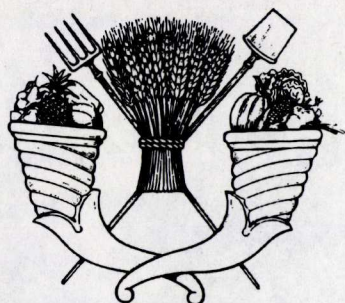




UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
MAESTRIA EN HORTICULTURA**



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

NUTRICION Y CLOROSIS EN TOMATE DE CASCARA
(*Physalis ixocarpa*, Brot.)

T E S I S P R O F E S I O N A L

Que Como Requisito Parcial
Para Obtener el Título de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**

P R E S E N T A :

DOMINGO MONTALVO HERNANDEZ

DX 82589
-136941

Chapingo, México, 1995.



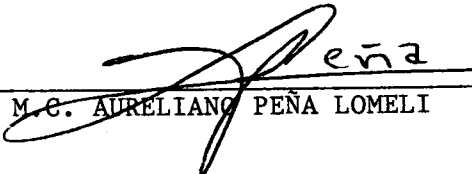
ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL COMITE ASESOR INDICADO,
HA SIDO REVISADA Y APROBADA POR EL JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALISTA EN HORTICULTURA

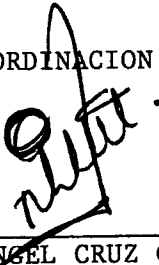
COMITE ASESOR

PRESIDENTE: 
DR. JAIME SAHAGUN CASTELLANOS

ASESOR: 
DR. AGUSTIN LOPEZ HERRERA

ASESOR: 
M.C. AURELIANO PEÑA LOMELI

REPRESENTANTES DE COORDINACION

COORDINACION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO EN HORTICULTURA:  A. 20562
M.C. ROBERTO ANGEL CRUZ GARZA

COORDINACION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO EN LA UACH: 
DRA. TERESA COLINAS DE LEON

CHAPINGO, MEX., NOVIEMBRE DE 1995.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Autónoma Chapingo, al Departamento de Fitotecnia y a la Coordinación del Programa de Maestría en Horticultura, por los apoyos brindados durante la realización del presente trabajo.

- Al Dr. Jaime Sahagún Castellanos por su constante labor de asesoría y sus acertadas sugerencias durante el desarrollo del trabajo. Además, por inculcar el respeto y la disciplina en la actividad profesional y por ser gran amigo.

- Al M.C. Aureliano Peña Lomelí por sus acertadas sugerencias durante la conducción del trabajo, por esa gran labor de equipo y por su constante disponibilidad por hacer las cosas.

- Al Dr. Agustín López Herrera por su labor de asesoría y atinados consejos. Además, por su apoyo constante para la realización del presente trabajo.

- Al M.C. Roberto A. Cruz Garza por su decidida participación y empeño en la revisión del trabajo, y por sus acertadas sugerencias.

- A la Dra. Teresa Colinas De León por su apoyo en la revisión del escrito y sus valiosos comentarios, y por ser gran persona.

- A los trabajadores del Campo Experimental: Gabriel, Chevo, Gustavo, Ernesto, Lalo, Gil y Pancho, por su apoyo incondicional más allá de sus funciones, durante la fase de campo.

- A las secretarias: Sra. Rosaura Muñoz y Gloria García por su apoyo en la captura e impresión del trabajo.

A todas las personas mencionadas y a las que por el momento olvido, muchas gracias.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico con profundo respeto, admiración y cariño a las siguientes personas:

A mis padres:

Sr. Eduardo Montalvo Mtz.

y

Sra. Camerina Hernández Villa

A mis hermanos:

Oscar

Raúl

Jesús

Lourdes

Oralia

Eduardo

**A quien da solidéz, razón y motivo para seguir luchando en la vida y por la vida,
con amor:**

a mi esposa, Eudelia

y

a nuestra hija, Isis

A la familia López Baltazar por el honor de su amistad, sinceridad y cariño.

A los colegas de maestría generación 93-95 por el valor de su amistad y por demostrar su capacidad ante los hechos para convertirse en la generación modelo.

INDICE GENERAL

	Página
LISTA DE CUADROS	<i>i</i>
RELACION DE FIGURAS.....	<i>iv</i>
RESUMEN.....	<i>vi</i>
I. INTRODUCCION.....	1
II. MARCO DE REFERENCIA.....	4
2.1. Importancia del cultivo de tomate de cáscara.....	4
2.2. Origen y distribución.....	5
2.3. Descripción taxonómica y botánica.....	5
2.4. Requerimientos ambientales.....	7
2.5. Aspectos fisiológicos.....	8
2.6. Aspectos relacionados con clorosis o amarillamiento en plantas	
2.6.1. Concepto general.....	10
2.6.2. Factores involucrados en la expresión de clorosis en plantas	
2.6.2.1. Biológicos	11
2.6.2.1.1. Plagas y enfermedades.....	11
2.6.2.1.2. Inherentes al genotipo.....	14
2.6.2.2. Ambientales.....	15
2.6.2.2.1. Climáticos.....	15
2.6.2.2.2. Edáficos.....	18
2.6.2.3. Manejo del cultivo.....	18
2.6.3. La nutrición en plantas de cultivo.....	19

2.6.3.1. Definición.....	19
2.6.3.2. Factores involucrados en la nutrición en plantas.....	20
2.6.3.2.1. Factores endógenos.....	20
2.6.3.2.2. Factores exógenos.....	24
2.6.3.3. Principales elementos nutritivos.....	27
2.6.3.3.1. Consideraciones generales.....	27
2.6.3.3.2. Función, síntomas de deficiencia y toxicidad de los principales elementos nutritivos en plantas.....	31
2.6.3.3.3. Principales interacciones entre elementos nutritivos en plantas.....	56
2.6.3.4. Principales estudios sobre nutrición en tomate de cáscara.....	62
III. MATERIALES Y METODOS.....	69
3.1. Ubicación y características del sitio experimental.....	69
3.2. Características del material usado.....	69
3.3. Diseño de tratamientos y experimental.....	73
3.4. Conducción del experimento.....	76
3.4.1. Establecimiento.....	76
3.4.2. Riegos.....	76
3.4.3. Fertilización.....	79
3.4.4. Control de plagas y enfermedades.....	79
3.4.5. Cosecha.....	79

3.5. Variables evaluadas.....	80
3.6. Análisis estadístico.....	82
3.6.1. Análisis de varianza.....	82
3.6.2. Comparación de medias.....	83
3.6.3. Contrastes.....	86
3.6.4. Correlaciones	87
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	90
4.1. Análisis de varianza.....	90
4.1.1. Análisis de varianza para todos los tratamientos	90
4.1.2. Análisis de varianza dentro de grupos de tratamientos.....	90
4.2. Comparación de valores medios.....	91
4.2.1. Prueba de medias para todos los tratamientos.....	91
4.2.2. Prueba de medias dentro de grupos de tratamientos.....	95
4.2.2.1. Variedades sin magnesio.....	95
4.2.2.2. Sustratos.....	98
4.2.2.3. Nutrición con calcio.....	101
4.2.2.4. Nutrición con magnesio.....	103
4.2.2.5. Nutrición con fierro.....	106
4.2.2.6. Nutrición con manganeso.....	107
4.2.2.7. Nutrición con fósforo.....	110
4.2.2.8. Nutrición con zinc.....	112
4.2.2.9. Nutrición con azufre.....	114
4.3. Contrastes.....	116

4.4. Correlaciones.....	119
4.5. Descripción general de los principales síntomas observados en Cada tratamiento.....	122
4.6. Análisis general.....	141
4.6.1. Comportamiento general de los tratamientos y por grupo de estos.....	141
4.6.2. Expresión sintomatológica	144
V. CONCLUSIONES.....	150
VI. SUGERENCIAS.....	153
VII. BIBLIOGRAFIA.....	162
VIII. ANEXO.....	173

LISTA DE CUADROS

CUADROS DEL CONTENIDO

No. de Cuadro	Página
Cuadro 1. Concentración aproximada de macro y micronutrientes tomados a partir de tejidos de hoja (macronutrientes en % y micronutrientes en ppm).....	31
Cuadro 2. Patrón de comportamiento de los elementos nutritivos cuando uno de ellos se hace deficiente en hoja de maíz.....	57
Cuadro 3. Contenido nutrimental en hojas de jitomate (<u>Lycopersicum esculentum</u> , Mill).....	67
Cuadro 4. Relación de factores, niveles y combinación de niveles óptimos (referencia).....	76
Cuadro 5. Relación de tratamientos resultantes de la combinación de niveles de cada factor en función del punto de referencia (T1).....	77
Cuadro 6. Descripción de los tratamientos estudiados. Para los factores cuantitativos los números se refieren a ppm.	78
Cuadro 7. Descripción de grupos de tratamientos segun el factor en estudio.....	85
Cuadro 8. Relación de contrastes establecidos y su descripción.....	89
Cuadro 9. Análisis de varianza de nueve variables y significancia estadística de 29 contrastes(Cuadro 8).....	94
Cuadro 10. Cuadrado medio para cada grupo de tratamientos en las variables evaluadas.	95
Cuadro 11. Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) de 30 tratamientos (Tr).....	96
Cuadro 12. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de nueve variables obtenidas sin aplicar Mg en las variedades: Rendidora (T2), Milpero (T3), Tamazula (T4) y CHF1 - Chapingo (T13).	98

Cuadro 13. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de nueve variables obtenidas en los sustratos: tezontle (T1), sol. nutritiva (T5), suelo S. Juan (T6), suelo Oacalco (T7), agua natural (T8) y suelo S. Martín (T9).....	101
Cuadro 14. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0(T10), 150(T11), 300(T1) y 1000 ppm(T12) de calcio.....	104
Cuadro 15. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0(T13), 20(T14), 60(T1) y 200 ppm (T15) de magnesio.....	105
Cuadro 16. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0(T16), 0.5(T17), 2.0(T1) y 25.0 ppm(T18) de fierro.....	107
Cuadro 17. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0(T19), 0.2(T20), 0.5(T1) y 15.0 ppm(T21) de manganeso.....	110
Cuadro 18. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0(T22), 20(T23), 60(T1) y 200 ppm(T24) de fósforo.....	112
Cuadro 19. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0(T25), 0.1(T26), 0.25(T1) y 15 ppm(T27) de zinc.....	114
Cuadro 20. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0(T28), 100(T29), 250(T1) y 2000 ppm(T30) de azufre.....	117
Cuadro 21. Estimación porcentual de los principales contrastes establecidos.....	121
Cuadro 22. Análisis de correlación entre las variables evaluadas por grupo de tratamientos.....	125
Cuadro 23. Valores porcentuales con los que el testigo supera a cada tratamiento en la variable rendimiento total de fruto.....	143

CUADROS DEL ANEXO

No. de Cuadro	Página
Cuadro 1a.	Matríz de coeficientes (ci) para los principales contrastes establecidos..... 174
Cuadro 2a.	Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "variedades sin magnesio" en nueve variables..... 176
Cuadro 3a.	Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "sustratos" en nueve variables..... 176
Cuadro 4a.	Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "nutrición con calcio" en nueve variables..... 176
Cuadro 5a.	Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "nutrición con magnesio" en nueve variables..... 177
Cuadro 6a.	Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "nutrición con fierro" en nueve variables..... 177
Cuadro 7a.	Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "nutrición con manganeso" en nueve variables..... 177
Cuadro 8a.	Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "nutrición con fósforo" en nueve variables..... 178
Cuadro 9a.	Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "nutrición con zinc" en nueve Variables..... 178
Cuadro 10a.	Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "nutrición con azufre" en nueve variables..... 178
Cuadro 11a.	Diferencias entre medias de cada grupo de tratamientos involucrados en cada contraste. 179
Cuadro 12a.	Análisis general de correlación entre variables 180
Cuadro 13a.	Análisis del estado nutrimental en diferentes muestras (M) tomadas durante el experimento en tomate de cáscara..... 181

RELACION DE FIGURAS

No. de Cuadro	Página
Figura 1. Clorosis en los brotes tiernos en el cultivo de tomate de cáscara (<u>Physalis ixocarpa</u> , Brot.) observada en campo.....	155
Figura 2. Clorosis en las hojas basales en el cultivo de tomate de cáscara (<u>Physalis</u> <u>ixocarpa</u> , Brot.) observada en campo.....	155
Figura 3. Plantas testigo con todos los nutrientes a los 70 días después del trasplante.....	156
Figura 4. Síntomas producto de diferentes niveles de calcio en tomate de cáscara (<u>Physalis ixocarpa</u> , Brot.): TEST (testigo, 300 ppm), DEF (deficiencia, 0 ppm), NB (nivel bajo, 150 ppm) y EXC (exceso, 1000 ppm).	156
Figura 5. Síntomas producto de diferentes niveles de magnesio en tomate de cáscara (<u>Physalis ixocarpa</u> , Brot.): TEST (testigo, 60ppm), DEF (deficiencia, 0 ppm) y EXCESO (200 ppm).	157
Figura 6. Síntomas producto de diferentes niveles de fierro en tomate de cáscara (<u>Physalis ixocarpa</u> , Brot.): TEST (testigo, 2 ppm), DEF (deficiencia, 0 ppm), NB (nivel bajo, 0.5 ppm) y EXC (exceso, 25 ppm).....	157
Figura 7. Síntomas producto de la deficiencia de Mn en tomate de cáscara (<u>Physalis ixocarpa</u> , Brot.).....	158
Figura 8. Síntomas producto del exceso de Mn (15 ppm) en tomate de cáscara (<u>Physalis ixocarpa</u> , Brot.).....	158
Figura 9. Síntomas producto de la deficiencia de fósforo en tomate de cáscara (<u>Physalis ixocarpa</u> , Brot.).....	159
Figura 10. Síntomas producto del exceso de fósforo (200 ppm) en tomate de cáscara (<u>Physalis ixocarpa</u> , Brot.).....	159
Figura 11. Síntomas producto de diferentes de zinc en tomate de cáscara (<u>Physalis ixocarpa</u> , Brot.): TEST (testigo, 0.25 ppm), DEF (deficiencia, 0 ppm), NB (nivel bajo, 0.1 ppm) y EXC (exceso, 15 ppm).....	160

Figura 12.	Síntomas producto de diferentes niveles de azufre en tomate de cáscara (<u>Physalis ixocarpa</u>, Brot.): TEST (testigo, 250 ppm), DEF (deficiencia, 0 ppm), NB (nivel bajo, 100 ppm) y EXC (exceso, 2000 ppm).	160
Figura 13.	Cultivo de tomate de cáscara de aceptable desarrollo en campo, después de 45 días del transplante.....	161

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en condiciones de invernadero, en el campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, durante los meses de julio a noviembre de 1994, teniendo como propósito fundamental evaluar el efecto de diferentes variedades, sustratos y elementos minerales en la expresión de síntomas cloróticos o amarillamientos y en la producción de tomate de cáscara.

De la combinación de algunos niveles de los factores variedad, sustratos, calcio, magnesio, fierro, manganeso, fósforo, zinc y azufre se constituyeron 30 tratamientos que se estudiaron en un experimento usando un diseño experimental en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental se constituyó por cuatro plantas, cada una en contenedores diferentes.

Las variables estudiadas fueron: Rendimiento total de fruto (Yt), Volumen del fruto (VF), Peso del fruto (PF), Diámetro de tallo (D), Número de brotes basales (Br), Longitud de brotes (LBr), Número de flores (F), Bolsas (Bo) y Altura de planta (A).

Los resultados obtenidos permiten indicar que los tratamientos que propiciaron clorosis muy comparable a la observada en campo fueron el T28 (sin azufre), T30 (azufre en 2000 ppm), T19 (sin manganeso), T16 (sin fierro), T25 (sin zinc), T13 (sin magnesio) y T10 (sin calcio), siendo superados por el testigo (tratamiento constituido con niveles óptimos de cada factor) en producción de frutos por 87.2, 81.4, 60.7, 45.0, 40.4, 38.1 y 32.0%, respectivamente.

En las variables PF, VF, D, Bo, Br, LBr, F, y A, el T16 (sin fierro) y el T28 (sin azufre) produjeron efectos estadísticamente iguales a los del testigo.

INTRODUCCION

Entre las hortalizas, el tomate de cáscara (Physalis ixocarpa, Brot.) es una especie que ha cobrado gran importancia en los últimos años. En 1993 se reportó una superficie cultivada de 34,263 ha con un rendimiento promedio por ha de 11.94 toneladas (SARH,1993). A esta hortaliza en algunas regiones del país se le considera como un sustituto del jitomate (Lycopersicum esculentum, Mill.) en la alimentación; por lo que, recientemente se ha incrementado su importancia debido entre otros aspectos a una mayor tolerancia a plagas y enfermedades, resistencia al manejo del producto, accesibilidad al germoplasma, y pocos problemas de comercialización, entre otras. Estas han ocasionado que se le clasifique en el 5º lugar de las principales hortalizas cultivadas.

Considerando que el crecimiento en la superficie agrícola en México es prácticamente nulo, una alternativa para incrementar la producción consiste en obtener mayores rendimientos por unidad de superficie. La adopción de este enfoque trae como consecuencia la necesidad de dar solución a diversos problemas que se presentan en el proceso productivo que permita generar tecnologías cada vez más eficientes. En este sentido, con respecto al mejoramiento del proceso de producción del tomate de cáscara, existen pocos estudios básicos conducentes a tal fin. Sin embargo, viejos y nuevos problemas se siguen haciendo presentes, y en ocasiones se intensifican cada vez más conforme este cultivo cobra más arraigo.

Actualmente, durante la producción en campo de tomate de cáscara, entre otros problemas, se ha venido observando la presencia de una serie de síntomas de clorosis o amarillamientos en las hojas de este cultivo, siendo esto más frecuentes e intenso cuando inicia la etapa de fructificación. Aparentemente lo anterior, retrasa el desarrollo de la planta y disminuye el rendimiento de la misma (Fig. 1 y 2).

La variación en la expresión de este síntoma ha propiciado cierta confusión sobre su diagnóstico, traduciéndose en diversas interpretaciones sobre la causa de este problema (a nivel empírico); es decir, no existen reportes sobre estudios realizados con la finalidad de darle solución a éste, que, sin embargo, es frecuentemente comentado por los productores y personas relacionadas con el cultivo. Los resultados obtenidos con base en pruebas preliminares (inoculaciones, aplicación de productos químicos, evaluación de progenie de plantas sanas y enfermas, manejo de temperatura y humedad) realizadas en áreas de producción ubicadas en el Valle de México, indican que gran parte de la explicación de este problema podría estar basada en aspectos de nutrición y del genotipo, razón por la cual se diseñó el presente trabajo con los siguientes:

OBJETIVOS

- 1. Estudiar diferentes variedades, sustratos y elementos nutrimentales con el propósito de obtener información referente a la expresión de síntomas cloróticos y amarillamientos en el cultivo de tomate de cáscara.**

2. Estudiar el efecto que en algunas características de la planta y de la producción en general tienen diferentes elementos nutrimentales.

HIPOTESIS

1. La presencia de síntomas cloróticos o amarillamientos foliares en tomate de cáscara, se deben básicamente a deficiencias de calcio, magnesio o fierro.

2. Es posible reproducir los síntomas observados en campo si se usa como sustrato al suelo utilizado en el cultivo.

3. La magnitud de los síntomas cloróticos dependen de la variedad usada en la producción.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia del cultivo de tomate de cáscara

El tomate de cáscara (Physalis ixocarpa, Brot.) es un cultivo hortícola que actualmente ha cobrado gran importancia en México. Según Kamla (1957), citado por Santiaguillo y López (1992) el tomate verde prácticamente sólo se cultivaba en México y Centroamérica alrededor del año 1957. En la actualidad varios países de Europa y Asia cuentan con el germoplasma por lo que es factible que también ahí se cultive en el futuro.

De acuerdo con la SARH (1993), la superficie cultivada en la actualidad asciende a 34, 263 ha con un rendimiento promedio por ha de 11, 942 kg, un valor de la producción equivalente a N\$ 415,110,126.00 a un precio medio rural de N\$ 1,122.76/ton. De 1940 a la fecha, la superficie cultivada se ha incrementado en 1030.0% y el rendimiento por ha en un 401.6%. Lo que ha permitido que se ubique en el 5º lugar en importancia dentro de las principales hortalizas cultivadas en México, siendo los Estados de Sinaloa, Puebla, Michoacán, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Estado de México, Guanajuato, Sonora y Zacatecas los principales productores.

Con respecto a los usos que se le dan, Cárdenas (1981) indica que el tomate de cáscara es utilizado como condimento en un sinúmero de comidas en forma de

salsas agregadas a los guisados, sopas, ensaladas, etc. Además, es utilizado por la industria de alimentos envasados para la fabricación de salsas verdes (Peña y Márquez, 1990).

Saray (1982) señala que el fruto del tomate verde mexicano contiene sales de fierro, de calcio y de fósforo, además de varias vitaminas.

2.2. Origen y distribución

De acuerdo con Menzel (1951) la palabra tomate proviene del vocablo náhuatl "Ayacachtomatli" cuyas etimologías son: Ayacah (T/I) = sonaja, cascabel y tomatl = tomate. Así, su nombre genérico hace suponer que es originario del Continente Americano y muy probablemente México sea el principal centro de origen ya que crece en forma silvestre en la vertiente del Pacífico desde California hasta Guatemala y Nicaragua. Por su parte Montes (1989), establece que esta especie se desarrolla en un rango altitudinal que va desde los 10 msnm en Tres Valles, Ver. a 2600 msnm en el Estado de México. Así mismo, indica que latitudinalmente se desarrolla desde el sur de Baja California Norte (29° 23' LN) hasta el sur del Estado de Chiapas (15° 54' LN).

2.3. Descripción taxonómica y botánica

Waterfall (1967) indica que la taxonomía de Physalis presenta gran controversia

debida a la heterogeneidad presente en este taxón, así como a la presencia de poblaciones intermedias y a la ambigüedad de muchas descripciones; todo lo cual, dificulta la definición de las especies. Sin embargo, Benson (1957) presenta la siguiente clasificación hecha por Brot:

Reino	Vegetal
Subreino	Plantae
División	Spermatophyta
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledonae
Orden	Polemoniales
Familia	Solanaceae
Tribu	Solaneae
Género	<u>Physalis</u>
Especie	<u>ixocarpa.</u>

En estudios realizados con diferentes especies del género Physalis, se encontró que la mayoría son diploides $2n = 24$, entre éstas se encuentra Physalis ixocarpa, Brot. y P. philadelphica, Lam.; no así, P. angulata, L., P. peruviana y P. mínima con $2n = 48$ (Menzel, 1951).

