.

CALDERON SAENZ FELIPE. 1997. Todo sobre los quelatos.
www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Cartilla_Quelatos.pdf

DUBOIS M., GUILLES K. A., HAMILTON J. K., REBERS P. A. & SMITH F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28:530.

EDWIN F. GEORGE. 1993. Plant propagation by tissue culture. 2nd Edition. Great Britain. Editorial Butler and Tanner Ltd.

EINSET J.W. 1978. Citrus tissue culture – simulation of fruit explant cultures with orange juice. *Plant Physiology.* 62, 885-888.

ERNER Y. & REUVENI O. 1981. Promotion of citrus tissue culture by citric acid. *Plant Physiology.* 67, (Suppl.) 27 (Abst. 146).

GAMBORG O.L. & SHYLUK J.P. 1970. The culture of plants cell with ammonium salts as a sole nitrogen source. *Plant Physiology.* 45, 598-600.

GOLDSCHMIDT E.E. 1976. Endogenous growth substances of citrus tissues. Hort Science 11, 95-99.

HOCHMUTH G.J., HOCHMUTH R.C.& DONLEY M.E. 1993. Eggplant yield in response to potassium fertilization on sandy soil. Hort Science 28 (10). 1002-1005.

HODGSON, J.F., LINDSA, Y W.L., KEMPER,W.D. 1967. Contribution of fixed charge and mobile complexing agents to the diffusion of Zinc. Soil. Sci. Soc. of Amer.Proc. 31: 410-413

KAO K.N. & MICHAYLUK M.R. 1975. Nutritional requirements for growth of *Vicia hajastana* cells and protoplasts at a very low population density in liquid media. Planta 126, 105-110.

LAMB M. J., CLOUGH G.H. & HEMPHILL D.D ,Jr. 1993. Pretransplant watermelon nutrition with various nitrate: ammonium ratios and supplemental calcium. Hort Science 28(2), 101-103.

LIN W.C. & EHRET D.L. 1991. Nutrient concentration and fruit thinning affect shelf life of long English cucumber. . Hort Science 26(10): 1229-1300.

MELTON R. REGINA & DUFAULT J. ROBERT. Nitrogen, phosphorus and potassium fertility regimes affect tomato transplant growth. Hort Science 26(2): 141-142.

MILLER G.L. 1959. Use of Dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. Anal. Chem. 31, 426-428.

MORTVEDT,J.J.1979.MicronutrientTechnology and use in the United States. Presented at the India/FAO/Norway Seminar on Micronutrients in Agriculture, New Delhi, India, Sept.17-21

MULLINS M.G., SRISKANDARAJAH S. & NOITON D. 1986. Enhanced capacity for adventitious root formation in apple microcuttings by conditioning of mother cuttings. Acta Hort. 179, 873.

MURASHIGE T. & TUCKER D.P.H. 1969. Growth factor requirements of citrus tissue culture. pp. 1155-1161 in Chapman H.D. (ed.) Proc. 1st Int. Citrus Symp. Vol. 3, University Calif., Riverside Publication.

NUEZ FERNANDO. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones mundiprensa. España.

OJIMA K. & OHIRA K. 1980. The exudation and characterization of iron-solubilizing compounds in a rice cell suspension culture. Plant Cell Physiology. 21, 1151-1161.

OLVERA GONZÁLEZ J. 1995. El Jitomate Mexicano: Complemento Del Mercado Estadounidense. En: Revista Claridades Agropecuarias, Editor M. Yoldi. ASERCA. (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). 25:1-40.

OLVERA, G. J. 1998. Jitomate, La Hortaliza De Excelencia En Exportación. En: Revista Claridades Agropecuarias, Editor: M.Yoldi. ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). 62: 1-40.

RAMOS MARTÍNEZ JOSÉ FERNANDO. 2002. El ácido cítrico en el crecimiento y desarrollo de plántulas de lechuga en invernadero. Tesis de licenciatura UAAAN.

RODRÍGUEZ ARANDA F. J., BENAVIDES MENDOZA A., GALVÁN LUNA J. J., RAMÍREZ RODRÍGUEZ H. 2002. Cambios en la absorción de minerales y anatomía epidérmica de manzano al aplicar ácidos orgánicos Congreso Nacional de Fitogenética.

SCHENK R.U. & HILDEBRANDT A.C. 1972. Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant cell cultures. Can. J. Bot. 50, 199-204.

TRELEASE S. F. & TRELEASE H.M. 1933. Physiologically balanced culture solutions with stable hydrogen-ion concentration. Science 78, 438-439.

VAN OVERBEEK J., CONKLIN M.E. & BLAKESLEE A.F. 1941. Factors in coconut milk essential for growth and development of very young *Datura* embryos. Science 94, 350-351.

VAN OVERBEEK J., CONKLIN M.E. & BLAKESLEE A.F. 1942. Cultivation *in vitro* of small Datura embryos. Am. J. Bot. 29, 472-477.

WALWORTH J.L., CARLING D.E. & MICHAELSON G.J. 1992. Nitrogen sources and rates for direct-seeded and transplanted head lettuce. Hort Science 27(3), 228-230.

WHITE M.C., DECKER A.M. & CHANEY R.L. 1981. Metal complexation in xylem fluid. I. Chemical composition of tomato and soybeans stem exudates. Plant physiology. 67, 292-300.