De acuerdo con García (1975) citado por Cárdenas (1981), el tomate de cáscara presenta la siguiente descripción botánica:

Es una especie herbácea anual de 40 a 90 cm de altura dependiendo del hábito de crecimiento; el diámetro del tallo principal es de 1.1 a 1.3 cm; ramas primordias de 0.8 a 0.9 cm; en los primeros días de vida presenta pubescencia esparcida en hojas y ramas, la cual se pierde a medida que crece la planta; hojas alternas ovaladas de 0.5 a 10.0 cm de largo por 4.0 a 6.0 cm de ancho, base alternada, ápice agudo o ligeramente acuminado con márgenes irregularmente dentados, por lo general, presentan seis dientes por cada lado; peciolo de 0.4 a 6.5 cm de largo, flor pentámera de 0.7 a 1.3 cm de largo; corola de 1.2 a 2.69 cm de diámetro, color amarillo con manchas azul verdoso o morado tenues o bien marcadas; anteras azul o azul verde de 0.2 a 0.4 cm de largo, las cuales se encorvan después de la dehiscencia. El fruto es una baya de 1.6 a 6.0 cm de diámetro, el cáliz que cubre el fruto mide de 1.8 a 4.3 cm de largo por 2.5 a 6.0 cm de ancho, con diez costillas que en algunos casos son de color morado, los pedicelos miden de 0.6 a 1.0 cm de largo.

2.4. Requerimientos ambientales

Saray y Loya (1977) mencionan que la temperatura óptima que requiere el cultivo fluctúa entre 20 y 22 °C. Su crecimiento vegetativo requiere de 22 a 25 °C; con temperaturas de 30 °C, el crecimiento disminuye y por arriba de los 40 °C puede cesar. En floración se requieren temperaturas de 30 a 32 °C, si son mayores pueden provocar deshidratación del tubo polínico, provocando una polinización incompleta y frutos malformados.

Las etapas críticas en cuanto a humedad corresponden a la germinación y emergencia así como al transplante. El resto del ciclo, incluyendo floración, necesita de un 60% de la capacidad de campo. En condiciones de sequía, el tomate tiende a emitir rápidamente flores, se acelera la maduración, los frutos son pequeños, en menor cantidad y de sabor más ácido.

Demanda suelos arcilloso-arenosos con disponibilidad de agua en regiones donde la humedad no sea suficiente para el desarrollo del cultivo en temporal principalmente. El pH adecuado fluctúa entre 5.0 y 7.0.

2.5. Aspectos fisiológicos

Saray y Loya (1977) contemplan el siguiente proceso de desarrollo, para el Estado de Morelos:

El ciclo de vida de la planta de tomate de cáscara es de 85 a 90 días (desde que se siembra hasta que muere). Cuando la plántula emerge, inicia su crecimiento un poco lento, aproximadamente un centímetro diario; después, alrededor de los 24 días, el crecimiento se acelera y se estabiliza a los 56 días, alcanzando una altura de 90 cm aproximadamente. La planta sigue creciendo pero a un ritmo más lento hasta alcanzar una altura aproximada de 1 m, lo cual acontece como a los 70 días, a partir de los cuales, la planta empieza a envejecer rápidamente hasta morir. Entre los 17 y 20 días de sembrado se inicia la diferenciación de las yemas florales (axilares) y la aparición de las primeras flores ocurre a los 28-30 días y continúa floreciendo hasta que la planta muere. Al momento de la apertura de las flores, las

anteras se encuentran indehiscentes, esto ocurre entre las 8 y 12 horas de la mañana. Las anteras no abren uniformemente, sino que normalmente pasan de 2 a 4 días entre la dehiscencia de la primera a la quinta antera, la dehiscencia se realiza en forma lateral y a lo largo de la antera procediendo a abrirse gradualmente de la punta a la base; para liberar el polen, las paredes de las anteras, se doblan hacia atrás; éste es de una coloración amarillo-crema o blanco.

Pandey (1957) reporta que el tomate de cáscara presenta incompatibilidad gametofítica, la cual está dada por dos loci independientes con alelos múltiples, comportándose como alógama obligada de polinización cruzada, siendo las abejas las más importantes como polinizadores. Una vez que la flor ha sido polinizada se cierra y no vuelve a abrirse, comienza a marchitarse para enseguida caer.

El fruto es una baya y el cuajado de los mismos se inicia a los 35 días, mientras que a los 42 días se inicia la formación de cascabel (cáliz que cubre al ovario), dentro del cual se desarrolla un fruto pequeño bien definido. El fruto crece lentamente adquiriendo su forma característica, llenando la bolsa completamente e incluso llega a romperla. Se cosechan de 14 a 15 por planta. El proceso de maduración implica de 20 a 22 días.

2.6. Aspectos relacionados con clorosis o amarillamientos en plantas

2.6.1. Concepto general

De acuerdo con Mendoza et al., (1985), en las plantas los síntomas son en general las manifestaciones externas de las alteraciones o desequilibrios fisiológicos de las mismas. Uno de estos síntomas es la clorosis o amarillamiento que consiste en la aparición de áreas amarillas o verde claro, debido a la destrucción de la clorofila o a la inhibición de la formación de la misma.

Para McVickor (1970) citado por Alcalde (1982) la clorosis es un amarillamiento de las partes verdes de una planta, principalmente las hojas. Así, puede considerarse que la clorosis es un empobrecimiento de la clorofila en los tejidos vegetales, siendo las hojas y los tallos los que presentan este síntoma con mayor intensidad.

La clorosis puede ser uniforme, sobre todas las hojas; puede presentarse sólo en las hojas más viejas o en las jóvenes, sólo a lo largo de las venas o entre éstas. (Greulach y Edison, 1976). Puede ser atribuída a muy variadas alteraciones metabólicas, las cuáles pueden ser de naturaleza fisiológica, nutrimental o parasitaria, dando como resultado un amarillamiento de las hojas generalmente verdes (Alcalde, 1982).

2.6.2. Factores involucrados en la expresión de clorosis en plantas

La aparición de áreas cloróticas sobre las hojas puede ser influenciada por

diversos factores. Al respecto, Alcalde (1982) considera que pueden intervenir los siguientes: bajas temperaturas, alta intensidad luminosa, transpiración excesiva, efectos de manejo del cultivo, fallas en la aplicación de productos para controlar patógenos, inundación del suelo, deficiencia de nutrimentos en el suelo, entre otras. Esta información indica que de manera general, los principales factores que intervienen en la expresión de clorosis podrían agruparse de la siguiente forma:

2.6.2.1. Biológicos

2.6.2.1.1. Plagas y enfermedades

La diagnosis de plantas cloróticas se dificulta frecuentemente por el hecho de que ciertas enfermedades y plagas de las plantas, sobre todo las causadas por virus, tienen síntomas similares a las deficiencias de minerales (Greulach y Edison, 1976). Bajo este mismo esquema, Isla de Brauer (1984), señala que en el caso de virus, la sintomatología puede confundirse con las enfermedades provocadas por sustancias tóxicas, condiciones ambientales adversas, deficiencias de nutrientes o acción de insectos.

El efecto sobre el metabolismo de las plantas por acción de plagas y enfermedades es diverso; en el caso de los virus, los síntomas típicos son los mosaicos y las manchas anulares. En general, éstos hacen que disminuya la fotosíntesis al reducir

el nivel de clorofila (clorosis), disminuyen la cantidad de sustancias reguladoras del crecimiento, disminuyen el nitrógeno soluble, así como el nivel de los carbohidratos en el caso de los mosalcos (Agrios, 1986).

La relación de plagas y enfermedades siguiente, ha sido retomada de varios autores (Wallace, 1961; Mendoza et al., 1985; Archer, 1988) y guarda relación con la expresión de clorosis dentro de los síntomas principales en plantas.

El ataque de nemátodos en el suelo obstruye la absorción por las raíces propiciando en muchos casos clorosis o amarillamientos parecidos a la deficiencia de N.

Gusanos de alambre, trozadores y otros que atacan a tallos y raíces, producen tintes amarillos, rojos y púrpuras, parecidos a la deficiencia de N y P, ocasionalmente quemaduras marginales parecidas a las deficiencias de K.

Los áfidos pueden producir amarillamientos y necrosis marginal de hojas y brotes semejantes a deficiencia de K. En frutos producen distorciones semejantes a deficiencia de B.

La palomilla de la papa produce un amarillamiento parecido a la deficiencia de nitrógeno.

El cancer del manzano provoca tintes amarillos, rojos o púrpura similares a la deficiencia de N y P, así como una clorosis intervenal semiliar a la deficiencia de Mg.

El cancer del tallo en papa enrolla el follaje dando la apariencia de una deficiencia de Ca.

El rayado de la hoja (avena) reduce efectos similares a la deficiencia de Mn.

La tristeza de los cítricos hace que en las hojas se presenten áreas amarillentas a lo largo de la nervadura central.

Ataques por Fusarium spp. en el caso de jitomate, provoca un amarillamiento de las hojas basales, las cuales gradualmente se marchitan y mueren adheridas a la planta.

El ataque por Verticillium spp. afecta a los cultivos como fresa, algodón, jitomate y se caracteriza por un amarillamiento intervenal (clorosis) y pronto se manifiesta la marchitez o muerte intervenal y marginal de las hojas.

El virus amarillo de la remolacha produce amarillamientos y necrosis parecida a la deficiencia de Mg.

El virus de la papa provoca necrosis marginal e intervenal parecida a la deficiencia de K y Mg.

2.6.2.1.2. Inherentes al genotipo

Las mutaciones, que de acuerdo con Brauer (1983) corresponden a variaciones bruscas hereditarias y que resultan por cambios en el gene o genes afectados, son tambien una fuente de plantas cloróticas. El término se usa más bien indefinidamente para designar mutaciones de un solo gene y delecciones, reacomodos, duplicaciones, cambios quiméricos y aún cambios en el número de cromosomas.

Las mutaciones somáticas o vegetativas dependientes de transformaciones en las células no diferenciadas son muy frecuentes en los vegetales, en los cuales se producen las aberraciones de las yemas y las quimeras (Nonidez, 1923). Las quimeras (plantas con dos omás tejidos diferentes), pueden ser de origen natural o producirse artificialmente (mediante el uso de productos químicos o radiaciones) y pueden ser de tipo sectorial, mericlinal o periclinal (Brauer, 1983; Broertjes y Van Horten, 1988).

Broertjes y Van Horten (1988) se refieren a un grupo especial de mutaciones; las extranucleares, causadas por cambios en el ADN de cloroplastos y mitocondrias. Estas mutaciones son de interés en el mejoramiento de plantas para follaje. En

este sentido, si en la misma planta existen células mutantes dispersas, se observará una especie de mosaico en la misma.

Se han realizado diversos trabajos sobre el uso de quimeras en plantas. De Loose (1986), citado por Broertjes y Van Horten (1988), obtuvo dos mutantes después de irradiar estacas de Ficus benjamina. Estos mutantes son el Cv. Golden princess y Golden King, caracterizados por tener hojas con márgenes blanco-amarillentos, crecimiento firme-compacto y tolerante a varias plagas y enfermedades. Este mismo autor cita algunas especies que por mutación presentan hojas con agregados cloróticos, por ejemplo: tulipán, cv. Santina; Polyanthes, cv. Swarna Relcha; Bougainvillea, cv. Arjuna; eh Hoga los cv. Compacta, Compacta regalis, Rubra, y otras más.

De la Loma (1985) señala que desde hace tiempo, es conocido el comportamiento de Pelargonium zonale que a veces presenta hojas con el borde blanco, originadas por yemas en cuya epidermis contiene células desprovistas de clorofila. También se ha observado en jitomate de la variedad Acmé, ramas que presentan color más claro en comparación con el resto de la planta.

2.6.2.2. Ambientales

2.6.2.2.1. Climáticos

La incidencia de algunos elementos climáticos sobre las plantas puede provocar diversos síntomas dentro de los que se incluyen algunas clorosis y/o amarillamientos.

Las temperaturas bajas y heladas pueden provocar pigmentación roja o púrpura similar a la deficiencia de N y P en plantas de jitomate (Lycopersicum esculentum, mill.) o bien pueden provocar necrosis en los márgenes de las hojas similar a la deficiencia de K (Wallace, 1961).

Lyons (1973) citado por Mac Daniel (1987), señala que los síntomas de daño por exposición a temperaturas de 0 a 20 °C incluyen necrosis de los tejidos, perforación y decoloración en cultivos tales como cucurbitáceas, cítricos, camotes y plátanos.

Walkev (1969) encontró que diferencias de 1°C de temperatura pueden causar variación a la respuesta del Ca por el maíz. Temperaturas del suelo de 23-28°C, inhiben el desarrollo y más altas, inducen la deficiencia de Ca. Aparentemente las deficiencias de calcio se acentúan más a bajas y altas temperaturas del suelo.

En por lo menos dos estudios, Devlin (1980) señala la posibilidad de que la síntesis de ácido S-aminolevulínico se realiza con intervención de la luz y es un precursor para la síntesis de clorofila, de ahí que se haya observado que en plántulas de Angiospermas germinadas y desarrolladas en la obscuridad (etioladas), no se encuentre clorofila. El color que presentan las plantas en estas condiciones es

amarillo a causa de la presencia de carotenoides. Sin embargo, también hay en ellas cantidades detectables de protoclorofilida y de protoclorofila que en unión con los carotenoides dan a la planta etiolada un color amarillo verdoso. El mismo autor continúa diciendo que la fotooxidación es un proceso que ocurre con altas intensidades de luz y en presencia de oxígeno se hace más aguda provocando que la clorofila pierda su color y la inactivación de importantes enzimas, sobre todo para la síntesis proteica.

Condiciones de escasez de humedad (sequía) pueden provocar detención del desarrollo sin mostrar algún síntoma, o inducir la aparición de tintes amarillos, rojos o púrpuras similares a la deficiencia de N ó P, una coloración azul-verdosa similar al exceso de N ó necrosis marginal similar a la deficiencia de K. En contraste, exceso de agua en el suelo puede provocar también amarillamiento en los cultivos (Wallace, 1961).

El ozono (O_3) en la atmósfera causa daños en las plantas que pueden ir desde un bronceado de las hojas hasta el desarrollo de manchas cloróticas y necrosadas. Este efecto, también puede darse como causa de la contaminación en zonas urbanas donde el dióxido de azufre (SO_2) es muy elevado (Bidwell, 1979). También el viento puede producir necrosis marginal de las hojas similar a la deficiencia de K, sobre todo en áreas cercanas al mar (Wallace, 1961).

2.6.2.2.2. Edáficos

Sin considerar por el momento la cuestión nutritiva, algunos aspectos involucrados en la expresión de síntomas cloróticos, serían los siguientes:

a). Inundación. Puede provocar varios síntomas tales como amarillamientos, tintes rojos y púrpuras similares a la deficiencia de N y P, así como necrosis marginales semejantes a la deficiencia de K, una clorosis parcial similar a deficiencias de Mn o Fe (Wallace, 1961),

b). Escaso subsuelo y materia orgánica. Puede provocar tintes rojizos, púrpuras o necrosis en el borde de las hojas, similar a deficiencias de N, P, K. (Wallace, 1961).

c). Textura y estructura. Una pobre estructura del suelo combinada con poca humedad puede producir clorosis en las plantas que se puede confundir con deficiencias de N. Esto se da por las restricciones en la absorción radicular (Wallace, 1961; Archer, 1988).

2.6.2.3. Manejo del cultivo

De acuerdo con Wallace (1961) algunos aspectos que pueden provocar clorosis y síntomas relacionados serían los siguientes:

a). Daños al tallo. Puede conducir a tintes amarillos, rojos y púrpuras, así como a secamientos marginales y clorosis intervenales en hojas parecidos a deficiencias de N, P, K y Mg.

b). Daños por aspersión. Cuando se aplican diferentes productos químicos, ya sea por antagonismo o por residuos tóxicos se pueden producir colores amarillentos y manchas marginales e intervenales de color pardo en las hojas, similares a deficiencias de N, Ca, K y Mg.

c). Daños por fertilización. Cuando la fertilización es en exceso o se ha aplicado inadecuadamente, se pueden producir quemaduras de los márgenes o nervaduras de las hojas con similitud a la deficiencia de K.

d). Sobreriego y falta de labores de cultivo. Los síntomas ya se mencionaron anteriormente el tema de inundación. La causa principal de éstos es la falta de oxígeno (O_2) en el suelo.

2.6.3. La nutrición en plantas de cultivo

2.6.3.1. Definición

La nutrición vegetal estudia los procesos y factores involucrados en la nutrición de

los cultivos, en relación con la producción en cantidad y calidad. Esta definición comprende: aspectos fisiológicos, ecológicos y bioquímicos, y como ciencia la nutrición vegetal se encuentra dentro del campo de la Fisiología Vegetal (Alcalde, 1982). Menzel y Kirkby (1979) siendo mas específicos indican que la nutrición vegetal estudia aspectos referentes al suministro y absorción de compuestos químicos (nutrientes) necesarios para el metabolismo y desarrollo de las plantas.

2.6.3.2. Factores involucrados en la nutrición en plantas

La nutrición vegetal está en función de diversos factores. Una forma de descripción esquemática considerando los criterios de varios autores es la siguiente:

2.6.3.2.1. Factores endógenos

a).Amplitud genotípica

Entre especies diferentes, existe variación en cuanto a la capacidad que tienen éstas para acumular elementos. Por ejemplo, las monocotiledoneas tienen la característica de almacenar bajas cantidades de Ca y Mg, mientras que las plantas dicotiledoneas, requieren altas cantidades de estos elementos, incluyendo al Boro (Alcalde, 1982; Benton et al., 1991).

Familias como la *Amaranthaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cruciferae*, *Compositae*, *Graminae* y *Solanaceae*, tienden a acumular nitrógeno en forma de NO_3 . Sin embargo, la cantidad de K para la mayoría de las especies, es equivalente a poco más, comparado con el nitrógeno. Varios miembros de la familia *Cruciferae* son caracterizados por el elevado contenido de azufre (S) ($> 0.5\%$ en hojas), aunque en la actualidad, se ha visto que en familias como las *begoniáceas*, *cucurbitáceas*, *solanáceas* y *umbelíferas*, puede haber cantidades aún mayores de azufre. Respecto a contenido de calcio, las *cucurbitáceas*, *rutáceas*, *polidáceas* y *solanáceas* presentan un alto valor (2.5%), las leguminosas un valor intermedio ($1-2.5\%$), siendo las *bromeliáceas* las de menor contenido ($<1.0\%$). El magnesio es menor del 0.2% del peso seco en hojas de *Graminaceae*, *Oleraceae* y usualmente mayor del 0.3% en compuestas, *crucíferas*, *cucurbitáceas* y *solanáceas* (Benton et al., 1991).

Al ser diversas las necesidades minerales de las plantas, se entiende que algunas variedades o especies tengan requerimientos más marcados para ciertos elementos que otras. Si las necesidades no se encuentran compensadas por el suelo, se desarrollarán los síntomas correspondientes.

Existen plantas, incluyendo las indicadoras, que poseen la notable capacidad de acumular cantidades extremadamente grandes de ciertos elementos sin sufrir por ello enfermedad alguna. Por ejemplo, las cenizas de *Thlaspi calaminariae* contienen 20% de óxido de Zn, el cual sería letal para la mayoría de las plantas (Schutle, S/F).

Aprovechando la variación en la respuesta de las plantas a los niveles nutrimentales del suelo, se han desarrollado diversos trabajos mediante el mejoramiento genético. Brown et al., (1983) señalan que el control genético ha sido utilizado ampliamente por los productores de cítricos y de uva, mediante el uso de injertos de raíz fe-eficientes en vástagos de buena calidad usados en suelos calcáreos. . Estos mismos autores explican que respecto al Mn, se ha demostrado que algunos cereales varían en susceptibilidad a su deficiencia y que el contenido de Mn de las especies de plantas no está relacionado con la capacidad de intercambio de cationes de la raíz o a la profundidad de la misma.

En cuanto al Zn Polson y Adams (1970) citados por Brown et al., (1983) mostraron que frijoles del tipo Navy de la variedad Saginaw son más eficientes al consumo de Zn y más tolerantes a su exceso que la variedad Sanilac.

Ambler y Brown (1969) citados por Olsen (1985), examinaron la causa de la susceptibilidad diferencial de dos variedades de frijol a la deficiencia de Zn. Observaron que las variedades en condiciones de tensión de Zn exhibían síntomas diferenciales de deficiencia de Zn, por su control en la captación de Fe y P.

b). Estados fenológicos

La absorción y concentración de elementos en la planta, varía de acuerdo con su desarrollo (Alcalde, 1982; Benton et al., 1991).

En la germinación no se presenta absorción de nutrimentos en forma intensa, debido a que en la semilla o tubérculo éstos se encuentran almacenados como materiales de reserva. Durante la fase de iniciación del crecimiento, la planta requiere de una intensa absorción de nutrimentos, por lo que se observa un fuerte aumento en la cantidad de nutrimentos en las plantas. Posteriormente, el crecimiento es más intenso y logarítmico, por lo que se incrementa la absorción de nutrimentos, presentándose épocas de mayor requerimiento debido a la producción de gran cantidad de masa foliar. Finalmente, cuando el crecimiento finaliza se observa el abatimiento de la absorción de nutrimentos, los cuales en parte son reintegrados nuevamente al suelo.

c). Organos vegetales

La acumulación de nutrientes en partes de la planta obedece por un lado a la movilidad nutrimental y a la función específica para lo cual están destinados y a los diferentes órganos. Esto es importante, sobre todo cuando se desea realizar muestreos para análisis de tejidos. Al respecto, Benton et al., (1991) señalan que las hojas son los tejidos más aptos para la determinación nutrimental, los pecioloos básicamente para determinar nutrientes solubles como NO_3 , PO_4 y K. Así mismo, los metales como el Al, Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Zn, Na, tienden a acumularse en

las raíces. Desafortunadamente, muestrear raíces es más difícil y poco usual, sobre todo para determinar toxicidades.

2.6.3.2.2. Factores exógenos

a). Sobre la parte aérea de las plantas

Considerando al factor luz, ésta afecta la concentración de los elementos en la planta por su efecto sobre la cantidad de fotosintatos producidos. El efecto de dilución en la producción de carbohidratos en luz total, está caracterizado por concentraciones reducidas para la mayoría de los nutrientes (Benton et al., 1991). Bajo condiciones de obscuridad al faltar la energía de la luz, se disminuye la reducción de NO_3^- a NH_4^+ , acumulándose del NO_2^- tóxico para las plantas; si las plantas son sometidas a condiciones de luminosidad el contenido de NO_2^- se abate y por lo tanto, la actividad de la nitrato reductasa está afectada por las variaciones diurnas de la luz y por la cantidad de ésta (Alcalde, 1982). Por otro lado, Schütte (S/F) señala que la iluminación intensa aumenta la necesidad de Zn y con frecuencia provoca la deficiencia de éste. El Zn controla la cantidad formada de auxinas con cuya deficiencia se producen hojas pequeñas.

Benton et al., (1991) señalan que la intensidad de algunos desórdenes asociados con deficiencias de Ca, como la mancha amarga en manzana, el quemado de los bordes en la lechuga y pudrición apical en jitomate, se pueden reducir bajando la

intensidad de la luz.

En cuando a la duración de la luz, se ha observado que la necesidad de boro aumenta con mas de 14 horas de la luz del día. En algunas plantas, como los jitomates y girasoles, la duración de la luz no altera los requerimientos de minerales (Schütte, S/F).

La temperatura dentro de ciertos límites puede alterar la composición nutrimental en los tejidos de las plantas, puesto que puede incrementar la disponibilidad de elementos mediante la estimulación de su movimiento, traslocación y utilización dentro de la planta. En un estudio en papa (Solanum tuberosum L.), el cultivo se desarrolló en dos temperaturas; 5 y 29°C, los contenidos de P, K, Ca, Mg, Mn y Fe fueron más altos en las partes terminales de la planta (parte aérea) cuando el cultivo se desarrolló en alta temperatura. Sin embargo, el P también fue alto en las raíces. La concentración de K, Mg y Fe decreció en las raíces en altas temperaturas, mientras que el Ca y Mg, mantuvieron prácticamente la misma concentración en ambas temperaturas en la planta completa (Benton et al., 1991).

Schütte (S/F), cita un caso en donde los chícharos expuestos a altas temperaturas pueden tolerar niveles altos de manganeso que, de otro modo, sería tóxico para el cultivo.

La humedad relativa afecta la transpiración e indirectamente, el contenido

nutrimental de la planta. El B, Cl, K y Na pueden ser movilizados por xilema y acumulados en la planta con humedades relativas bajas. Altas humedades relativas pueden disminuir la concentración de NO_3^- . En el caso de jitomate, humedades relativas bajas pueden provocar pudrición apical por deficiencia de calcio (Benton, et al., 1991).

Por último, con la falta de CO_2 la fotosíntesis se detiene, esto sucede cuando los estomas se cierran, ya sea por condiciones de obscuridad o por variaciones en los gradientes hídricos; bajo esta situación, hay acumulación de nitrógeno orgánico (Alcalde, 1982).

b). Sobre el sistema radicular (Rizósfera)

De acuerdo con Benton et al. (1991) el pH influye sobre la disponibilidad de los elementos. En un pH bajo, por ejemplo, se incrementa la disponibilidad del Al, B, Cu, Fe, Mn y Zn, pero decrece el Mo. Así mismo, suelos con bajas concentraciones de sales (menor de 0.2 mmhos/cm de conductividad) tienden a asociarse con bajas concentraciones de N y K, lo cual al prolongarse baja también el nivel en los tejidos de la planta. Por el contrario, altos niveles de sal (más de 1.0 mmhos/cm de conductividad), pueden afectar el desarrollo y composición de la planta, sobre todo en la absorción de Ca.

El incremento de humedad también aumenta la disponibilidad de elementos (son

más aprovechables el Ca y el B). Sin embargo, el efecto negativo, neutro o positivo dependerá de la concentración del elemento en el sustrato y la etapa de desarrollo de la planta.

Por otro lado, Schütte (S/F) indica que en suelos que se han resecado originan grandes deficiencias de Cu, B y Mn, dado que estos elementos no son fácilmente aprovechables bajo condiciones oxidantes de un suelo seco y bien aireado.

La liberación de N, P, S y otros elementos que provienen de la materia orgánica, dependen de la temperatura para su descomposición, fijación o transformación a través de los microorganismos.

En la solución de nutrientes, el movimiento por flujo de masas y difusión están regulados por la temperatura. Así mismo, se ha visto que temperaturas bajas del suelo, se han asociado con contenidos bajos de P, Fe y Zn en las plantas.

2.6.3.3. Principales elementos nutritivos

2.6.3.3.1. Consideraciones generales

En la actualidad se dice que 16 elementos son esenciales para el desarrollo y la reproducción de las plantas superiores. Estos se han agrupado en dos formas:

elementos mayores (C, H, O, N, P, K, Ca, S y Mg) y elementos menores (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl y B).

La forma de absorción por la raíz puede ser como iones o cationes tal como se enlista a continuación:

ELEMENTOS MAYORES	FORMA DE ABSORCION	ELEMENTOS MENORES	FORMA DE ABSORCION
C	CO_2	Fe	Fe^{++} , Fe^{+++}
H	H^+ , HOH	Mn	Mn^{++}
O	O^{++}OH^- , $\text{CO}_3^{=}$, $\text{SO}_4^{=}$, CO_2	Zn	Zn^{++}
N	NH_4^+ , NO_3^-	Cu	Cu^{++}
P	H_2PO_4^- , $\text{HPO}_4^{=}$	Mo	$\text{MoO}_4^{=}$
K	K^+	Cl	Cl^-
Ca	Ca^{++}	B	$\text{BO}_3^{=}$
S	$\text{SO}_4^{=}$		
Mg	Mg^{++}		

FUENTE: Archer, (1988); Benton et al., (1991); Tamhane et al., (1992).

De acuerdo con Alcalde (1982), Arnon y Stont citados por Benton et al., (1991), para que un elemento se considere esencial, deberá reunir las siguientes características:

- la omisión del elemento en cuestión debe provocar un desarrollo anormal, fallas para completar el ciclo de vida normal o muerte prematura de la planta.
- El elemento es específico y no reemplazable por otro.
- El elemento debe ejercer su efecto directamente sobre el desarrollo o

metabolismo y no por efecto indirecto o variaciones en el sustrato.

d). Las funciones o su influencia en el metabolismo, deben ser conocidas.

Durante el desarrollo de un cultivo es común observar la expresión de síntomas de deficiencia o toxicidad por elementos nutritivos. Esta expresión puede ocurrir en diferentes grados. Al respecto, Alcalde (1982) señala las siguientes cuestiones referentes a la expresión de síntomas por las plantas.

a). Deficiencia aguda

Es un estado de desarrollo en el cual la planta presenta claramente síntomas de deficiencia, el crecimiento es restringido, raquítrico y anómalo. Mediante la fertilización se presentan notables incrementos en el rendimiento.

b). Deficiencia latente

A este nivel, no son reconocidos exteriormente síntomas de deficiencia, sino que éstos se encuentran ocultos o latentes. Aparentemente se observa un buen crecimiento. Existe una respuesta marcada al aplicar el nutriente.

c). Abastecimiento óptimo

Bajo esta situación, no es perceptible ningún tipo de síntoma por deficiencia o

toxicidad. El crecimiento es óptimo, la calidad es buena y la aplicación de fertilizantes no produce mejoría en el rendimiento.

d). Consumo de lujo

En este estado no es perceptible ningún síntoma por deficiencia o toxicidad. Aunque se presenta una intensa absorción innecesaria de nutrimentos se observa un buen crecimiento, pero la calidad de los productos disminuye visiblemente. La aplicación de fertilizantes sólo decrece el rendimiento.

c). Toxicidad

Aquí se observan síntomas de toxicidad, causados por la excesiva absorción. El crecimiento es pobre y raquítico y la calidad de los productos es deficiente, observándose fuertes depresiones en el rendimiento.

Los síntomas de deficiencia o toxicidad están en función de la concentración de elementos en los tejidos de las plantas (Cuadro 1). Sin embargo, se debe considerar que la concentración de elementos depende de la especie muestreada, la parte o porción de la planta y de las condiciones ambientales, entre otras cuestiones.

2.6.3.3.2. Función, síntomas de deficiencia y toxicidad de los principales elementos nutritivos en plantas

a). Nitrógeno (N)

a.1.) Función

Dentro de la planta, el nitrato (que es la forma en que el N es absorbido) es primero reducido, por las enzimas nitrato reductasa y nitrito reductasa, a amonio; posteriormente, otras enzimas convierten el amonio en moléculas orgánicas, simples solubles, aminoácidos, amidas y aminas. Por lo tanto, el papel

Cuadro 1. Concentración aproximada de macro y micronutrientes tomado a partir de tejidos de hoja (macronutrientes en % y micronutrientes en ppm).

ELEMENTO	DEFICIENTE	SUFICIENTE	EXCESO/TOXICO
N	MENOS DE 2.0	3.0 - 3.5	NO REPORTADO
P	MENOS DE 0.2	0.25 - 3.5	NO REPORTADO
K	MENOS DE 1.0	2.00 - 3.5	NO REPORTADO
Ca	MENOS DE 0.2	0.25 - 0.5	NO REPORTADO
Mg	MENOS DE 0.1	0.13 - 0.30	NO REPORTADO
S	MENOS DE 0.1	0.17 - 0.50	NO REPORTADO
B	MENOS DE 15	20 - 100	MAS DE 200
Cu	MENOS DE 4	5 - 20	MAS DE 20
Fe	MENOS DE 50	50 - 250	NO CONOCIDO
Mn	MENOS DE 20	20 - 500	MAS DE 500
Mo	MENOS DE 0.1	0.5 - 150	NO CONOCIDO
Zn	MENOS DE 20	25 - 150	MAS DE 400

FUENTE: Jones, 1983; Benton et al., 1991.

fundamental del N, es su participación en las estructuras proteicas (17%), así como en las purinas, pirimidinas, porfirinas y coenzimas (Devlin, 1980; Sánchez, 1988; Archer, 1988).

Las purinas y las pirimidinas, son componentes esenciales de los ácidos mucléicos (RNA y DNA), indispensables para la síntesis de proteína. El anillo de la porfirina se encuentra en compuestos tan importantes desde el punto de vista metabólico como las clorofilas y las enzimas del grupo de los citocromos, esenciales para la fotosíntesis y la respiración. Otros compuestos que contienen N son las vitaminas (Devlin, 1980).

El N tiene gran movilidad, lo cual le permite transferirse de las partes viejas a las partes nuevas de la planta cuando su concentración en la solución es baja. Cualquier almacenamiento de N de las hojas nuevas provocará disminución en las hojas viejas. Esto resultará en una baja de clorofila mostrándose entonces un amarillamiento o clorosis (Archer, 1988).

a.2). Síntomas de deficiencia

La deficiencia de N es caracterizada, en general, por un amarillamiento de las hojas más viejas (Archer, 1988). Este amarillamiento se debe a una disminución en el contenido de clorofila (Devlin, 1980). Las hojas se ven pequeñas y raquílicas y en general se dirigen tensas hacia arriba, las nervaduras destacan marcadamente.

Los tallos y ramas tienden a endurecerse y a volverse quebradizos. Un síntoma temprano es el empalidecimiento de las hojas más jóvenes. Si la deficiencia sigue a estados más avanzados en las hojas más viejas se llegan a formar manchas amarillas o rojizas. En estados de deficiencia avanzada se produce defoliación, dormancia y se reducen la floración y la fructificación (Sánchez y Escalante, 1988).

a.3). Síntomas de toxicidad

Se presentan hojas grandes de color verde oscuro que pueden presentar pequeñas vesículas entre las nervaduras. Rápida elongación de tallos con entrenudos largos. El tejido de tallos y hojas se vuelve más succulento y tierno. La formación de flores se ve retrazada y disminuída en número. Hay una mayor susceptibilidad a las enfermedades y heladas (Sánchez y Escalante, 1988).

Si el amonio fuera la única forma de suministro de N, un exceso podría provocar daño a los tejidos vasculares disminuyendo la absorción de agua (Benton et al., 1991).

b). Fósforo (P)

b.1). Función

El P se encuentra en las plantas formando parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, coenzimas (NAD y NADP) y lo que es más importante, como parte del ATP (Devlin, 1980; Benton et al., 1991).

En los tejidos meristemáticos de la planta se encuentran fuertes concentraciones de P, que intervienen allí en la síntesis de nucleoproteínas. Además de las proteínas, los fosfolípidos son importantes constituyentes de las membranas celulares. Las coenzimas NAD y NADP son importantes en las reacciones de oxido-reducción en donde tiene lugar la transferencia de electrones. Procesos metabólicos como la fotosíntesis, glicólisis, respiración y síntesis de ácidos grasos, dependen de la acción de estas enzimas (Devlin, 1980).

El P se constituye entre un 0.15% y un 1.00% del peso seco para la mayoría de las especies (Benton et al., 1991), siendo más abundante en las semillas, frutas y tejidos meristemáticos (Sánchez, 1988). Una buena parte del P que se encuentra en la planta es soluble en el agua y es relativamente móvil, ejerce un efecto amortiguador en el jugo celular, entre otras cuestiones. Al respecto, Rauther y Smith (1952), citados por Murphy (1983) han observado que el P reduce la toxicidad del cobre e incrementa el crecimiento de plantas a niveles excesivos de Cu.

b.2). Síntomas de deficiencia

Las plantas carentes de P, tienden a ser pequeñas, a veces de consistencia leñosa. Inicialmente las hojas muestran amarillamientos en los márgenes, para después tomar un color verde-azulado mientras que en el envés de las hojas y en los tallos pueden observarse coloraciones rojizas debido a la síntesis de antocianinas. Debido a la movilidad del P en la planta, las hojas más antiguas son las que tienen a presentar la deficiencia. En algunos casos puede confundirse la deficiencia de P con Zinc.

El desarrollo radical se ve frenado, la fructificación se reduce en cantidad y tamaño. En casos agudos, las hojas mas viejas tienden a caer y el margen de las hojas que permanecen se tornan de color café-castaño. En algunos cultivos se ha demostrado que la deficiencia de P provoca una acumulación de glúcidos (Devlin, 1980; Sánchez y Escalante, 1988).

b.3). Síntomas de toxicidad

Los síntomas no se presentan de manera repentina. En primera instancia se puede observar además de un crecimiento vigoroso, una coloración verde muy oscura en las hojas y una elevada formación de flores y frutos. Se puede dificultar posteriormente la absorción de N, presentándose síntomas de deficiencia del mismo. El exceso de P puede provocar precipitación y posterior deficiencia de Fe y otros elementos menores como Mn, Cu y Zn, aunque el análisis foliar puede indicar suficiente contenido en las hojas de micronutrientes (Sánchez y Escalante,

1988; Benton et al., 1991).

c). Potasio (K)

c.1). Función

El papel fundamental del K es regular el contenido de agua celular manteniendo la turgencia y expansión celular. El K controla el nivel de la transpiración dependiendo del nivel en que se presente en las células guarda, lo que controla a su vez, la apertura estomatal de las hojas (Archer, 1988; Tamhane et al., 1992). El proceso de traslocación de fotosintatos en la planta depende del contenido de K en las células; éste incrementa la eficiencia de la hoja para elaborar azúcares y almidón, es un activador de muchas enzimas que activan los aminoácidos implicados en el metabolismo de los carbohidratos y del ácido nucleico, impulsa la división celular en tejidos meristemáticos por ser móvil (Tamhane et al., 1992).

c.2). Síntomas de deficiencia

El K está presente en una proporción del 1.00 al 5.00% del peso seco, de tejidos de hojas. Los primeros síntomas de deficiencia se presentan por un amarillamiento y luego el quemado de las hojas de los márgenes al centro, empezando de las más viejas a las jóvenes (por su movilidad). Se puede producir en algunos casos el enrollamiento hacia arriba (Devlin, 1980; Sánchez y Escalante, 1988; Archer, 1988).

En casos extremos, además de una posible caída de hojas se puede propiciar una deficiencia de calcio o una toxicidad de cloro (Sánchez y Escalante, 1988) o de amonio (Tamhane et al., 1992).

Generalmente hay menos flores y los frutos son de cáscara dura y ácidos. Las plantas son mas susceptibles a plagas y enfermedades (Sánchez y Escalante, 1988; Tamhane et al., 1992).

c.3). Síntomas de toxicidad

Se observan plantas con entrenudos largos y hojas de color verde pálido. Más tarde se frena el crecimiento y aparecen manchas cafés en las hojas. El exceso de K puede dar lugar a síntomas de ligera deficiencia de Mg, N y Ca, y los efectos tóxicos se pueden amenorar añadiendo Ca a la solución (Sánchez y Escalante, 1988; Benton et al., 1991).

d). Calcio (Ca)

d.1). Función

Es uno de los elementos escenciales más importantes para mantener la integridad celular y la permeabilidad de las membranas (Benton et al., 1991). Un papel bien conocido desempeñado por el Ca es su participación en las paredes celulares en

forma de pectato cálcico. La lamina media de la pared celular está formada básicamente de pectatos de Ca y Mg. El Ca es importante en la formación de membranas celulares y de estructuras lipídicas (Devlin, 1980).

El Ca permite el desarrollo del polen así como su germinación; es un activador de un gran número de enzimas para la mitosis y elongación celular; actúa como activador de enzimas como la quinasa de la adenina y la asparasa; puede ser importante para la síntesis de proteína, transferencia de carbohidratos, y su presencia puede servir para desintoxicar de los metales pesados a las plantas (Devlin, 1980; Benton et al., 1991). También contribuye a la neutralización de los ácidos orgánicos en los tejidos vegetales (Sánchez y Escalante, 1988).

d.2). Síntomas de deficiencia

El contenido de Ca en la planta fluctúa en un rango de 0.20 a 3.00% con nivel aceptable de 0.3 a 1.00% del peso seco. (Benton et al., 1991). Inicialmente el crecimiento es débil, seguido del follaje oscuro. En las hojas jóvenes se produce un amarillamiento (clorosis) a partir de los bordes y posteriormente, una necrosis con enrollamiento de las hojas del haz al envés. En esta etapa, pueden producirse amarillamientos en las nervaduras (Sánchez y Escalante, 1988). Las regiones meristemáticas y apicales del tallo de las hojas y de las raíces, resultan fuertemente afectadas y pueden morir cesando el crecimiento. También es característica la malformación o distorsión de las hojas jóvenes y las paredes de la célula pueden

volverse rígidas o quebradizas (Devlin, 1980). La conductividad de la planta decae, resultando como consecuencia una reducción en la absorción de agua, marchitamiento de la planta en el peso del día y una reducción de elementos esenciales (Benton et al., 1991).

d.3). Síntomas de toxicidad

El Ca generalmente no ejerce efectos tóxicos directamente, pero puede causar una disminución del Fe, Mg, K, Mn, B y Zn aprovechables, por lo que pueden aparecer síntomas de deficiencia en algunos de estos elementos. Puede también ocurrir una acumulación de cloruros que ocasionen toxicidad (Sánchez y Escalante, 1988).

e). Magnesio (Mg)

e.1). Función

Es un elemento demasiado móvil en la planta. Está implicado en la estabilización de partículas ribosómicas al enlazar las subunidades que conforman el ribosoma; en reacciones que implican transferencia de fosfato desde el ATP (vincula la enzima a su sustrato), sirve para alterar la constante de equilibrio de una reacción mediante enlace con un producto (reacciones de quinasa), puede anexarse formando un complejo a un inhibidor enzimático.

El Mg es un activador de varias reacciones de transferencia de fosfato de enzimas implicadas en la síntesis de ácidos nucleicos y también de enzimas que involucran transferencia de dióxido de carbono (reacciones de carboxilación). Como tal, el Mg es decisivo en las reacciones de metabolismo energético, así como en la síntesis de constituyentes del núcleo, cloroplasto y ribosoma (Bidwell, 1979). Al mismo tiempo, Sívori et al., (1986) señalan que la función del Mg más importante es que forma parte de la molécula de clorofila y en su ausencia se desarrolla clorosis entre las nervaduras por falta de clorofila.

e.2). Síntomas de deficiencia

Considerando que el Mg forma parte de la clorofila, el primer síntoma de deficiencia será una clorosis intervenal. Este amarillamiento se hace visible en primer lugar en las hojas basales y avanza a las hojas más jóvenes a medida que la deficiencia es más aguda. La clorosis suele ir seguida por la aparición en las hojas de pigmentos antociánicos. En una fase más avanzada, la clorosis se torna en manchas necróticas (Devlin, 1980). Ocasionalmente las hojas se enrollan del envés hacia el haz (Sánchez y Escalante, 1988).

El contenido de Mg en los tejidos de las plantas fluctúa entre 0.15 a 1.00% del peso seco con un promedio aceptable del 0.25% (Benton et al., 1991).

e.3). Síntomas de toxicidad

No existen síntomas específicos de toxicidad, solo que con contenidos mayores del 10% en los tejidos pueden ocurrir deficiencias de Ca ó K. Sin embargo, cuando hay un buen balance de estos tres elementos, el exceso de Mg puede reducir el crecimiento (Benton et al., 1991), hay un menor rendimiento de flores, un color verde oscuro de las hojas y menor tamaño de las mismas, a veces con enrollamiento del envés hacia el haz en hojas jóvenes (Sánchez y Escalante, 1988).

f). Azufre (S)

f.1). Función

Forma parte de los aminoácidos, cistina, cisteína y metionina y es un importante constituyente de proteínas, así como de algunos compuestos de actividad biológica como el glutatión, la biotina, la tiamina y la coenzima A.

El S está con frecuencia en forma de grupos sulfhidrilos (- SH) oxidables, los cuales forman el sitio activo de algunos agentes redox y de transferencia de electrones. También es importante en la formación de puentes disulfuro (S-S) involucrados en la formación y estabilización de la estructura terciaria de las enzimas y otras proteínas. (Bidwell, 1979; Devlin, 1980).

Se le considera un elemento no móvil que favorece un buen crecimiento radical, un mayor suministro de clorofila y un aumento en la nodulación en leguminosas. Una

deficiencia de S hace que baje la tasa de reducción de nitrato e inhibe la oxidación de azúcares dentro de la planta (Sánchez y Escalante, 1988). El S está presente en glucosidos (Tioles y aceites) que dan las características de olor y sabor en especies como las crucíferas y las liliáceas. El S reduce la incidencia de enfermedades (Benton et al., 1991).

f.2). Síntomas de deficiencia

El contenido normal de S en los tejidos de la planta fluctúa de 0.15 a 0.50% del peso seco. Los síntomas de deficiencia se manifiestan primero en la parte superior de la planta. Inicialmente, las nervaduras de las hojas nuevas se tornan amarillas, mientras que el resto de las hojas permanece verde (Sánchez y Escalante, 1988; Benton et al., 1991).

Bidwell (1979) señala que se presenta una clorosis general y un amarillear de las hojas que se inicia por lo regular en las hojas jóvenes, contrariamente a lo que ocurre con la deficiencia de N. Los disturbios metabólicos que siguen a la deficiencia de S pueden ser muy intensos, principalmente porque la planta está imposibilitada para producir proteínas como resultado de una disminución de aminoácidos que contienen S. El N soluble tiende a acumularse y los aminoácidos ricos en N como la glutamina y la arginina pueden incluso conducir la producción de urea y amoníaco, a una seria carencia de S.

f.3). Síntomas de toxicidad

La toxicidad de S es muy rara dado que solo se da a muy altas concentraciones, más bien el daño que se logra observar es por alta concentración de sales (Sánchez y Escalante, 1988). Benton et al., (1991) señalan que sólo se observa una senescencia prematura de hojas.

g). Fierro (Fe)

g.1). Función

De acuerdo con Loué (1988) el papel fisiológico del Fe es muy amplio. Sus principales funciones se relacionan o conciernen a la respiración, la síntesis de la clorofila y la fotosíntesis, así como la fijación del N atmosférico.

La participación del Fe en la cadena de transferencia de electrones en las mitocondrias y cloroplastos se encuentra por orden creciente de potenciales de oxidoreducción, es decir, en el orden de transferencia de electrones:

Los procesos metabólicos que conducen a la clorofila son complejos y de naturaleza muy comparable al que conduce a la formación de un grupo hemático (Mengel y Kirkby, 1982). Price et al., (1983) indican que el Fe es necesario para el mantenimiento de la clorofila. Muchos trabajos se han realizado sobre

compuestos que contienen Fe, síntomas de deficiencia e interacciones con otros elementos, observándose que el efecto no depende directamente del Fe.

El Fe es claramente esencial como componente de varias enzimas y transportadores de electrones, pero en la actualidad es generalmente aceptado que el Fe no juega ningún papel en la síntesis enzimática de porfirinas en plantas.

g.2). Síntomas de deficiencia

La deficiencia de este elemento se ha registrado tanto en suelos ácidos como alcalinos. en particular en suelos calcáreos (Murphy, 1983; Clark, 1987). Loué (1988) indica que si la deficiencia es ligera se nota sólo un color pálido de las hojas terminales, que puede llegar a ser confundido con una escasez de N. En el estado siguiente, el más típico, aparece la clorosis clásica entre las nervaduras de las hojas. Las nervaduras permanecen verdes y se destacan claramente en relación al tejido verde pálido o amarillento. Podría confundirse con deficiencia por Mg, Mn y Zn. Las deficiencias de Mg y Fe tienen como característica común la falta de clorofila, pero la clorosis de Fe, comienza siempre sobre las hojas jóvenes, al contrario que con Mg.

En el caso de la deficiencia de Mn, la transformación del verde de las nervaduras, al verde pálido amarillento de las zonas entre las nervaduras no es tan clara como en la clorosis de Fe, sino que se hace de forma gradual con zonas aún verdes adyacentes a los nervios y con tonos poco claros. En un estado más avanzado, las

nervaduras más finas dejan de ser verdes le siguen las nervaduras principales y la hoja puede llegar a ser totalmente clorótica.

g.3). Síntomas de toxicidad

La rápida conversión del Fe a compuestos insolubles no disponibles sugiere que existe poca posibilidad de problemas de toxicidad por este elemento. Algunos suelos contienen Fe con un exceso del 5% sin que ocurran problemas de toxicidad aparente (Rauther y Smith, 1952; citados por Muhphy. 1983; Loué, 1988).

Las deficiencias de Fe suelen manifestarse en suelos muy ácidos o con aplicación exagerada de sales solubles. En el caso de arroz, se manifiesta la toxicidad por pequeños puntos rojizos a marrones sobre las hojas de la base y que después se propaga a toda la hoja, en este caso, contienen 300 ppm de Fe. La toxicidad, está asociada con deficiencia de K en arroz (Loué, 1988).

h). Manganese (Mn)

h.1). Función

De acuerdo con Mengel y Kirkby (1982), citados por Loué (1988), el Mn tiene importantes funciones tales como: activación de diferentes enzimas, síntesis de clorofila, fotosíntesis (reacción de Hill), reducción de nitratos, síntesis de

aminoácidos y proteínas.

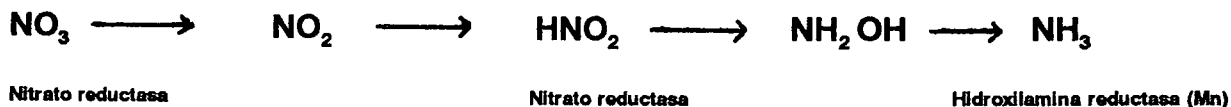
Los efectos enzimáticos relacionados con el Mn son numerosos. El Mn y Mg pueden servir de puente entre el ATP y las enzimas:

a). Glucosa + ATP + Hexoquinasa (Mg, Mn) → Glucosa 6-P+ADP

b). Glucosa 1-p+ ATP + fosfoglucoquinasa (Mg, Mn) → Glucosa 1-6DP + ADP.

Otras enzimas activadas por el Mn son reemplazadas por Mg tales como la fosfotransferasa deshidrogenasa y fosfomutasa. En otras reacciones, el Mn juega un papel específico contribuyendo a la oxidación del AIA activando las AIA-oxidasas.

La reducción de los nitratos absorbidos por las plantas es un proceso fundamental. Los componentes metabólicos de la nitrato reductasa son Cu y Fe. Sin embargo, en la fase final de reducción, los iones Mn son necesarios:



Cuando la reducción de los nitritos (NO₂) es baja, la actividad de la nitrato reductasa debe ser reducida y se produce una acumulación de NO₃, como a la que se puede llegar con deficiencia de Mn.

La deficiencia de Mn en plantas es más claramente identificada en el fotosistema II de la fotosíntesis. La evidencia es que la reacción de Hill es específicamente inactivada por deficiencia de Mn y que el contenido de Mn en los cloroplastos es disminuído en forma dramática (Anderson y Pyliotis, 1969; citados por Price et al., 1983; Loué, 1988).

Cuando el Mn es deficiente, la estructura del cloroplasto se altera. Esta forma de Mn ligada con los cloroplastos, parece presentar una fotooxidación de Mn^{2+} a Mn^{3+} (Loué, 1988).

h.2). Síntomas de deficiencia

La deficiencia de Mn se observa con más frecuencia en suelos originalmente mas húmedos y que han sido drenados. La mayoría de estos suelos son negros y tienen altos contenidos de materia orgánica. Con frecuencia las deficiencias se desarrollan sobre suelos que tienen subsuelos calcáreos o sobre suelos encalados, después de un mejoramiento del sistema de drenaje (Rather y Smith, 1952; citado por Murphy, 1983; Clark, 1987). Loué (1988) menciona que la deficiencia de Mn se parece a la deficiencia de Mg, aunque la deficiencia de Mn se presente primero en los brotes más jóvenes.

Los síntomas en el caso de las dicotiledoneas se caracterizan frecuentemente por la presencia de puntos amarillos sobre las hojas. En esta fase, la deficiencia de Mn es muy diferente a la clorosis por Fe, donde las hojas son amarillas, excepto la

nervadura. En fases avanzadas, únicamente las nervaduras y las zonas adyacentes se mantienen verdes.

h.3). Síntomas de toxicidad

La toxicidad en Mn sólo se ha observado en suelos fuertemente ácidos o inundados. Normalmente concentraciones tóxicas de Mn no se encuentran a valores de pH superiores de 6.5, a menos que el suelo de manera natural existan grandes cantidades de Mn (Murphy, 1983; Loué, 1988).

Los síntomas de toxicidad consisten de manchas negruscas bastante regulares distribuídas a lo largo de los tallos, peciolo y nervaduras principales que corresponden a la acumulación de Mn. Las plantas conocidas como mas sensibles al exceso de Mn son: alfalfa, col, coliflor, cereales, trebol, papa y jitomate (Loué, 1988). White (1970) ha referido que los síntomas de toxicidad se suelen producir con niveles de Mn del orden de 1000 ppm en judías, 500 ppm en guisantes y 200 ppm en cebada.

En soya un exceso de Mn genera una clorosis y afecta el crecimiento. Lo que sucede es que el Mn desplaza en forma no especifica al Zn que participa en la síntesis de triptofano precursor del ácido indolacético y éste es uno de los sistemas más importantes de las auxinas en efectos de elongación y crecimiento (Alcalde, 1982).

i). Zinc (Zn)

i.1). Función

Por su función en diversos sistemas enzimáticos, el Zn, se parece a Mn y Mg que realizan el enlace entre la enzima y el sustrato. Hasta hace poco tiempo, la única enzima conocida como activada específicamente por Zn era la anhidrasa carbónica, esencial para la utilización del ácido carbónico, como catalizador de la siguiente reacción:



Por otro lado, el Zn influye directamente en la síntesis del ARN y en la formación posterior de proteínas. Es componente esencial de ciertas metaloenzimas (deshidrogenasas, proteinasas y peptidasas). Cierta número de estas deshidrogenasas muestran sensibilidad a la deficiencia de Zn. Por otro lado, existen evidencias de que los eventos tempranos y posiblemente causales durante la deficiencia de Zn, son una disminución en el ARN y en contenido de ribosomas de las células (Price et al., 1983; Loué, 1988).

El Zn muestra una gran afinidad por el P, que juega un papel predominante en la síntesis de ARN. En las plantas deficientes en Zn, se ha observado una actividad creciente de la ribonucleasa y una acumulación de nitratos, lo que indica que el Zn, está también empleado en la reducción de los nitratos y en la

síntesis de aminoácidos. Una de las funciones más importantes del Zn es su efecto sobre la regulación del crecimiento mediante el control de la síntesis del triptófano. El triptófano es un precursor del ácido indol-acético (auxina) y la formación de esta sustancia del crecimiento está indirectamente influenciada por el Zn. (Loué, 1988).

i.2). Síntomas de deficiencia

La deficiencia de Zn puede estar asociada con suelos con uso intensivo. Es más probable que la deficiencia ocurra en plantas que crecen sobre suelos calcáreos, lixiviados, erosionados o escalpados, ácidos, arenosos, así como en aquellos con amplia disponibilidad de fósforo (Clark, 1987). Además, las deficiencias son observadas en suelos calcáreos, orgánicos y muy a menudo en suelos nivelados por máquinas o irrigados por inundación. Así mismo, la temperatura de incubación del suelo parece estar directamente relacionada con la disponibilidad del Zn nativo. (Murphy, 1983). La deficiencia por Zn se caracteriza por una clorosis entre las nervaduras, y una reducción del tamaño y malformación de los brotes y hojas. La deficiencia de Zn altera el metabolismo de la auxina (entrenudos más cortos) e inhibe la síntesis de ARN perjudicando así el desarrollo normal de cloroplastos.

1.3). Síntomas de toxicidad

Bajo condiciones agrícolas difícilmente se presentan toxicidades de Zn. Se han

observado en tejidos de plantas hasta 400 ppm de Zn sin efectos tóxicos (Murphy, 1983; Loué, 1988). Chesnín (1977), citado por Murphy (1983), observó que en Nebraska han aplicado de 358 a 1390 kg de Zn/ha en maíz en suelos ácidos y alcalinos, respectivamente, sin observarse toxicidades aparentes. Al parecer sólo se pueden producir desequilibrios en la nutrición donde los niveles de P y Fe se ven disminuídos, por lo que es posible la observación de clorosis férrica (Adriano et al., 1977; Murphy, 1983).

j). Cobre (Cu)

j.1). Función

Loué (1988) menciona que en las hojas, el 70% del Cu está localizado en los cloroplastos en forma de proteínas complejas. De ello se deduce que el Cu participa en la fotosíntesis. El Cu está relacionado con la evolución de O₂ en la reacción de Hill; así mismo, participa en el desarrollo de cloroplastos. Por otro lado, en muchas plantas se han encontrado un gran número de proteínas que contienen Cu, tales como la oxidasa del ácido ascórbico, plastocianina, diamina oxidasa, citocromo oxidasa y la polifenoloxidasa.

Las reacciones más importantes de la formación de la lignina son aceleradas por las enzimas fenoloxidantes como la lacasa y la peroxidasa seguidas de una polimerización que produce compuestos de color bronceado. El Cu interviene

igualmente en la producción del grano (por su papel sobre la viabilidad del polen) y en la resistencia a las enfermedades.

f.2). Síntomas de deficiencia

Dentro de las especies más sensibles de hortalizas están las espinacas y el chicharo. Los síntomas más típicos se presentan en cereales y pueden resumirse en una decoloración blanquesina de las puntas de las hojas más jóvenes (enfermedad de los bordes blancos) seguida de dificultades en el espigado que pueden producir espigas vacías. En general la deficiencia de Cu afecta el tejido más joven debido a la escasa movilidad de éste en la planta (Loué, 1988).

f.3). Síntomas de toxicidad

El signo más claro del exceso de Cu es la inducción de la clorosis de Fe, puesto que el nivel de Fe en las hojas se ve disminuído (Loué, 1988). Al respecto Rauther y Smith (1957), citados por Murphy (1983), indican que la toxicidad de Cu acumulado era la causa principal de la clorosis de Fe en suelos ácidos observada en cítricos de Florida. Por otro parte, el crecimiento se reduce más particularmente en las raíces que son espesas poco ramificadas y con raicillas de color obscuro (Loué, 1988). Según Murphy (1983) el P reduce la toxicidad del Cu e incrementa el crecimiento de plantas a niveles excesivos de Cu. Por el contrario, altos niveles de cobre en el suelo reducen la captación de P y la concentración de

Fe en hojas y raíces.

g)- Boro (B)

g.1). Función

El B está implicado en la síntesis de uracilo, que es un componente esencial del ARN y su insuficiencia perturba la formación de ribosomas (que contienen el 50% del ARN). La síntesis del ARN, la formación de ribosomas y la síntesis de proteínas son procesos fundamentales en los tejidos meristemáticos. En caso de deficiencia de B el proceso meristemático se ve afectado (Mengel y Kirkby, 1982). Además, el B juega un papel importante en la migración y utilización de los glúcidos. En ausencia de B, la actividad más importante de la G-fosfogluconato deshidrogenasa, favorecía la biosíntesis de los fenoles que tendería a acumularse y a producir necrosis. El B es necesario para la síntesis de pectinas. Se ha demostrado que las deficiencias de B provocan acumulaciones excesivas de auxinas repercutiendo en una clara inhibición del crecimiento. También es importante en la germinación y fertilidad del grano de polen y en la resistencia a plagas y enfermedades(Loué, 1982).

g.2). Síntomas de deficiencia

El B, al no desplazarse fácilmente desde las hojas basales, presenta síntomas

externos inicialmente en la parte más joven de la planta. El crecimiento terminal se reduce considerablemente, la yema terminal muere, los brotes axilares se estimulan y producen ramas laterales o mueren igualmente, como resultado se obtiene una apariencia abotonada o de roseta terminal. Los entrenudos son cortos. Las hojas más jóvenes se ven deformadas más o menos rizadas y en general, más espesas y frágiles, de color verde azulado, en algunos casos se produce una clorosis irregular entre los nervios. Los peciolo y tallos son fibrosos o frágiles, la formación de flores y frutos se ve perturbada. El desarrollo radicular se presenta espeso con puntas necrosadas.

Síntomas parecidos pueden ser provocados por insectos o por virus. Por otro lado, la deficiencia de Ca puede presentar algunos signos de deficiencia de B (Loué, 1988).

g.3). Síntomas de toxicidad

El exceso se presenta a veces cuando el agua de riego tiene grandes concentraciones (Clark, 1987). Los síntomas de toxicidad consisten en una necrosis progresiva de las hojas que empieza por un amarillamiento de las extremidades y de los brotes de las hojas que progresa entre los nervios laterales hacia la nervadura central y evoluciona con un oscurecimiento y posterior necrosis y las hojas caen prematuramente (Loué, 1988).

h). Molibdeno (Mo)

h.1). Función

El Mo ha sido conocido desde hace tiempo como requerido para la asimilación normal de N en plantas. De las cuatro enzimas que se sabe que contienen Mo: aldehído oxidasa, xantino oxidasa, nitrogenasa y nitrato reductasa, únicamente las dos últimas se han encontrado en plantas (Price *et al.*, 1983). La nitrato reductasa resulta esencial en la asimilación de los nitratos, puesto que cataliza la primera etapa de la reducción, que se presenta por la siguiente reacción:



La nitrogenasa es una enzima compleja asociando dos proteínas distintas, de las cuales, la mayoría contiene Fe y Mo en relación 9:1. La reducción de N_2 en NH_3 se hace según la reacción:



h.2). Síntomas de deficiencia

Los cultivos más sensibles son los pertenecientes al género Brassica, así como el jitomate, la lechuga, espinaca, alfalfa, trébol, etc. En el caso de leguminosas,

la deficiencia de Mo aparenta una deficiencia de N y en otras plantas hay una deficiencia en proteínas en razón de una mala reducción de los nitratos. En coliflor, además aparecen manchas cloróticas entre las nervaduras que adquieren un aspecto grisáceo, una consistencia blanda y la laminilla media de las paredes celulares no está completamente formada (Busster, 1970 citado por Loué, 1988). En casos avanzados el limbo de la hoja no se forma, la hoja tiene un aspecto particular denominado "Whiptail" (o cola de látigo), considerado más típico de deficiencia de Mo. La inflorescencia está más o menos atrofiada (Loué, 1988).

h.3). Síntomas de toxicidad

Raramente se presentan efectos tóxicos de Mo en plantas, a pesar de absorberlo en grandes cantidades. En algunos experimentos se ha logrado obtener, en jitomate, una coloración intensa amarilla-oro en las hojas, con contenidos de 1000 a 2000 ppm de Mo. (Murphy, 1983; Loué, 1988). Las coliflores tienen un color púrpura vivo en las mismas condiciones. Raramente la toxicidad de Mo es importante en la alimentación de los animales (Loué, 1988).

2.6.3.3.3. Principales interacciones entre elementos nutritivos

Según Mulder (1953) citado por Alcalde (1982), todos los minerales nutritivos actúan sobre sí e interaccionan con cada uno de los otros, por lo que debe mantenerse el equilibrio para que el desarrollo sea sano y eficiente. Esta situación

se puede confirmar al observar el Cuadro 2 en donde la deficiencia de cierto elemento nutritivo altera la concentración de otros. Diversos autores reportan la relación que guardan ciertos nutrientes conforme varía la concentración de alguno de éstos. A continuación se mencionan de acuerdo a cada nutriente, los aspectos más importantes:

a). Nitrógeno

a.1). Un exceso de N puede darse por una deficiencia de P ó K (Sánchez, 1988).

Cuadro 2. Patrón de comportamiento de los elementos nutritivos, cuando uno de ellos se hace deficiente en hojas de maíz.

NUTRIENTE EN DEFICIENCIA	SE INCREMENTA	SE DISMINUYE
N	K	P, Ca, Mg, S, Mn, B, Cu, Zn
K	P, Ca, Mg, B	NO REPORTADO
P	Mg, B, Zn	K
Ca	P, S, Fe, Cu, Zn	K
Mg	P, Cu, Zn	N, Mg, s
S	N, P, Cu	Ca, Mg, Mn, Fe, B
Mn	P, B, Cu, Zn	Ca, Mn
Fe	P, S, Zn	NO REPORTADO
B	NO REPORTADO	B
Cu	S	Ca, Cu
Zn	P, Fe, B, Cu	Zn

FUENTE: Clark, 1970, citado por Clark, 1987.

a.2). Altos niveles de carbohidratos favorecen la absorción de amonio y la absorción de amonio restringe a los cationes como el Ca, provocando su deficiencia, lo mismo sucede con el K.

Cuando se incrementa el N se incrementa el Ca en los tejidos, pero cuando el N llega a excesos, aparentemente empieza a decrecer el Ca. Al mismo tiempo, aplicaciones de N han provocado deficiencias de B, sobre todo cuando éste se encuentra en bajas concentraciones, lo mismo sucede con el Cu y el Fe en pH altos (Benton et al., 1991).

a.3). La aplicación de N trae como consecuencia deficiencias de Zn, puesto que éste es retenido en las raíces como complejo Zn-proteína provocando su deficiencia en los ápices aéreos (Olsen, 1983).

b). Fósforo

b.1). Altas concentraciones de P en el sustrato pueden ocasionar deficiencia de Fe (Sánchez y Escalante, 1988; Benton et al., 1991). Así mismo, puede provocar deficiencias de Cu y Zn (Olsen, 1983; Benton et al., 1991).

b.2). En los tejidos de plantas conforme el P decrece, el aluminio (Al) se incrementa, este decrecimiento es menor en plantas tolerantes al Al. Esto responde a la formación de fosfatos de Al precipitados en la raíz o dentro de la planta, lo cual puede llegar a ser tóxico. Por otro lado, se ha visto que la

fertilización con P reduce el contenido de Mg en jitomates (Lycopersicum esculentum) y espinacas (Spinacea sp.)(Benton et al., 1991).

b.3). Al parecer el P mejora la absorción del Mo a nivel radicular favoreciendo la traslocación (Olsen, 1983). Barshad, (1951) sugirió que el P podría estimular la captación de Mo debido a la formación de un anión complejo fosfo-molibdato absorbido más fácilmente por la planta.

c). Potasio

c.1). Altas concentraciones de K pueden provocar deficiencia de Mg y cuando el K está desbalanceado provocará deficiencia de Ca. El amonio (NH_4^+) puede jugar también un papel importante en el balance de los cationes K, Ca y Mg (Sánchez y Escalante, 1988; Benton et al., 1991).

c.2). Aplicaciones de K más allá de lo necesario tienden a reducir la cantidad de N en plantas jóvenes. La concentración de sodio (Na) puede ser disminuída en el suelo por aplicación de KCl al substituir al K. Así mismo, el K se ha comportado negativamente correlacionado con el B, Mn y Mo en hojas de jitomate (Benton et al., 1991).

d). Calcio

d.1). Aún cuando en la solución puede haber suficiente Ca, se pueden apreciar síntomas de deficiencia si el contenido de sales en general es muy alto o bien si la concentración de Na es alta. El exceso de Ca puede disminuir al Fe, Mg, Mn, K, B y Zn (Sánchez, 1988).

d.2). En suelos o sustratos que contienen excesos de B, más allá de la cantidad requerida para el crecimiento óptimo, los efectos tóxicos pueden ser reducidos o prevenidos con la adición de Ca (Olsen, 1983).

d.3). Altas concentraciones de Ca pueden tener diversos efectos en el contenido de P en los tejidos. Altas concentraciones de Ca pueden precipitar cantidades apreciables de P, especialmente si el pH es alto. Si el P es bajo, al contrario, favorece su absorción. También incrementos del pH debido a aplicaciones de Ca o por exceso de Ca nativo, provocan deficiencias de Fe. Así mismo, mucho menos Ca es necesario, si ciertos elementos como el Al, Cd, Cu, Fe, Mn y Zn están ausentes o en bajas concentraciones en el sustrato (Benton et al., 1991).

e). Magnesio

e.1). Las deficiencias de Mg pueden ser inducidas por altas concentraciones de NH_4 , K ó Ca en el medio de crecimiento, pero se ha visto que el nivel de Mg, interactúa positivamente con el B, Fe, Mn, Mo, Na y Si. (Benton et al., 1991). Se ha visto que un incremento en el pH del suelo reduce la disponibilidad de Zn, pero

cuando se usa MgCO_3 , la deficiencia es menos severa. Se ha visto que la interacción del Mg con el Zn ocurre en mayor grado en la planta que en el suelo (Olsen, 1983).

f). Azufre

f.1). Una deficiencia de S disminuye la tasa de reducción del NO_3^- y puede ser ocasionada por exceso de cloruros (Sánchez y Escalante, 1988). El S actúa con el N y P, tiene una relación antagónica con el Ar, B, Mo, Pb, Se y Fe. En las plantas un suministro de S:N es de 1:14, normalmente con mas S se incrementa el N en los tejidos (Benton et al., 1991). Por otro lado, la captación de Mo es reducida por el S y esto se explica por una competencia directa entre dos aniones divalentes del mismo tamaño, esto sugiere que debe tomarse en cuenta la utilización de fertilizantes con altos contenidos de S cuando el Mo es limitante (Olsen, 1983).

g). Fierro

g.1). Al parecer, cuando incrementa el nivel de Zn disminuye el nivel de Fe, provocando su deficiencia; esta misma situación ocurre con exceso de Mn y Mo. En el caso del Mo, se debe a la formación de un precipitado de Fe-Molibdato en las raíces (Olsen, 1983; Benton et al., 1991).

Las concentraciones elevadas de Cu y Zn en una solución nutriente han mostrado capacidad para producir clorosis por deficiencia de Fe. Así mismo, se ha

observado que los efectos tóxicos del Cu pueden ser disminuídos con adición de Fe (Olsen, 1983).

h). Zinc

h.1). Al parecer al incrementar las cantidades de Zn se provoca deficiencias de cobre, esto se ha observado principalmente en trigo y cebada (Olsen, 1983). Otras interacciones ya han sido incluídas en párrafos anteriores.

2.6.3.4. Principales estudios sobre nutrición en tomate de cáscara

Los estudios sobre nutrición en tomate de cáscara aún son escasos, por lo que dicha información será complementada con datos referentes al cultivo de jitomate (Lycopersicum esculentum), considerando que es una especie dentro de las más emparentadas con el tomate de cáscara (Physalis ixocarpa, Brot).

Considerando la dificultad que implica el realizar estudios serios sobre nutrición en suelo, las soluciones de cultivo representan un excelente medio para regular la cantidad y la proporción relativa de las sales minerales suministradas a las plantas en cualquier experimento. Es decir, en el suelo ocurre que los factores edáficos pueden ocultar o distorsionar los efectos de una deficiencia o un exceso de un nutrimento; en este sentido, la solución nutritiva (hidroponia) contribuye a la determinación del verdadero efecto y dará a conocer claramente los síntomas de

una deficiencia o exceso nutricional (Devlin, 1980; Sánchez y Escalante, 1988).

Park y Lee (1991) evaluaron dos tipos de jitomate, normal y tipo rin, usando una solución nutritiva estandar; el Ca se aplicó con 354 mg como $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, el K en 404 mg como KNO_3 y el Mg en 246 mg como MgSO_4 por litro de agua. La absorción de Ca y K fue mayor durante el crecimiento en jitomates normales. Durante la cosecha se evaluaron estos nutrientes en la pared celular; en jitomates normales el Ca se encontró en 75 ppm, mientras que en el tipo rin fue de 130 pp. En general el Ca, Mg y K se incrementaron en la maduración, pero en el tipo normal decreció el nivel más pronto debido a la actividad de la pectin methylesterasa que fue más alta en este tipo de jitomate.

Ramón et al., (1990) en un experimento de jitomate encontraron que las concentraciones de Ca en los tejidos fueron más afectadas por ausencia de B. La fracción insoluble de Ca en las raíces se incrementó hasta 188% sobre el testigo, después de dos días sin B, de aquí que la fracción soluble de Ca en los folíolos fuera de 84%. Los resultados sugieren un efecto específico del B sobre el Ca, sobre la traslocación e incorporación a formas insolubles, por ejemplo, componentes de la pared celular. En este mismo sentido, Kreij et al., (1992) encontraron que en jitomate, las manchas amarillas presentes en los frutos se deben a cristales de Ca ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ y $\text{CaC}_2\text{O} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), presentes en las paredes de éste. Esta situación ocurría cuando había exceso de Ca.

Kolota et al., (1990) probaron en jitomate diferentes concentraciones de Mg aplicando 150, 300, 450 y 600 mg/dm³. El nivel óptimo de Mg para un buen desarrollo fue de 300-450 mg/dm³. Un bajo nivel de Mg (150 mg/dm³) adelantó la maduración. Incrementos en el nivel de Mg provocó disminución en la absorción de Ca, K, y NO₃-N, pero incrementó la absorción de P.

Zhang (1991) evaluó el efecto nutrimental del Zn sobre el exudado a nivel radical de varios compuestos orgánicos de bajo peso molecular, donde se incluía al jitomate como cultivo. La deficiencia de Zn incrementó la exudación radical de aminoácidos, azúcares y compuestos fenólicos. La liberación de estas sustancias se disminuyó conforme se incrementó la concentración de Zn. El exudado con deficiencia de Zn en jitomate movilizó de 2.7 a 3.5 veces mas Fe y Mn en suelos calcáreos que en aquellas plantas donde el Zn fué suficiente. Así mismo, el exudado de la raíz no movilizó Zn.

Abadía et al., (1991) observaron que plantas deficientes en Fe presentaron un incremento en xantófilas (constituídas por violaxantinas, anteraxantinas y zeaxantinas), de aquí que las xantófilas funcionen en deficiencias de Fe y no en otros amarillamientos en las plantas debido a excesos de carotenos como sucede en hojas etioladas o senescentes.

Cuando las hojas deficientes en Fe son iluminadas, parte de las violaxantinas se convierten en anteraxantinas y zeaxantinas y cuando se ponen en obscuridad el

ciclo se revierte. Estos cambios pueden ser útiles para determinar el nivel de Fe en las plantas.

Coetzer et al., (1990) realizaron un experimento usando frijol variedad Evergreen y jitomate variedad Cocktail. El cultivo se desarrolló en una solución nutritiva con 0.002, 0.1, 0.5, 1.0 y 2.0 mg. de B/dm³. Para el caso de jitomate el peso de fruto por planta se incrementó usando 0.5 mg de B/dm³ en la solución nutritiva y se acumularon de 80-120 mg/kg en las hojas. El testigo desarrollado con 0.002 mg B/dm³ creció pero no produjo flores. En ambas especies los niveles de B de 1.0 mg/dm³ en la solución nutritiva produjo síntomas de toxicidad en las hojas.

Oyewole et al., (1992) usando una variedad local de jitomate tipo cherry, probaron concentraciones de Boro (0, 1, 2, 4, 8, 16 ppm) como H₃BO₃ y Ca (0, 40, 80 y 160 ppm) como Ca(OH)₂. Las aplicaciones de B en 2 ppm incrementó el número de hojas, diámetro de tallo, número de flores, y producción de frutos, y redujo el porcentaje de absorción de flores. El B aplicado en cantidades superiores a 2.0 ppm indujo clorosis foliar acompañada por necrosis de nudos y raíces. Cuando el Ca fue aplicado en los niveles de 80 y 160 ppm incrementó el contenido total de clorofila en las hojas. La producción de fruto fué mayor (166 g/planta) en una combinación B:Ca de; 2 ppm de B (4.48 kg/ha) y 160 ppm de Ca (358.4 kg/ha).

Adams (1991) probó niveles de humedad y su relación con los nutrientes en hojas de jitomate. Altas humedades en la noche redujeron los contenidos de Ca, Mg, P

y K en toda la lámina de la hoja, mientras que altas humedades en el día solamente redujeron los contenidos de Ca y K. El contenido de N no fue afectado por la humedad. Los cambios en los contenidos de Ca, Mg y K en los tejidos en respuesta a la alta humedad fué más grande en las partes apicales de la hoja, lo cual sugiere que es una porción adecuada para cualquier análisis foliar. Amarillamiento en la parte apical de la hoja parecieron estar asociados con Ca y K mas que con Ca solamente.

Ferrario et al., (1992) desarrollaron un experimento en jitomate en donde observó que la circulación de los nutrientes, en general, es mayor a medio día. Sin embargo, cuando evaluó por separado cada nutriente, observó que en el día circulan en mayor proporción NO_3 y K y durante la noche el Ca, Mg, H_2PO_4 y SO_4 .

Bot y Kirkby, (1992) encontraron que durante el día, dos picos de absorción de NO_3 y K fueron observados, uno más grandes al medio día y otro más pequeño en las primeras 2-4 horas de la noche. La absorción de agua no mostró un patrón definido, pero en general se observó mayor absorción durante el día, por lo que no hubo una correlación entre la absorción de agua y nutrientes.

Benton et al., (1991) reportan los datos del Cuadro 3 referentes al contenido nutrimental en jitomate. Estos datos corresponden a jitomate para empaque,

muestreado 12 peciolo de hoja por arriba del último racimo cuando la planta estaba en floración y con el 3er. racimo desarrollado.

Velazquez et al., (1994) evaluaron los productos fertilizantes; NITROPHOSKA, BAYFOLAN FORTE, GREENZIT Y TRICEL-20 en dosis de 2, 4 y 6 l/ha, en tomate de cáscara variedad Rendidora, no encontrando diferencias significativas en las variables evaluadas en relación al testigo. Estos mismos resultados fueron

Cuadro 3. Contenido nutrimental en hojas de jitomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill).

ELEMENTO	UNIDAD	BAJO	SUFICIENTE	ALTO
N	%	2.50-2.94	3.0 - 4.0	> 40
P	%	0.30-0.39	0.4 - 1.0	> 10
K	%	4.00-4.99	5.0 - 9.0	> 90
Ca	%	1.10-1.49	1.5 - 2.4	> 2.4
Mg	%	0.28-0.31	0.32 - 0.8	> 0.8
B	ppm	23 - 24	25 - 75	> 75
Cu	ppm	3 - 4	5 - 50	> 50
Fe	ppm	50 - 59	60 - 300	> 300
Mn	ppm	40 - 49	50 - 250	> 250
Zn	ppm	18 - 19	20 - 250	> 250

FUENTE: Benton et al., 1991.

obtenidos por Galicia (1992) cuando probó diversos productos comerciales en tomate de cáscara dentro de los que se incluyeron algunos con propiedades nutritivas (B10-MICRON, TRIGRR FOLIAR, AGROMIL V y GAPOL) .

Arroyo y García (1993) evaluaron en tomate de cáscara, los productos comerciales TRIGGRR FOLIAR, BIOZYME Y NITROPHOSKA en diferentes dosis y fechas de aplicación, encontrando que el mayor rendimiento de fruto fué con el tratamiento NITROPHOSKA (4 l/ha) a los 78 días después del trasplante superando en un 28.70% al testigo, aunque entre estos no fue estadísticamente significativa la diferencia.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación y características del sitio experimental

El experimento se desarrolló en condiciones de invernadero durante los meses de julio a noviembre de 1994, en las instalaciones del campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en los 19°29' latitud norte y 98°53' longitud oeste, con una altitud de 2250 m.s.n.m. El clima de la zona se clasifica como C(Wo)(W)b(i)g, que corresponde a un templado subhúmedo con precipitación media anual de 645 mm y temperatura media anual de 15°C, con heladas tempranas a fines de septiembre y tardías en abril (García, 1986).

Durante el desarrollo del experimento en invernadero, la temperatura mínima promedio fué de 7.5°C y máxima de 36.8°C. La humedad relativa en el exterior se registró en un promedio de 60.4% y 85% en el interior.

3.2. Características del material usado

3.2.1. Material vegetal

Se usaron cuatro variedades que a continuación se describen:

a). Rendidora

Es una variedad que presenta plantas vigorosas de gran desarrollo que se refleja en el diámetro del tallo principal que a los 56 días alcanza 12 mm con ramas primarias de 9 mm. Las hojas son grandes, ovaladas, de 11 cm de largo y 6 cm de

ancho. La planta alcanza una altura promedio de 80 cm y sus ramas pueden extenderse hasta 1 m de longitud. La flor es grande, de color amarillo con un diámetro de apertura de 2.5 cm. El fruto es de color verde limón o amarillento, de buena firmeza y sabor agridulce; madura entre 55 y 60 días después de la siembra, alcanzando diámetros hasta de 4.5 cm (Saray et al., 1978).

b). Compuesto mejorado

Por ser una selección de la variedad "Rendidora" original, presenta características morfológicas semejantes a ésta. La planta es de crecimiento rastrero y semierecto, y con respecto a rendidora presenta mayor precocidad y los frutos más uniformes en tamaño y forma; también son características de los frutos su color verde-alimonado, un volumen promedio de 452 ml/kg, un diámetro de 31 a 36 mm y una longitud de 25 a 27 mm (Peña¹, 1994; Ayala, 1992).

c). Tamazula

Es una planta de crecimiento arbustivo más tardía que la variedad "Rendidora", su tallo es de color morado con hojas pequeñas y nervaduras verde-morado. Sus frutos tienen un cáliz grande y morado y son pequeños en tamaño (menos de 3 cm de diámetro) y en la madurez fisiológica "pintan" morado. La salsa que produce es de sabor dulce (Ramírez, 1993, citado por Castellanos y Mariscal, 1993). Ayala (1992) agrega que el material se caracteriza por presentar un grosor de tallo entre 1.43 y 1.80 cm, un promedio de 49.7 flores, volumen de fruto de 200 a 467 ml/kg,

1/ Profesor Investigador del Depto. de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. Comunicación personal.

con diámetro de 26 a 30 mm y longitud de 21 a 27 mm.

d). Milpero

La planta en general es de porte más bajo, con tallos delgados y hojas pequeñas pero en gran cantidad. El fruto se caracteriza por ser pequeño (aproximadamente 1 cm de diámetro), más dulce y con mayor número de semillas por unidad de volumen que el tomate cultivado pero de menor peso; en promedio se tiene un peso de 0.98 mg/semilla en el milpero y 1.2 mg/semilla en el cultivado (Santiaguillo y López, 1992).

3.2.2. Productos químicos, sustratos y otros

Con la intención de obtener mayor precisión en los estudios, como fuente de elementos nutritivos se usaron diferentes compuestos (sólidos y líquidos) en grado analítico. Conviene aclarar que estos productos vienen en una presentación que no es al 100% de concentración, por lo que es posible que se presenten en muy pequeñas cantidades otros microelementos.

Un sustrato que se usó fué la arena de tezontle que se caracteriza por presentar partículas de un tamaño de entre 0.2 y 2.5 mm, buena capacidad de retención de humedad y es considerada como un sustrato inerte. En el Cuadro 13A se muestran algunas propiedades específicas resultado del análisis nutrimental realizado. También se incluyeron tratamientos con suelos traídos de diferentes regiones

productoras: el de Oacalco, Mor. , de color negro, arcilloso con gran capacidad de retención de humedad; dos muestras más fueron traídas del Campo Experimental de la UACH, la primera del Campo San Martín y la segunda del campo San Juan. El suelo del campo San Martín es de color café-oscuro, con textura media con mayor capacidad de retención de humedad comparado con el del campo San Juan, el cual es más arenoso en una capa delgada del suelo sostenida por un subsuelo tepetatoso.

El agua utilizada en el experimento presentó un pH neutro. Sin embargo, al estar depositada en cisterna el pH se incrementó a 8.2. Los datos de pH y el análisis nutrimental se presentan en el Cuadro 13A. Estos fueron retomados para hacer los ajustes necesarios sobre la concentración nutrimental aplicada.

Se usaron bolsas de polietileno negro de 45 X 45, cubetas de plástico de 10 l de capacidad así como recipientes de plástico con capacidad de 50 l para almacenar las soluciones nutritivas.

El invernadero donde se llevó a cabo la evaluación es de tipo holandés, con doble abertura cenital, lo cual le confiere baja capacidad de sobrecalentamiento; las cortinas fueron protegidas con malla antiáfidos, y las temperaturas bajas fueron controladas con calefacción artificial.

3.3. Diseño de tratamientos y experimental

Se estudiaron nueve factores, y el número de niveles fue variable. La descripción de los niveles de cada factor se hace a continuación:

A. Factor variedad

V_1 = Rendidora

V_2 = Milpero

V_3 = CHF₁ - Chapingo

V_4 = Tamazula

B. Factor sustratos

Su_1 = Solución nutritiva

Su_2 = Suelo San Juan

Su_3 = Arena de tezontle

Su_4 = Suelo Oacalco, Mor.

Su_5 = Agua natural

Su_6 = Suelo San Martín.

C. Factor calcio (Ca)

Ca_1 = 0 ppm (sin calcio)

Ca_2 = 150 ppm (nivel bajo)

Ca_3 = 300 ppm (óptimo)

Ca_4 = 1000 ppm (exceso)

D. Factor magnesio (Mg)

Mg_1 = 0 ppm (sin magnesio)

Mg_2 = 20 ppm (nivel bajo)

Mg_3 = 60 ppm (óptimo)

Mg_4 = 200 ppm (exceso)

E. Factor fierro (Fe)

Fe_1 = 0 ppm (sin fierro)

Fe_2 = 0.5 ppm (nivel bajo)

Fe_3 = 2.0 ppm (óptimo)

Fe_4 = 25.0 ppm (exceso)

F. Factor manganeso (Mn)

Mn_1 = 0 ppm (sin manganeso)

Mn_2 = 0.2 ppm (nivel bajo)

Mn_3 = 0.5 ppm (óptimo)

Mn_4 = 15 ppm (exceso)

G. Factor fósforo (P)

$P_1 = 0$ ppm (sin fósforo)

$P_2 = 20$ ppm (nivel bajo)

$P_3 = 60$ ppm (óptimo)

$P_4 = 200$ ppm (exceso)

H. Factor zinc (Zn)

$Zn_1 = 0$ ppm (sin zinc)

$Zn_2 = 0.1$ ppm (nivel bajo)

$Zn_3 = 0.25$ ppm (óptimo)

$Zn_4 = 15$ ppm (exceso)

I. Factor azufre (S)

$S_1 = 0$ ppm (sin azufre)

$S_2 = 100$ ppm (nivel bajo)

$S_3 = 250$ ppm (óptimo)

$S_4 = 2000$ ppm (exceso)

Con un factorial completo se tendrían que evaluar 589,824 tratamientos, un número demasiado grande. Ante tal situación, de cada factor se tomó el nivel considerado como el óptimo para el manejo y desarrollo del cultivo (tomando como referencia experiencias en el cultivo de jitomate *Lycopersicum esculentum*, Mill en hidroponia), generándose de la combinación de estos niveles un tratamiento denominado punto de referencia o testigo (Cuadro 4). La idea fue desarrollar el planteamiento de una matriz Baconiana, en la cual a partir de un punto de referencia que permanece constante se varían cada uno de los niveles de cada factor. De este modo se obtiene un número de tratamientos fácilmente operables que permite obtener información suficiente sobre el fenómeno en estudio (Cuadro 5), además de que bajo este diseño de tratamientos se permite el análisis por grupo

de éstos (Turrent, 1980).

Finalmente se obtuvieron los 30 tratamientos que se describen en el Cuadro 6. En el Cuadro 5 se puede observar que los tratamientos T2, T3 y T4 en los que se incluyen cada una de las variedades, deberían haberse manejado bajo la condición del tratamiento 1 (testigo), pero considerando el objetivo e hipótesis del presente trabajo, se decidió manejar estos tratamientos sin el elemento magnesio, pues se supone, constituye una de las razones más fuertes sobre el origen de la clorosis en tomate de cáscara. Por otro lado, los tratamientos T6, T7 y T9 que corresponden a los diferentes suelos, fueron fertilizados de la forma convencional usando la fórmula 180-100-00 (Peña, 1994),¹ pues aplicar los nutrientes como lo especifica el tratamiento 1 (testigo) sería poco conveniente por estar fuera de lo normal. Además, de manera natural se supone existen estos elementos nutritivos en los suelos correspondientes. Esta misma situación ocurrió con el tratamiento T8 (cultivo en agua natural), excepto que no se aplicó ningún nutriente extra.

Los elementos nutrientes que no fueron incluidos en los factores en estudio se aplicaron constantemente en la concentración siguiente: nitrógeno (N), 200 ppm; potasio (K), 300 ppm; boro (B), 0.5 ppm; cobre (Cu), 0.25 ppm, como lo especifica Sánchez y Escalante (1988) en requerimientos para jitomate.

El diseño experimental utilizado fué un bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por cuatro plantas, cada una en un contenedor diferente. En las cuatro repeticiones se tuvieron en total 16

1/ Comunicación personal.

plantas donde el tamaño de muestra fue la población completa.

Cuadro 4. Relación de factores, niveles y combinación de niveles óptimos (referencia).

FACTORES	NIVELES	REFERENCIA
VARIEDAD	V ₁ , V ₂ , V ₃ , V ₄	V ₃ (CHF ₁ -chapingo)
SUSTRATO	Su ₁ ,Su ₂ ,Su ₃ ,Su ₄ ,Su ₅ ,Su ₆	Su ₃ (arena de tezontle)
CALCIO	Ca ₁ ,Ca ₂ ,Ca ₃ ,Ca ₄	Ca ₃ (300 ppm)
MAGNESIO	Mg ₁ ,Mg ₂ ,Mg ₃ ,Mg ₄	Mg ₂ (60 ppm)
FERRO	Fe ₁ ,Fe ₂ ,Fe ₃ ,Fe ₄	Fe ₃ (2 ppm)
MANGANESO	Mn ₁ ,Mn ₂ ,Mn ₃ ,Mn ₄	Mn ₃ (0.5 ppm)
FOSFORO	P ₁ ,P ₂ ,P ₃ ,P ₄	P ₃ (60 ppm)
ZINC	Zn ₁ ,Zn ₂ ,Zn ₃ ,Zn ₄	Zn ₂ (0.25 ppm)
AZUFRE	S ₁ ,S ₂ ,S ₃ ,S ₄	S ₂ (250 ppm)

3.4. Conducción del experimento

3.4.1. Establecimiento

El 25 de Junio de 1994 se realizó la siembra del material vegetal (almácigo), para lo cual se utilizaron pequeños contenedores (64 cm³) usando como sustrato arena de tezontle. Un mes después (26 de Julio de 1994) se llevó a cabo el transplante a los contenedores definitivos. Quince días más tarde se colocó el sistema de espalderas, técnica necesaria en esta forma de producción.

3.4.2. Riegos

Durante la fase de almacigo los riegos fueron con solución nutritiva completa.

Una vez hecho el transplante, en los tratamientos que incluyeron como sustrato al tezontle, los riegos fueron cada ocho días con la solución nutritiva correspondiente; luego, conforme se desarrolló el cultivo, el intervalo de riego fue acortándose

Cuadro 5. Relación de tratamientos resultantes de la combinación de niveles de cada factor en función del punto de referencia (T1).

F A C T O R									
TRAT.	VAR.	SUST.	Ca	Mg	Fe	Mn	P	Zn	S
Referencia (testigo) T1	V3	Su3	Ca3	Mg3	FE3	Mn3	P3	Zn3	S3
Comb. T2 para T3 vars. T4.	V1 V2 V4	• • •	• • •	Mg1 Mg1 Mg1	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •
Comb. T5 para T6 sustrato T7 T8 T9	• • • • •	Su1 Su2 Su4 Su5 Su6	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •
Comb. T10 para T11 Calcio T12	• • •	• • •	Ca1 Ca2 Ca4	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •
Comb. T13 para T14 Mg T15	• • •	• • •	• • •	Mg1 Mg2 Mg4	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •
Comb. T16 para T17 fierro T18	• • •	• • •	• • •	• • •	Fe1 Fe2 Fe4	• • •	• • •	• • •	• • •
Comb. T19 para T20 Mn T21	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	Mn1 Mn2 Mn4	• • •	• • •	• • •
Comb. T22 para T23 fosforo T24	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	P1 P2 P4	• • •	• • •
Comb. T25 para T26 Zinc T27	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	Zn1 Zn2 Zn4	• • •
Comb. T28 para T29 azufre T30	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	S1 S2 S4

NOTA: • = Combinación similar al testigo (T1) VAR. = Variedad TRAT. = Tratamiento
- = No se aplicaron los elementos nutrimentales. SUST. = Sustrato Comb. = Combinación

Cuadro 6. Descripción de los tratamientos estudiados. Para los factores cuantitativos los números se refieren a ppm.

TRAT.	VAR.	SUST.	Ca	Mg	Fe	Mn	P	Zn	S
T1 TEST	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	2.0	0.5	60	0.25	250
T2	RENDIDORA	TEZONTLE	300	0	2.0	0.5	60	0.25	250
T3	MILPERO	TEZONTLE	300	0	2.0	0.5	60	0.25	250
T4	TAMAZULA	TEZONTLE	300	0	2.0	0.5	60	0.25	250
T5	CHF1-CHAPINGO	SOL. NUTRITIVA	300	60	2.0	0.5	60	0.25	250
T6	CHF1-CHAPINGO	S. SAN JUAN *	-	-	-	-	-	-	-
T7	CHF1-CHAPINGO	S. OACALCO *	-	-	-	-	-	-	-
T8	CHF1-CHAPINGO	AGUA NATURAL	0	0	0	0	0	0	0
T9	CHF1-CHAPINGO	S. SAN MARTIN *	-	-	-	-	-	-	-
T10	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	0	60	2.0	0.5	60	0.25	250
T11	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	150	60	2.0	0.5	60	0.25	250
T12	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	1000	60	2.0	0.5	60	0.25	250
T13	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	0	2.0	0.5	60	0.25	250
T14	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	20	2.0	0.5	60	0.25	250
T15	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	200	2.0	0.5	60	0.25	250
T16	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	0.0	0.5	60	0.25	250
T17	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	0.5	0.5	60	0.25	250
T18	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	25.0	0.5	60	0.25	250
T19	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	2.0	0.0	60	0.25	250
T20	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	2.0	0.2	60	0.25	250
T21	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	2.0	15.0	60	0.25	250
T22	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	2.0	0.5	0.0	0.25	250
T23	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	2.0	0.5	20	0.25	250
T24	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	2.0	0.5	200	0.25	250
T25	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	2.0	0.5	60	0.0	250
T26	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	2.0	0.5	60	0.1	250
T27	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	2.0	0.5	60	15.0	250
T28	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	2.0	0.5	60	0.25	0.0
T29	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	2.0	0.5	60	0.25	100
T30	CHF1-CHAPINGO	TEZONTLE	300	60	2.0	0.5	60	0.25	2000

NOTA * = FERTILIZADO EN LA FORMA CONVENCIONAL TEST = Testigo

hasta concluir con riegos cada tres días. Esta misma relación se mantuvo en los tratamientos que incluyeron como sustrato a los suelos provenientes de diferente lugar, en donde el riego fue con agua natural.

En el tratamiento que consistía en usar solución nutritiva como sustrato, la solución fue renovada cada ocho días y en el que se usó agua natural, ésta permaneció constante durante el crecimiento de la planta.

3.4.3. Fertilización

En los tratamientos con suelo como sustrato se realizó una primera fertilización con la fórmula 100-80-00 al transplante y 35 días después se aplicó la 80-00-00.

3.4.4. Control de plagas y enfermedades

Para evitar la entrada de insectos, sobre todo los vectores de virus, se colocó una malla antiáfidos en las cortinas del invernadero. A manera de protección se efectuaron durante el experimento dos aplicaciones de insecticidas usando TAMARON 600 (Metamidofos) a razón de 0.5 l/ha y cuatro aplicaciones con fungicidas (contra cenicilla que fué la enfermedad de mayor incidencia) a base de CUPRAVIT (Oxicloruro de cobre) y BAYLETON 25% pH (Triadimefon) a razón de 1.5 y 0.5 kg/ha, respectivamente.

3.4.5. Cosecha

Una vez que el fruto llenó el cáliz se procedió a la cosecha, realizándose cuando las condiciones de la planta lo permitieron , hasta un total de ocho cortes a intervalos de ocho días.

3.5. Variables evaluadas

a). Rendimiento total de fruto (YT)

En esta variable se consideró toda la producción de fruto obtenida en los ocho cortes cuantificado en gramos por planta. Aunque en algunos tratamientos el número de cortes fué mucho menor.

b). Peso por fruto (PF)

En cada uno de los tres primeros cortes, se determinó el número de frutos cosechados y su relación con el peso de éstos. De esta forma se conoció el peso promedio por fruto en gramos.

c). Volumen por fruto (VF)

De la misma forma que en la variable PF, los frutos cosechados se depositaron en una probeta graduada que contenía agua, tomándose el dato del volumen inicial y el desplazado con los frutos. De esta forma fue posible conocer el volumen ml/

fruto mediante la expresión:

$$VF = \frac{\text{Vol. Final} - \text{Vol. Inicial}}{\text{No. de Frutos}}$$

**Donde: VF = Volúmen de fruto en ml.
Vol. = Volumen.
No. = Número**

d). Diámetro de tallo (D)

El dato fue tomado inmediatamente abajo de la primera bifurcación de la planta, a los 60 días del transplante (DDT) en cm.

e). Número de brotes (Br)

Se refiere al número de ramas que emergen de la parte basal de la planta, por abajo de la primera bifurcación, en este caso, por convención se incluyeron los dos brotes de la primera bifurcación.

f). Longitud de brotes (LBr)

Se midió cada uno de los brotes y se obtuvo un valor promedio por tratamiento a los 32 días (DDT) en cm.

g). Número de flores (F)

A los 32 DDT se determinó el número de flores que se encontraban plenamente abiertas.

h). Número de bolsas (Bo)

También a los 32 DDT se contaron las bolsas que mostraban un tamaño mayor a 1 cm, o bien, que ya no tenían pétalos.

i). Altura de la planta (A)

Este dato se obtuvo a los 60 días DDT, considerándose la mayor altura que logró alcanzar la planta de manera natural en cm.

Además de estas variables, se consideró pertinente realizar una descripción de la sintomatología general que presentó el cultivo para cada tratamiento, registrándose cada ocho días los cambios ocurridos en función de las características del testigo. Se consideró las características del tallo, ramas, hojas, flores y frutos, y el aspecto general de la planta.

3.6. Análisis estadístico

3.6.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza para las variables mencionadas se realizó con base en el

modelo del diseño bloques completos al azar, que se describe a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

con $i = 1, 2, 3 \text{ y } 4$

$j = 1, 2, \dots, 30$

$E_{ij} \sim N(0, \sigma^2_e)$

donde:

Y_{ij} = Valor observado correspondiente al j -ésimo tratamiento en la i -ésima repetición

μ = Media general

B_i = Efecto asociado al i -ésimo bloque

T_j = Efecto asociado al j -ésimo tratamiento

E_{ij} = Error asociado a la observación Y_{ij}

3.6.2. Comparaciones de medias

Con respecto a los tratamientos, se hicieron comparaciones en dos formas:

a). A nivel individual de los tratamientos (30 en total)

b). Considerando los niveles de cada factor incluyendo al testigo (Cuadro 7).

Estos grupos se formaron considerando que los tratamientos involucrados comparten hasta cierto punto la misma naturaleza, situación que hace más comparable al fenómeno en estudio.

En los cuadros 2A, 3A, ...,10A se muestran las fuentes de variación así como los grados de libertad correspondientes al análisis de varianza en cada uno de los análisis ya mencionados.

En el análisis general para todos los tratamientos y en los grupos formados por éstos, se usó la prueba de Tukey que de acuerdo con Steel y Torrie (1986) se expresa de la siguiente forma:

$$W = Q \alpha (P, fe) \times (CME/n)^{1/2}$$

Donde:

W =Diferencia mínima significativa (DMS)

$Q\alpha (P, fe)$ = Amplitud estudentizada de Tukey

P = Número de medias a comparar

fe = Grados de libertad del error

α = Nivel de significancia

CME = Cuadrado medio del error

n = Número de observaciones para obtener la media.

Cuadro 7. Descripción de grupos de tratamientos segun el factor en estudio.

GRUPO	TRAT.	DESCRIPCION
Variedades sin magnesio	1	TESTIGO
		Var. Rendidora sin Mg (0 ppm)
	2	Var. Milpero sin Mg (0 ppm)
		Var. Tamazula sin Mg (0 ppm)
	3	TESTIGO sin Mg (0 ppm)
	4	
	13	
Sustratos	1	TESTIGO
	5	Var. CHF₁-Chapingo en sol. nutritiva con los nutrientes
	6	Var. CHF₁-Chapingo en suelo San Juan
	7	Var. CHF₁-Chapingo en Oacalco, Mor.
	8	Var. CHF₁-Chapingo en agua natural
	9	Var. CHF₁-Chapingo en San Martín
Nutrición con calcio	1	TESTIGO
	10	TESTIGO sin Ca (0ppm)
	11	TESTIGO con Ca en 150ppm
	12	TESTIGO con Ca en 1000 ppm
Nutrición con magnesio	1	TESTIGO
	13	TESTIGO sin Mg (0 ppm)
	14	TESTIGO con Mg en 20 ppm
	15	TESTIGO con Mg en 200 ppm
Nutrición con fierro	1	TESTIGO
	16	TESTIGO sin Fe (0 ppm)
	17	TESTIGO con Fe en 0.5 ppm
	18	TESTIGO con Fe en 25 ppm
Nutrición con manganeso	1	TESTIGO
	19	TESTIGO sin Mn (0 ppm)
	20	TESTIGO con Mn en 0.2 ppm
	21	TESTIGO con Mn en 15 ppm
Nutrición con fósforo	1	TESTIGO
	22	TESTIGO sin P (0 ppm)
	23	TESTIGO con P en 20 ppm
	24	TESTIGO con P en 200 ppm
Nutrición con zinc	1	TESTIGO
	25	TESTIGO sin Zn (0 ppm)
	26	TESTIGO con Zn en 0.1 ppm
	27	TESTIGO con Zn en 15 ppm
Nutrición con azufre	1	TESTIGO
	28	TESTIGO sin S (0 ppm)
	29	TESTIGO con S en 100 ppm
	30	TESTIGO con S en 2000 ppm

3.6.3. Contrastes

En este trabajo se planteó la necesidad de conocer algunos comportamientos entre grupos de tratamientos. Por ejemplo; ¿Es significativa la diferencia entre el efecto del testigo y el de los tratamientos que se manejaron sin algún nutriente?, ¿Es significativa la diferencia entre los efectos de los tratamientos sin algún nutriente y los que lo presentan en exceso?. Estas y otras preguntas fueron planteadas y para obtener una respuesta se recurrió a la técnica de contrastes que, de acuerdo con Steel y Torrie (1986), son combinaciones lineales de efectos de la forma $\sum_j C_j T_j$ en donde:

$$\sum_{j=1}^t C_j = 0$$

La hipótesis que se prueba (H_0) es:

$$H_0: \sum_j C_j T_j = 0$$

Como estadístico de prueba se usó la F que se calcula para cada contraste del modo siguiente:

$$F_c = [(\sum_{j=1}^t C_j T_j)^2 / (r \sum_{j=1}^t C_j^2)] / CME$$

Donde:

F_c = F calculada del contraste

C_j = Coeficiente asociado al j-ésimo tratamiento

T_j = Total observado del j-ésimo tratamiento

CME = Cuadrado medio del error

r = Número de repeticiones

t = Número de tratamientos

En el Cuadro 1A se presenta la matriz de coeficientes de los contrastes establecidos en el Cuadro 8. En este último, también se presenta la descripción de cada contraste planteado. Además, se estimó el valor porcentual de las diferencias entre los valores medios para cada grupo de tratamientos contrastados.

Para ello, al promedio del primer grupo de tratamientos se les restó el promedio del segundo grupo de tratamientos, esta diferencia se manejó en porciento del valor del promedio del segundo grupo de tratamientos.

3.6.4. Correlaciones

Con el fin de medir el grado de asociación entre cada dos variables, se calculó el coeficiente de correlación para cada combinación de dos de las variables consideradas en el experimento, que de acuerdo con Sahagún (1994) se estima así:

$$\rho_{x,y} = S_{x,y} / (S_x S_y)$$

Dónde: $\rho_{x,y}$ = Coeficiente de correlación

$S_{x,y}$ = Covarianza entre X y Y

S_x = desviación estándar de X

S_y = desviación estándar de Y

Las correlaciones se midieron de dos formas; para los 30 tratamientos y dentro de cada grupo de estos.

Cuadro 8. Relación de contrastes establecidos y su descripción.

NO. CONTRASTE	DESCRIPCION
1 (T vs TT)	Testigo vs el resto de los tratamientos
2 (T vs T0)	Testigo vs todos los tratamientos con nivel cero de nutrientes
3 (T vs TB)	Testigo vs todos los tratamientos con nivel bajo de nutrientes
4 (T vs TE)	Testigo vs todos los tratamientos con exceso de nutrientes
5 (T0 vs TE)	Tratamientos con nivel cero de nutrientes vs tratamientos con exceso
6 (Ca vs Mg)	Tratamientos con calcio vs tratamientos con magnesio
7 (Ca vs Fe)	Tratamientos con calcio vs tratamientos con fierro
8 (Ca vs Mn)	Tratamientos con calcio vs tratamientos con manganeso
9 (Ca vs P)	Tratamientos con calcio vs tratamientos con fósforo
10 (Ca vs Zn)	Tratamientos con calcio vs tratamientos con zinc
11 (Ca vs S)	Tratamientos con calcio vs tratamientos con azufre
12 (Mg vs Fe)	Tratamientos con magnesio vs tratamientos con fierro
13 (Mg vs Mn)	Tratamientos con magnesio vs tratamientos con manganeso
14 (Mg vs P)	Tratamientos con magnesio vs tratamientos con fósforo
15 (Mg vs Zn)	Tratamientos con magnesio vs tratamientos con zinc
16 (Mg vs S)	Tratamientos con magnesio vs tratamientos con azufre
17 (Fe vs Mn)	Tratamientos con fierro vs tratamientos con manganeso
18 (Fe vs P)	Tratamientos con fierro vs tratamientos con fósforo
19 (Fe vs Zn)	Tratamientos con fierro vs tratamientos con zinc
20 (Fe vs S)	Tratamientos con fierro vs tratamientos con azufre
21 (Mn vs P)	Tratamientos con manganeso vs tratamientos con fósforo
22 (Mn vs Zn)	Tratamientos con manganeso vs tratamientos con zinc
23 (Mn vs S)	Tratamientos con manganeso vs tratamientos con azufre
24 (P vs Zn)	Tratamientos con fósforo vs tratamientos con zinc
25 (P vs S)	Tratamientos con fósforo vs tratamientos con azufre
26 (Zn vs S)	Tratamientos con zinc vs tratamientos con azufre
27 (T vs TN)	Testigo vs tratamientos con nutrientes
28 (P vs TN)	Tratamientos con fósforo vs tratamientos con micronutrientes
29 (So vs TN)	Tratamientos con suelo vs tratamientos con nutrientes

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis de Varianza

4.1.1. Análisis de varianza para todos los tratamientos

En el Cuadro 9 se presentan los valores de los cuadrados medios y su significancia según el análisis de varianza para los 30 tratamientos practicado a cada una de las variables evaluadas. Al mismo tiempo se presenta la significancia de los 29 contrastes definidos en el Cuadro 8, que fueron de interés en esta investigación. Como se puede observar en el Cuadro 9, existieron diferencias altamente significativas entre medias de tratamientos para todas las variables en estudio. También se detectó significancia estadística para algunos contrastes planteados, cuestión que será abordada en apartados posteriores.

4.1.2. Análisis de varianza dentro de grupos de tratamientos

En el Cuadro 7 se presenta la descripción de los nueve grupos de tratamientos formados para su análisis respectivo y en el Cuadro 10 los cuadrados medios y significancia en estos grupos de tratamientos para las variables consideradas. La misma información se presenta en los Cuadros 2A al 10A, pero de manera más extensa.

De los resultados expuestos en el Cuadro 10 se desprenden las siguientes

observaciones: a). Dentro del grupo de tratamientos constituidos por las diferentes variedades se detectaron diferencias significativas o altamente significativas en las variables evaluadas; las excepciones fueron el diámetro de tallo (D) y longitud de brotes (LBr). b). Los tratamientos que constituyen al grupo "sustratos" y al grupo "Nutrición con fósforo" muestran diferencias significativas o altamente significativas en todas las variables en estudio. c). Los grupos de tratamientos de "Nutrición con hierro y "Nutrición con manganeso", fueron los que mostraron significancia estadística sólo para dos variables; en el primer caso para la variable rendimiento total de fruto (Yt) y Peso por fruto (Pf) y en el segundo también para la variable rendimiento total de fruto (Yt) y altura de planta (A). d). En general se observa que en todos los grupos de tratamientos existe al menos una variable en que estos tratamientos son diferentes estadísticamente, siendo la variable Yt común para todos éstos.

4.2. Comparación de valores medios

4.2.1. Prueba de medias para todos los tratamientos

En el Cuadro 11 se presenta la comparación de los valores medios de cada tratamiento en cada una de las variables consideradas en el experimento. Pudiéndose observar de manera general lo siguiente: Para el rendimiento total de fruto (Yt) el máximo valor correspondió al tratamiento 1 (testigo) con 1494.7g/planta aunque según la prueba Tukey ($\alpha = 0.05$) fué estadísticamente igual a la media de

los tratamientos 2, 4, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 24 y 27. El menor valor correspondió al tratamiento 8 (con agua natural), seguido por el tratamiento 22 (sin fósforo) con 35.3 y 75.2 gramos por planta, respectivamente.

El mayor peso por fruto (PF) se obtuvo con el tratamiento 18 (con fierro en 25 ppm) aunque estadísticamente fué igual al de los tratamientos 1, 2, 6, 7, 9, 11, 14, 20, 21 y 27 que corresponden al testigo, a los tratamientos en suelo, a los que se manejaron con un nivel cercano a lo óptimo de nutrientes y sobre todo a los que contienen Mn y Zn.

En VF (volumen de fruto) se obtuvo prácticamente el mismo comportamiento que en PF, correspondiendo en ambos casos el menor a los tratamiento 8 y 22.

En cuanto al diámetro de tallo (D) la media más alta se obtuvo con el tratamiento 7 (en suelo Oacalco, Mor) siendo de 1.10 cm, sin embargo, estadísticamente fué igual a la mayoría de tratamientos, exceptuando a los tratamientos 8 y 22. Este tratamiento también produjo los valores más altos para las variables número de brotes (Br), longitud de brotes (LBr) y altura total de la planta (A). Los números de flores (F) y bolsas (Bo) más altos se produjeron con el tratamiento 3. Sin embargo, los tratamientos 6, 7 y 9, que corresponden a los tratamientos en suelo, produjeron medias de Bo que no difieren significativamente de la del tratamiento 3.

En general, los tratamientos 8 y 22 mostraron los menores valores en las variables evaluadas.

Como se puede observar, el T1 (testigo) produjo el mayor valor de Yt. Además, el T1 produjo medias para el resto de las variables que no fueron estadísticamente superadas por los otros tratamientos, con excepción de la variable número de bolsas (Bo). Estos resultados eran esperados considerando que el testigo fue el tratamiento que recibió el manejo más cercano a lo óptimo en cuanto a nutrientes y sustrato. No obstante, conviene aclarar que no se han reportado estudios sobre el uso de soluciones nutritivas con fines de producción en tomate de cáscara, lo cual significa que es posible que exista alguna otra combinación nutrientes que permita expresar aún un mayor potencial de producción de este cultivo.

Los tratamientos 8 (en agua natural) y 22 (sin fósforo) son los que en general registraron los menores valores en las variables evaluadas. En el Cuadro 13A se muestran los resultados del análisis de agua. En éste se observa que existen, de manera general, pequeñas cantidades de elementos nutrientes, lo que explica que una plántula al ser transplantada en agua "pura", pueda continuar su desarrollo, aunque a una escala muy baja. Así mismo, se sabe que el fósforo (P) es muy importante en las plantas ya que forma parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos y ATP; además, en los meristemos se requieren grandes cantidades de P para la síntesis de nucleoproteínas. Esto explica el escaso desarrollo y productividad de las plantas que no recibieron P como nutriente. El Cuadro 13A, que contiene el análisis de agua y tezontle (sustrato) muestra que prácticamente no existen niveles considerables de P, lo que refuerza esta explicación.

Cuadro 9. Análisis de varianza de nueve variables y significancia estadística de 29 contrastes (Cuadro 8).

FV	Yt	PF	VF	D	Br	LBr	F	Bo	A
Blo	16387.9**	105.5**	93.6**	0.016**	1.78**	109.7*	7.1**	4.92**	57.5**
Trat	628955.3	159.2*	307.9*	0.110	2.74	122.4	48.9	20.68	2029.4
1	913631.4**	151.1*	418.2**	0.058	1.00	76.6	2.5	0.48	124.9
2	1352267.4 **	176.7*	394.5**	0.120*	2.74	142.5*	27.7	8.37*	870.1*
3	308230.5**	51.1NS	188.8*	0.040	0.43	79.2	3.9	0.18	3.8
4	487588.7**	45.4NS	241.1**	0.045	0.67	68.4	2.7	0.66	24.1
5	918016.0**	171.8*	75.2	0.071	2.79	53.8	51.8*	17.27**	2418.2 **
6	1335830.0 **	10.4NS	0.4	0.000	0.84	22.8	12.7	3.37	198.3
7	650515.6**	0.0NS	65.0	0.026	0.01	4.6	16.5	8.28*	408.3
8	581570.6**	0.1NS	1.6	0.001	0.80	26.6	1.5	3.45	1162.0 **
9	55777.0	62.5NS	246.0**	0.150*	10.53**	266.6**	21.6	15.36**	693.3*
10	341353.1**	12.7NS	30.1	0.010	0.07	21.8	8.0	6.82*	435.5
11	36115.0	7.0NS	51.6	0.026	0.03	0.2	4.8	2.80	6.0
12	51545.8	9.6NS	76.3	0.020	0.63	6.8	0.2	1.08	37.7
13	33525.3	12.9NS	0.3	0.000	3.30*	98.8	5.4	0.00	400.1
14	665334.0**	151.5*	225.7*	0.166**	17.34**	445.4**	67.6**	33.13**	1633.5 **
15	22.5	48.2NS	11.0	0.006	0.42	0.0	0.5	0.80	45.3
16	592204.1**	34.5NS	42.4	0.020	1.21	27.5	1.8	0.02	135.3
17	1930.5	0.2NS	87.4	0.015	1.04	53.7	7.9	1.04	192.6
18	1087259.0 **	84.7NS	564.5**	0.303**	11.34**	342.0**	75.9**	46.20*	2166.0 **
19	49413.3	13.6NS	229.4*	0.003	0.02	6.3	1.5	0.07	0.3
20	993181.8**	7.7NS	232.5**	0.000	0.09	6.9	3.4	1.45	315.3
21	998935.3**	75.9NS	207.6*	0.183**	5.51**	124.6	34.8*	33.37**	3650.6 **
22	31809.9	10.2NS	33.6	0.003	1.35	96.8	2.5	0.57	176.0
23	907537.0**	5.2NS	34.8	0.015	0.51	22.0	0.9	0.03	1001.0 **
24	673098.7**	30.3NS	74.2	0.240**	12.32**	441.1**	56.1**	42.66**	2223.3 **
25	2128.1	41.3NS	72.4	0.303**	9.37**	251.5**	47.0*	31.26**	828.3*
26	599531.0**	0.8NS	0.0	0.003	0.20	26.4	0.4	0.88	337.5
27	699264.4**	69.5NS	291.7**	0.070	1.19	102.7	9.6	2.07	160.4
28	746707.5**	125.1NS	352.3**	0.377**	18.47**	514.6**	83.3**	56.26**	2967.7 **
29	4944.0	231.3*	565.3**	0.466**	3.79*	532.3**	366.6**	106.88 **	2812.5 **
E	20335.8	36.5	33.4	0.023	0.72	32.3	7.6	1.57	132.7
T	168555.3	68.1	353.9	0.044	1.24	56.2	17.7	6.31	593.0
CV	13.9	20.1	17.6	17.3	18.8	42.2	21.3	16.8	10.3

NOTA: * Significación con $\alpha = 0.05$ ** Significancia con $\alpha = 0.01$ E=Error T=Total CV=Coefficiente de variación

Cuadro 10. Cuadrado medio para cada grupo de tratamientos en las variables evaluadas.

V A R I A B L E

GRUPO	Yt	PF	VF	D	Br	LBr	F	Bo	A
Var. sin Mg	310237.3**	574.1**	702.5**	0.022	0.61*	96.7	44.95*	20.4**	1094.7 *0
Sustratos	1519314.2**	268.2*	894.2**	0.377**	6.93**	274.8**	145.2**	55.4**	6339.4 **
Nut. con Ca	848588.3**	39.4	84.9	0.043*	1.42	140.7*	20.65*	6.8*	370.9
Nut. con Mg	149438.8**	13.7	189.3*	0.020*	0.86	50.2	5.95	0.69	209.0
Nut. con Fe	162611.2*	59.8*	93.1	0.007	0.12	15.1	3.60	2.10	57.8
Nut. con Mn	259997.5*	51.8	77.0	0.027	0.57	49.0	5.18	0.49	448.3*
Nut. con P	1694704.6**	88.1*	227.8**	0.276**	6.47**	270.3**	55.2**	38.39**	4390.3 **
Nut. con Zn	186956.9**	53.3*	118.3*	0.016	0.11	10.3	2.77	0.14	230.9
Nut. con S	425338.6**	28.6	106.8	0.010	0.85	41.2	19.05*	2.73	622.3*

* Significancia con $\alpha = 0.05$

** Significancia con $\alpha = 0.01$

Nut= Nutrición

Var= Variedad

Yt=Rendimiento de fruto

PF=Peso de fruto

VF=Volumen de fruto

D=Diámetro de tallo

Br=Número de brotes

LBr=Longitud de brotes

F=Número de flores

Bo=Número de bolsas

A=Altura

4.2.2. Prueba de medias dentro del grupo de tratamientos

4.2.2.1. Variedades sin magnesio

Como se mencionó en el apartado 3.3, en las cuatro variedades no se aplicó Magnesio. En el Cuadro 12 se muestran los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), incluyendo la del testigo.

En las variables rendimiento total de fruto (Yt), peso por fruto (PF) y volumen por fruto (VF), el testigo produjo la media más alta, siendo estadísticamente igual al T2

Cuadro 11. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de 30 tratamientos (TR).

V A R I A B L E

TR	Yt (g/planta)	PF (g)	VF (ml)	D (cm)	Br	LBr(cm)	F	Bo	A (cm)
T1	1494.7 A	35.9 A	43.0 AB	1.00 A	5.0 A	17.7 AB	13.7ABCD	7.7CDE	116ABCDE
T2	1284.7 ABCD	33.3 A	33.8ABCD	0.97 A	4.3 AB	10.4ABC	14.1ABCD	7.9CDE	128 ABC
T3	733.9 FGHI	9.1 C	9.4 EF	0.93 A	5.0 A	21.9 AB	20.4 A	12.6 A	92. E
T4	1174.2 ABCD	16.5 BC	27.0 DE	1.05 A	5.2 A	14.9ABC	14.9ABCD	8.8DCD	133 ABC
T5	374.3 IJ	20.0ABC	30.6ABCD	0.80 A	5.2 A	15.5ABC	13.2ABCD	6.4CDE	140 AB
T6	1354.0 ABC	36.1 A	41.9 AB	1.07 A	4.8 A	15.4ABC	16.7ABC	9.8ABC	126ABCD
T7	1354.3 ABC	35.9 A	42.8 AB	1.10 A	5.7 A	24.8 A	19.9 AB	9.4ABCD	143 A
T8	35.3 J	16.6 BC	5.0 EF	0.30 C	2.0 B	0.0 C	2.7 F	0.9 F	33 F
T9	558.8 GHI	35.4 A	40.5 ABC	1.05 A	4.6 A	18.9 AB	17.4 ABC	11.4 AB	108BCDE
T10	1131.5 ABCD	29.7 AB	33.3ABCD	0.92 A	4.5 A	14.7ABC	11.9BCDE	6.7CDE	114ABCDE
T11	1244.5 ABCD	35.1 A	37.6 ABC	0.90 A	5.3 A	18.9 AB	13.8ABCD	8.0CDE	90BCDE
T12	420.5 HIJ	30.7 AB	34.1ABCD	0.75 AB	3.9 AB	5.8 BC	9.9 DEF	5.1 E	95 DE
T13	1082.3 BCDF	33.0 AB	36.1ABCD	0.85 A	4.4 A	10.5ABC	11.4BCDE	6.8CDE	106 CDE
T14	1315.0 ABCD	34.7 A	42.0 AB	0.90 A	5.6 A	18.1 AB	14.2ABCD	7.5CDE	108 CDE
T15	1109.0ABCDF	31.7 AB	28.0 BCD	0.85 A	4.9 A	16.7 AB	13.4ABCD	7.7CDE	122ABCDE
T16	1030.3 BCDF	28.3 AB	34.5ABCD	0.92 A	4.6 A	13.7ABC	12.1BCDE	6.9CDE	109BCDE
T17	1400.0 ABC	31.1 AB	37.4ABCD	0.95 A	4.7 A	14.9ABC	13.3ABCD	8.8DCD	118ABCDE
T18	1354.0 ABC	36.2 A	44.9 A	0.90 A	4.6 A	13.6ABC	14.3ABCD	7.8CDE	116ABCDE
T19	930.0 DFG	27.6 AB	32.7ABCD	0.80 AB	4.2 AB	12.4ABC	11.6BCDE	7.5CDE	106 CDE
T20	1390.0 ABC	33.7 A	35.4ABCD	0.92 A	4.1 AB	10.0ABC	13.2ABCD	7.6CDE	122ABCDE
T21	1410.6 AB	33.7 A	37.4ABCD	0.90 A	4.3 AB	10.7ABC	11.4BCDE	6.9CDE	132 ABC
T22	75.2 J	24.4ABC	25.0 CDE	0.40 BC	2.0 B	0.0 C	5.4 EF	1.2 F	51 F
T23	1019.0 CDF	29.9 AB	32.2ABCD	0.80 AB	3.6 AB	5.6 BC	10.8BCDE	6.1 DE	120ABCDE
T24	1413.1 AB	30.0 AB	30.6ABCD	0.90 A	4.2 AB	14.4ABC	12.8BCDE	7.7CDE	115ABCDE
T25	1064.1 BCDF	28.7 AB	31.8ABCD	0.85 A	4.6 A	14.2ABC	11.8NCDE	7.7CDE	110BCDE
T26	1075.0 BCDF	28.7 AB	31.2ABCD	0.90 A	4.8 A	14.6ABC	12.9ABCDE	7.9CDE	109BCDE
T27	1373.1 ABC	33.7 A	35.3ABCD	0.95 A	4.7 A	16.3 AB	13.4ABCD	7.4CDE	125ABCD
T28	798.2 FGH	30.2 AB	33.4ABCD	0.95 A	4.3 A	14.0ABC	11.9BCDE	6.8CDE	109BCDE
T29	941.8 DFG	31.6 AB	32.2ABCD	0.87 A	4.2 AB	9.3ABC	10.2CDEF	6.9CDE	121ABCDE
T30	823.7 FG	30.4 AB	32.6ABCD	0.95 A	5.1 A	15.6 AB	15.2ABCD	8.4BCDE	92 E
DMS	391.0	16.5	15.8	0.41	2.3	15.6	7.5	3.4	31.5

NOTA: Valores con la misma letra, son estadísticamente iguales.

(Var. rendidora sin magnesio) e igual al T13 (var. CHF-Chapingo sin magnesio) sólo en las últimas dos variables. Los menores valores en las variables mencionadas corresponden al T3 (Var. Milpero). No existieron diferencias significativas entre estos tratamientos en las variables diámetro de tallo (D), número de brotes (Br) y longitud de brotes (LBr). En las variables número de flores y bolsas el T3 (Var. Milpero sin magnesio) presentó el mayor valor.

El T4 (Var. Tamazula sin magnesio) se asoció con la mayor altura, difiriendo estadísticamente sólo de la producida por el T3 (Var. Milpero).

Considerando el rendimiento total de fruto (Yt), el testigo (T1) y el T2 (Var. Rendidora sin magnesio) no fueron diferentes significativamente, aunque el testigo superó en un 18.1% al T2. La superioridad del testigo en relación al T13 (Var. CHF₁-Chapingo sin magnesio), indica que la Var. CHF₁-Chapingo muestra mayor sensibilidad a la presencia de Mg comparado con la variedad original. En general, la respuesta diferencial de estas variedades se asocia, como ya se mencionó, a características propias de estos materiales. De hecho, algunos autores (Schütt, S/F; Ambler y Brown, 1969, citados por Olsen, 1983) indican que la capacidad de absorción, acumulación y expresión de síntomas por deficiencia o toxicidad de nutrientes, así como su efecto en la producción, varía incluso dentro de plantas de la misma especie. Por otro lado, en el Cuadro 13A se observa que de origen, el sustrato y agua utilizados en el experimento contenían determinada cantidad del elemento en cuestión (alrededor de 10 ppm). De acuerdo con Schwarz (1975),

citado por Sánchez y Escalante (1988), se requieren como mínimo 25 ppm de Mg para que un cultivo se desarrolle adecuadamente; ante esta situación y aunque en los tratamientos correspondientes las fuentes de fertilizante no contenían Mg, existió la posibilidad de desarrollo del cultivo, sin llegar a expresar un abatimiento pronunciado en la respuesta a las variables evaluadas.

4.2.2.2. Sustratos

En el Cuadro 13 se puede observar que en rendimiento total de fruto (Yt), el T1 (testigo) produjo el valor más alto, siendo estadísticamente igual al del T6 y T7 (en suelo San Juan y Oacalco, Mor. respectivamente). El menor valor correspondió al T8 (en agua natural).

Cuadro 12. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de nueve variables obtenidas sin aplicar Mg en las variedades: Rendidora (T2), Milpero (T3), Tamazula (T4) y CHF₁ - Chapingo (T13).

V A R I A B L E

TRAT.	Yt (g)	PF (g)	VF (ml)	D (cm)	Br	LBr (cm)	F	Bo	A (cm)
T1	1494.7 A	35.9 A	43.0 A	1.00 A	5.0 A	17.7 A	13.7 AB	7.7 B	116.8 AB
T2	1264.7 AB	33.3 A	33.8 A	0.97 A	4.3 A	10.4 A	14.1 AB	7.9 AB	128.6 A
T3	733.9 C	9.1 B	9.4 C	0.93 A	5.0 A	21.9 A	20.4 A	12.6 A	92.5 B
T4	1174.2 B	16.5 B	22.0 B	1.05 A	5.2 A	14.9 A	14.9 AB	5.8 B	133.2 A
T13	1082.3 B	33.0 A	36.1 A	0.85 A	4.4 A	10.5 A	11.4 B	6.8 B	106.7 AB
DMS	233.3	9.5	10.7	0.63	1.8	12.7	6.8	2.8	28.0

NOTA: Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. T1=Testigo TRAT. = Tratamiento Yt=Rendimiento de fruto
 PF=Peso de fruto VF=Volumen de fruto D=Diámetro de tallo Br=Número de brotes LBr=Longitud de brotes
 F=Número de flores Bo=Número de bolsas A=Altura

En cuanto al peso por fruto (PF) la prueba indica que los efectos de tratamientos son estadísticamente iguales. Sin embargo, el T8 muestra un valor marcadamente menor. Esta misma relación se mantiene para la variable Vf, aunque en ésta el T8 sí presentó un valor significativamente menor al resto de los tratamientos. Para las variables D, Br, LBr, F y A, el T7 (suelo Oacalco, Mor.) produjo los mayores valores, aunque en las variables D, LBr y A resultó ser estadísticamente igual al testigo. En todos los casos, el T8 presentó los menores valores para las variables evaluadas, por razón que ha sido abordada en párrafos anteriores.

Los suelos usados como sustrato en estos tratamientos fueron traídos de áreas o regiones diferentes. La intención fué que mediante el desarrollo del cultivo en cada uno de ellos, como sucede normalmente, se expresaría algún síntoma semejante a clorosis o amarillamientos foliares (en el apartado 4.5 se describen los síntomas visuales). En este sentido, el T6 y T7 no muestran diferencias significativas en el rendimiento total de fruto con el testigo, incluyendo otras variables. La respuesta no diferencial puede deberse a que en los suelos existen, de manera natural, ciertas cantidades de elementos nutritivos que favorecen el desarrollo de las plantas en general, más aún si éstos son fertilizados de forma artificial.

Algunos autores (Alcalde, 1982; Sánchezy Escalante, 1988) señalan que el manejo de suelo natural en contenedores o cualquier otro recipiente representa diversos problemas, como son: mayor compactación, cambios bruscos de humedad y temperatura y en general, una menor capacidad de amortiguamiento a los cambios

ambientales, situación que se traduce en un menor desarrollo de los cultivos, lo cual explica la ligera diferencia en producción de los tratamientos en suelo y el testigo. Conviene mencionar que el T9 (Suelo San Martín) presentó resultados poco sobresalientes, debido a que cuando la planta comenzó a fructificar se presentó un abatimiento del crecimiento; más tarde se comprobó que la causa principal de este problema era la presencia de nemátodos en el suelo.

En el T5 se usó como sustrato a la solución nutritiva. En teoría, un cultivo debería desarrollarse adecuadamente en un sistema de producción como éste; sin embargo, de acuerdo con Sánchez y Escalante (1988) resulta difícil mantener en general, el control de algunos factores sobre todo, los que se refieren al control del equilibrio nutrimental y al nivel de aireación. En este trabajo el control de la aireación cuando la planta había entrado en la etapa de fructificación ya no fue posible, debido a lo reducido del contenedor y a la falta de un sistema de suministro de aire por presión. Algunos autores (Wallace, 1961; Krizek, 1987) indican que dentro de los efectos principales de la deficiencia de O_2 , se produce un cambio en el metabolismo respiratorio de una vía aeróbica a una anaeróbica, lo que conduce a una fermentación. En este proceso se inhibe el transporte de electrones y la formación de ATP. Con esta condición, la planta empieza por presentar un decaimiento continuo en su proceso de desarrollo y producción.

4.2.2.3. Nutrición con calcio

Con respecto a las diferentes dosis de calcio, la prueba de medias (Tukey $\alpha = 0.05$) detectó diferencias significativas en el rendimiento total de fruto (Yt), diámetro de tallo (D), longitud de brote (LBr), número de flores (F) y bolsas (Bo) [Cuadro 14]. En Yt el testigo produjo el valor más alto, aunque estadísticamente fué igual al T11 (nivel bajo de Ca: 150 ppm). El menor valor fué para el T12. Para la variable D al testigo le correspondió el mayor valor, siendo estadísticamente igual a las medias de los tratamientos T10 y T11.

Cuadro 13. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de nueve variables obtenidas en los sustratos: tezontle (T1), Sol. nutritiva (T5), suelo S. Juan (T6), suelo Oacalco Mor. (T7), agua natural (T8) y suelo S. Martín (T9).

V A R I A B L E

TRAT.	Yt (g)	PF (g)	VF (ml))	D (cm)	Br	LBr (cm)	F	Bo	A (cm)
T1	1494.7 A	35.9 A	43.0 A	1.00 A	5.0 BC	17.7 AB	13.7 B	7.7 BC	118.8 AB
T5	374.3BC	25.0 A	30.6 A	0.80 B	5.2 AB	15.5 AB	13.2 B	6.4 C	140.0 AB
T6	1354.0 A	36.1 A	41.9 A	1.07 A	4.8 BC	15.6 B	16.7 AB	9.8 AB	126.2 AB
T7	1354.3 A	35.9 A	42.8 A	1.10 A	5.7 A	24.8 A	19.9 A	9.4 ABC	143.5 A
T8	35.3 C	16.6 A	5.0 B	0.30 C	2.0 D	0.0 C	2.7 C	0.9 D	35.5 C
T9	558.8 B	35.4 A	40.5 A	1.05 AB	4.8 C	18.9 AB	14.7 AB	11.4 A	108.7 B
DMS	350.2	20.0	16.1	0.27	0.66	9.39	5.6	3.2	34.3

NOTA: Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. T1=Testigo TRAT. = Tratamiento Yt=Rendimiento de fruto

PF=Peso de fruto VF=Volumen de fruto D=Diámetro de tallo Br=Número de brotes LBr=Longitud de brotes

F=Número de flores Bo=Número de bolsas A=Altura

En las variables LBr, F y Bo el tratamiento 11 produjo los valores más altos, aunque estadísticamente iguales a los de los tratamientos 1 y 10.

En general, con el tratamiento 12 (con Ca en exceso: 1000 ppm) se obtuvieron los menores valores en las variables evaluadas.

Al parecer, el cultivo muestra una respuesta positiva en rendimiento total de fruto conforme se incrementa el nivel de Ca, hasta cierto límite: El testigo superó al T10 (sin calcio), T11 (150 ppm de calcio) y al T12 (1000 ppm de calcio) en un 32, 20 y 255%, respectivamente.

En el Cuadro 13A se observa que en el agua y el sustrato utilizado de forma natural, existían 30 ppm de Ca. Así mismo, se observa que el contenido de calcio en los tejidos fué de 0.38%, cuando éste no fue aplicado. Benton et al., (1991) indican que los contenidos normales de calcio en los tejidos (hojas) de las plantas, fluctúa entre 0.2 y 3.0%. Esto sugiere que a pesar de que no se aplicó calcio en los fertilizantes, el que existía de manera natural fue suficiente para que se desarrollara el cultivo, aunque con un nivel de producción más bajo respecto al testigo. Sin aplicación de calcio, sin embargo, fué posible la expresión de los síntomas típicos de su deficiencia, cuestión que es abordada en el apartado 4.5.

Entre otras funciones, el Ca permite el desarrollo y germinación del polen, actúa como un activador de enzimas para la mitosis y elongación celular, síntesis de proteínas y transferencia de carbohidratos (Devlin, 1980), de ahí que cuando su nivel es reducido, baja la producción.

Por otro lado, si el nivel de calcio fuera alto podrían disminuir el Fe, Mg, Mn, K, B y Zn (Sánchez y Escalante, 1988). Benton et al., (1991) indican también que con exceso de Ca se pueden precipitar grandes cantidades de P. Considerando las funciones del P (las cuales ya han sido descritas) y que bajo condiciones de exceso de calcio se hace limitante, puede ser que el decaimiento en la producción con Ca en exceso se deba en gran parte a la falta de P; además, la sintomatología general que presentaron las plantas con este tratamiento, guardó mucha relación con la producida cuando el P fue deficiente.

En el Cuadro 13A se muestra que, efectivamente, en los tejidos existe un nivel de Ca por arriba del rango necesario para un buen desarrollo del cultivo (3.6%). Ahí mismo se observa que el P es menor de lo necesario (0.1%) y que conforme el Ca disminuye, se incrementa la concentración de P.

4.2.2.4. Nutrición con magnesio

En el Cuadro 15 se puede observar que en rendimiento total de fruto (Yt) y diámetro de tallo (D), el testigo produjo la media más alta, aunque estadísticamente iguales a las del tratamiento 14 (nivel bajo de Mg: 20 ppm). Respecto a volumen de fruto (VF), al testigo también le correspondió la media superior que fue estadísticamente igual a las de los tratamientos 13 y 14. En las variables restantes no hubo diferencias significativas. En general, las medias inferiores correspondieron al tratamiento 13 (sin Mg).

Cuadro 14. Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0 (T10), 150(T11), 300(T1) y 1000 ppm(T12) de calcio.

V A R I A B L E

TRAT.	Yt (g)	PF (g)	VF (ml)	D (cm)	Br	LBr (cm)	F	Bo	A (cm)
T1	1494.7 A	35.9 A	43.0 A	1.00 A	5.0 A	17.7 A	13.7 A	7.7 A	116.8 A
T10	1131.5 B	29.7 A	33.3 A	0.92 A	4.5 A	14.7 A	11.9 A	6.7 AB	114.0 A
T11	1244.5AB	35.1 A	39.6 A	0.90 A	5.3 A	18.9 A	13.8 A	8.0 A	110.5 A
T12	420.5 C	30.7 A	34.1 A	0.75 B	3.9 A	5.8 B	8.9 B	5.1 B	95.2 A
DMS	316.1	12.0	11.8	0.14	1.7	12.6	4.8	2.17	26.7

NOTA: Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. T1=Testigo TRAT. = Tratamiento Yt=Rendimiento de fruto

PF=Peso de fruto VF=Volumen de fruto D=Diámetro de tallo Br=Número de brotes LBr=Longitud de brotes

F=Número de flores Bo=Número de bolsas A=Altura

Aunque en seis de nueve variables evaluadas no hubo diferencias significativas, es notable que el testigo superó en 38.1% al T13 (sin magnesio), en 13.6% al T14 (Mg en 20 ppm) y 34.7% al T15 (Mg en 200 ppm) en rendimiento total de fruto (Yt). A pesar de que cuando no se aplicó magnesio en el sustrato y el agua, ya existían cerca de 10 ppm de este elemento, aún así las diferencias en producción con respecto al testigo son considerables, lo que hace suponer que la respuesta de la planta a la aplicación de este nutriente es muy marcada. Bidwell (1979) señala que el Mg es un activador de varias reacciones de transferencia de fosfatos de enzimas implicadas en la síntesis de ácido nucleico y de transferencia de dióxido de carbono, por lo tanto, es decisivo en la actividad reproductiva y de

síntesis de compuestos orgánicos.

Schwarz (1975) citado por Sánchez y Escalante (1988) señala que como máximo son necesarias 150 ppm de Mg para el crecimiento de las plantas. En este trabajo el cultivo se desarrolló en un tratamiento con nivel máximo de Mg de 210 ppm sin llegar a presentar algún síntoma por toxicidad, lo cual coincide en la descripción que hacen Benton et al., (1991) en plantas con exceso de Mg. Sin embargo, Sánchez (1988) complementa diciendo que con exceso de Mg se reduce la floración, lo cual hasta cierto punto es consistente con la información del Cuadro 15. Así mismo, Benton et al., (1991) indican que puede reducirse el nivel de Ca y K. Estas cuestiones

Cuadro 15. Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0(T13), 20(T14), 60(T1) Y 200 ppm(T15) de magnesio.

V A R I A B L E

TRAT.	Yt (g)	PF (g)	VF (ml)	D(cm)	Br	LBr (cm)	F	Bo	A (cm)
T1	1494.7 A	35.9 A	43.0 A	1.00 A	5.0 A	17.7 A	13.7 A	7.7 A	116.8 A
T13	1082.3 B	33.0 A	36.1 AB	0.85 B	4.4 A	10.5 A	11.4 A	6.8 A	106.7 A
T14	1315.0AB	34.7 A	42.0 A	0.90 AB	5.8 A	18.1 A	14.2 A	7.5 A	108.2 A
T15	1109.0 B	31.7 A	28.0 B	0.85 B	4.9 A	16.7 A	13.4 A	7.7 A	122.0 A
DMS	240.7	13.0	12.5	0.14	2.4	13.3	6.6	2.9	25.7

NOTA: Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. T1=Testigo TRAT. = Tratamiento Yt=Rendimiento de fruto

PF=Peso de fruto VF=Volumen de fruto D=Diámetro de tallo Br=Número de brotes LBr=Longitud de brotes

F=Número de flores Bo=Número de bolsas A=Altura

pueden ayudar a explicar la causa del menor rendimiento, respecto al testigo, obtenido cuando se aplicaron 210 ppm de Mg en el cultivo.

4.2.2.5. Nutrición con fierro

De acuerdo con los resultados en el Cuadro 16, en rendimiento total de fruto (Yt) la media más alta fue producida por el testigo, siendo significativamente igual a las medias de los tratamientos 17 (nivel bajo de fierro: 0.5 ppm) y 18 (exceso de fierro, en 25 ppm). El menor valor correspondió al tratamiento 16 (sin fierro).

En las ocho variables restantes no se encontraron diferencias significativas, aunque en general, la media más baja correspondió al tratamiento 16 (sin fierro). Loué (1988) indica que el papel fisiológico del Fe es muy amplio. Sus principales funciones se relacionan con la respiración, síntesis de clorofila, fotosíntesis y fijación del nitrógeno atmosférico. En este sentido, considerando que en el medio donde se desarrolló el cultivo no existió prácticamente concentración alguna de Fe, las deficiencias en productividad y sintomatología general visual fueron contundentes; el testigo produjo un 45% más que el T16 (sin fierro) y este último desarrolló clorosis aunque, en otros aspectos del desarrollo fué muy comparable con el testigo (Fig. 6).

Por otro lado, algunos autores (Renther y Smith, citados por Murphy, 1983; Loué, 1988) han señalado que la rápida conversión de Fe a compuestos insolubles no

disponibles para las plantas, hace que existan pocas probabilidades de toxicidad por fierro, lo cual explica el buen desarrollo de las plantas que recibieron una solución con 25 ppm de Fe, a pesar de que Douglas (1976), citado por Sánchez y Escalante (1988) indica que el nivel óptimo de fierro para un buen crecimiento fluctúa entre 2.5 ppm y 10 ppm. Sin embargo, aunque no significativamente, el testigo superó en 10.4% al T18 (fierro en 25 ppm) en producción total de frutos.

4.2.2.6. Nutrición con manganeso

En el Cuadro 17 el rendimiento total de fruto (Yt) más alto correspondió al testigo, que, sin embargo, fue estadísticamente igual al de los tratamientos 20 y 21 (nivel Mn en 0.2 ppm y en 15 ppm). El más bajo fué para el tratamiento 19 (sin manganeso). En términos de altura de planta (A) la mayor se obtuvo con el

Cuadro 16. Comparacion de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0(T16), 0.5(T17), 2.0(T1) Y 25.0 ppm(T18) de fierro.

V A R I A B L E

TRAT.	Yt (g)	PF (g)	VF (ml)	D (cm)	Br	LBr (cm)	F	Bo	A (cm)
T1	1494.7 A	35.9 A	43.0 A	1.00 1	5.0 A	17.7 A	13.7 A	7.7 A	116.8 A
T16	1030.3 B	28.3 A	34.5 A	0.92 A	4.6 A	13.7 A	12.1 A	6.9 A	109.7 A
T17	1400.1AB	31.1 A	37.4 A	0.95 A	4.7 A	14.9 A	13.3 A	8.6 A	118.5 A
T18	1354.0AB	36.2 A	44.9 A	0.90 A	4.6 A	13.6 A	14.3 A	7.8 A	116.5 A
DMS	427.3	8.1	16.0	0.28	1.9	11.7	5.5	1.9	29.7

NOTA: Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. T1=Testigo TRAT. = Tratamiento Yt=Rendimiento de fruto

PF=Peso de fruto VF=Volumen de fruto D=Diámetro de tallo Br=Número de brotes LBr=Longitud de brotes

F=Número de flores Bo=Número de bolsas A=Altura

tratamiento 21 (Mn en 15 ppm) siendo estadísticamente igual a las del testigo y del tratamiento 20 (Mn en 0.2 ppm). Para las variables restantes no existieron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, observándose que en general, el testigo produjo los valores más altos y los menores correspondieron al tratamiento 19 (sin manganeso). Douglas (1976), citado por Sánchez y Escalante (1988) menciona que el intervalo dentro del cual se desarrolla adecuadamente un cultivo es de 0.5 a 10 ppm de Mn. En este trabajo, en el testigo hubo 0.5 ppm de Mn que con relación al T19 (sin manganeso) produjo un 60.7% adicional en rendimiento, lo cual sugiere el grado de importancia de este elemento en el cultivo.

De hecho el Mn tiene importantes funciones en la planta. Funciona como activador de diferentes enzimas. Por ejemplo, contribuye específicamente en la oxidación del ácido indol-acético (AIA) activando las AIA-oxidasas, de ahí que si falta Mn, el crecimiento puede verse afectado. Esto es consistente con lo que se observa en el T19, que produjo la menor altura, a pesar de que no existen diferencias significativas entre estos tratamientos. El Mn participa también en la reducción de nitratos, síntesis de aminoácidos, proteínas y clorofila y desde luego en la fotosíntesis.

La deficiencia de Mn en plantas es más claramente identificada en el fotosistema II de la fotosíntesis. La evidencia es que la reacción de Hill es específicamente inactivada por deficiencia de Mn, al mismo tiempo que el contenido de Mn en los cloroplastos es disminuído en forma dramática [Anderson y Pyliotis (1969), citados

por Price et al., 1983; y Loué (1988)]. Con base en estos criterios, el abatimiento en la producción y la expresión de ciertos síntomas (los cuales se describen más adelante) se pueden explicar en términos de una deficiencia de Mn (Fig. 7).

El testigo superó en 10.4% al T18 (15 ppm de Mn) en la producción total de frutos, lo cual no fue estadísticamente significativo. Sin embargo, en las variables restantes la respuesta fué muy similar a la del testigo; es decir, en estas variables no fueron observados problemas por toxicidad. En general, raras veces se han observado síntomas por exceso de Mn, debido a que éste desaparece rápidamente de las soluciones (Sánchez y Escalante, 1988).

Murphy (1983) y Loué (1988) señalan que la toxicidad en Mn sólo se ha observado en suelos fuertemente ácidos o inundados. Normalmente, concentraciones tóxicas de Mn no se encuentran cuando el pH es mayor de 6.5, a menos que en el suelo de manera natural existan grandes cantidades de éste. Al respecto, White (1970) ha referido que los síntomas de toxicidad se pueden producir con niveles de Mn del orden de 1000 ppm en judías, 500 ppm en chícharos y 200 ppm en cebada, lo que sugiere que se pueden también presentar síntomas de toxicidad en tomate de cáscara, cuando se presenten altas concentraciones de este elemento.

Por otro lado, Benton et al., (1991) indican que el rango aceptable de Mn en los tejidos fluctúa entre 50 y 100 ppm. En el Cuadro 13A se observa que en lo referente al análisis de tejido con exceso de Mn, la concentración se ubica dentro de lo óptimo; sin embargo, es notorio el incremento en la concentración de Zn.

Olsen (1983) y Benton et al. (1991) mencionan que el incremento del nivel de Zn disminuye el nivel de Fe. Una situación similar ocurre con exceso de Mn y Mo. Adriano et al. (1977) y Murphy (1983) añaden que con exceso de Zn además del Fe, se ve disminuído el nivel de P.

Los criterios anteriores sugieren que cuando se incrementa el nivel de Mn en la solución, se favorece la absorción y acumulación en los tejidos de grandes cantidades de Zn, que a la vez disminuyen los niveles de P y Fe. Esto podría explicar, en parte, la reducción en la productividad de la planta por falta de P y Fe como una consecuencia indirecta del exceso de Mn.

Cuadro 17. Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0(T19), 0.2(T20), 0.5(T1) y 15.0 ppm(T21) de manganeso.

V A R I A B L E

TRAT.	Yf (g)	PF (g)	VF (ml)	D (cm)	Br	LBr (cm)	F	Bo	A (cm)
T1	1494.7 A	35.9 A	43.0 A	1.00 A	5.0 A	17.7 A	13.7 A	2.7 A	116.8AB
T19	930.0 B	27.8 A	32.7 A	0.80 A	4.2 A	12.4 A	11.6 A	7.5 A	106.7 B
T20	1390.0 A	33.7 A	35.4 A	0.92 A	4.1 A	10.0 A	13.2 A	7.6 A	122.7AB
T21	1401.6 A	33.7 A	37.4 A	0.90 A	4.3 A	10.7 A	11.4 A	6.9 A	132.0 A
DMS	406.9	14.2	11.0	0.22	1.9	12.3	6.4	2.0	23.1

NOTA: Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. T1=Testigo TRAT. = Tratamiento Yf=Rendimiento de fruto

PF=Peso de fruto VF=Volumen de fruto D=Diámetro de tallo Br=Número de brotes LBr=Longitud de brotes

F=Número de flores Bo=Número de bolsas A=Altura

4.2.2.7. Nutrición con fósforo

En este grupo de tratamientos al testigo le correspondió el mayor valor medio en todas las variables evaluadas, mientras que el menor le correspondió al T22 (sin

fósforo)[Cuadro 18]. En cuanto al rendimiento total de fruto (Yt) el testigo, aunque con una superioridad numérica de 5.7%, fué estadísticamente igual al T24 (fósforo en 200 ppm). Sin embargo, el rendimiento del testigo resultó ser diferente significativamente del de los tratamientos T23 (fósforo en 20 ppm) y T22 (sin fósforo) con un 455.6 y 1890.2%, respectivamente. Es decir, el cultivo responde marcadamente a la aplicación de fósforo, lo cual resulta lógico se se considera que el P es un macroelemento.

Con respecto a peso y volumen de fruto (PF y VF, respectivamente), el testigo produjo una media estadísticamente igual a la del T23 y T24 en la variable PF, mientras que el T22, T23 y T24 fueron estadísticamente iguales en ambas variables (Cuadro 18).

El fósforo se encuentra en las plantas formando parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, coenzimas y ATP (Devlin, 1980; Benton et al., 1991). En los tejidos meristemáticos de la planta se encuentran fuertes concentraciones de P, que intervienen allí en la síntesis de nucleoproteínas. Es decir, al faltar el P el desarrollo se ve prácticamente frenado. Estas son las características que en general presentan las plantas y que se ven reflejadas en el bajo rendimiento de fruto a partir de una escasa floración y crecimiento en general (Fig. 9).

Por otro lado, se ha sugerido que el P mejora la absorción del Mo el cual es esencial para la asimilación normal del N en plantas (Price et al., 1983). De aquí que al faltar el P, muchos de los síntomas observados podrían deberse a una

escasez de nitrógeno en la planta.

Douglas (1976), citado por Sánchez y Escalante (1988), señala que para el desarrollo de una planta las concentraciones de P mínima, óptima y máxima son 50, 80 y 100 ppm. En el presente trabajo se aplicaron 200 ppm de P sin observarse síntomas marcados de toxicidad. En general, estos resultados son consistentes con los expuestos por Sánchez y Escalante (1988) y Benton et al.(1991) quiénes además indican que el exceso de P puede provocar la precipitación y posterior deficiencia de Fe y otros elementos menores como Mn, Cu y Zn. En jitomates y espinacas la fertilización con P ha reducido el contenido de Mg, lo cual puede explicar las pequeñas bajas en la producción y la aparición de ligeras manchas cloróticas en tomate que se describen más adelante.

Cuadro 18. Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0(T22), 20(T23), 60(T1) Y 200 ppm(T24) de fósforo.

V A R I A B L E

TRAT.	Yt (g)	PF (g)	VF (ml)	D(cm)	Br	LBr (cm)	F	Bo	A (cm)
T1	1491.7 A	35.9 A	43.0 A	1.00 A	5.0 A	17.7 A	13.7 A	7.7 A	116.8 A
T22	75.1 C	24.4 B	25.0 B	0.40 B	2.0 B	0.0 C	5.4 B	1.2 B	51.5 B
T23	269.0 B	29.9AB	32.2 AB	0.80 A	3.6 A	5.1 B	10.6 A	6.1 A	120.5 A
T24	1413.1 A	30.0AB	30.6 B	0.90 A	4.2 A	14.1 AB	12.8 A	7.7 A	115.5 A
DMS	339.2	9.3	12.1	0.22	1.4	10.1	4.5	2.8	27.7

NOTA: Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. T1=Testigo TPAT. = Tratamiento Yt=Rendimiento de fruto

PF=Peso de fruto VF=Volumen de fruto D=Diámetro de tallo Br=Número de brotes LBr=Longitud de brotes

F=Número de flores Bo=Número de bolsas A=Altura

4.2.2.8. Nutrición con zinc

En el Cuadro 19 se observa que con excepción de rendimiento total Yt y volumen de fruto (VF), no existieron diferencias significativas entre los valores medios de cada tratamiento, y que, salvo en número de bolsas (Bo) el testigo produjo la media más alta. En Yt y VF el testigo produjo una media estadísticamente igual a la del tratamiento 27 (exceso de zinc: 15 ppm) y el menor valor en la variable Yt fué para el tratamiento 25 (sin zinc).

En Yt el testigo superó en un 40.4% al T25 (sin zinc) y en un 39.0% al T26 (zinc en 0.1 ppm). Como el testigo tuvo 0.25 ppm de zinc, esta información indica que el Zn es muy importante en la producción y que pequeñas variaciones en su concentración repercuten grandemente en el rendimiento. De hecho, existen evidencias que durante la deficiencia de Zn, hay una disminución del ARN y del contenido de ribosomas de las células (Price, et al., 1983; Loué, 1988). Murphy (1983) añade que la deficiencia de Zn altera el metabolismo de la auxina (entrenudos más cortos) e inhibe la síntesis del ARN, perjudicando así el desarrollo normal de los cloroplastos.

En las plantas deficientes en zinc se ha observado una actividad creciente de la ribonucleasa y una acumulación de nitratos, lo que indica que este elemento está también implicado en la reducción de los nitratos y en la síntesis de aminoácidos. Es decir, la producción se ve afectada por reducción en la fotosíntesis y demás procesos involucrados.

Douglas (1976), citado por Sánchez y Escalante (1988), señala que es necesario un

rango de 0.5 a 1.0 ppm de Zn para un buen desarrollo del cultivo. En este trabajo se aplicaron 15 ppm sin observarse síntomas de toxicidad, aunque el testigo superó en un 8.8% a este tratamiento en producción total de frutos. Estos resultados coinciden con los reportados por Murphy (1983) y Loué (1988), quienes mencionan que en condiciones agrícolas difícilmente se presentan toxicidades de Zn, aún existiendo hasta 400 ppm en los tejidos de las plantas.

Al parecer sólo se producen desequilibrios en la nutrición donde los niveles de P y Fe se ven disminuídos cuando es aplicado demasiado Zn, lo que puede explicar en parte la reducción que se observó en la producción.

Cuadro 19. Comparación de medias Tukey, $\alpha=0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0(T25), 0.1(T26), 0.25(T1) Y 15.0 ppm(T27) de zinc.

V A R I A B L E

TRAT.	Yf (g)	PF (g)	VF (ml)	D (cm)	Br	LBr (cm)	F	Bo	A (cm)
T1	1494.7 A	39.9 A	43.0 A	1.00 A	5.0 A	17.7 A	13.7 A	7.7 A	116.8 A
T25	1064.0 B	28.7 A	31.8 B	0.85 A	4.80 A	14.2 A	11.8 A	7.7 A	110.0 A
T26	1075 B	28.7 A	31.2 B	0.90 A	4.8 A	14.6 A	12.9 A	7.9 A	109.5 A
T27	1373.1 A	33.7 A	35.3 AB	0.95 A	4.7 A	16.3 A	13.4 A	7.4 A	125.7 A
DMS	270.4	7.4	9.2	0.20	1.8	11.6	5.5	5.0	25.0

NOTA: Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. T1=Testigo TRAT. = Tratamiento Yf=Rendimiento de fruto
 PF=Peso de fruto VF=Volumen de fruto D=Diámetro de tallo Br=Número de brotes LBr=Longitud de brotes
 F=Número de flores Bo=Número de bolsas A=Altura

4.2.2.9. Nutrición con azufre

En el Cuadro 20 se observa que sólo existen diferencias significativas en

rendimiento total (Yt) y en altura de planta (A).

Al testigo (T1) le correspondió ser el tratamiento más rendidor, difiriendo significativamente del rendimiento del resto de tratamientos, los cuales no fueron significativamente diferentes entre sí.

En altura de planta (A) los tratamientos T29, T28 y T1 fueron estadísticamente iguales, presentando el mayor valor el T29 (azufre en 100 ppm). En esta variable el menor valor fué para el T30 (azufre en 2000 ppm).

En cuanto a Yt, el testigo superó en 87.2% al T28 (sin azufre) y en 58.7% al T29 (azufre en 100 ppm). Schwarz (1975), citado por Sánchez y Escalante (1988), señala que se requiere 150 ppm de S como mínimo, un óptimo de 200 y máximo de 1000 ppm para un buen desarrollo de la planta. El testigo fue de 260 ppm de S, lo que significa que a falta de este elemento por abajo de lo óptimo, el rendimiento se ve seriamente afectado.

Al azufre se le considera un elemento no móvil que favorece un buen crecimiento radical, un mayor suministro de clorofila y un aumento en la nodulación, sobre todo en leguminosas. Una deficiencia de S baja la tasa de reducción del nitrato e inhibe la oxidación de azúcares dentro de la planta (Sánchez y Escalante, 1988). Es decir, los disturbios metabólicos que siguen a la deficiencia de S pueden ser muy intensos, principalmente porque la planta está imposibilitada para producir proteínas como resultado de una disminución de aminoácidos que contienen azufre. Cuando se aplicaron 2000 ppm (T30), en el cultivo se expresaron marcados

efectos tanto cuantitativos como cualitativos. En términos cuantitativos el testigo superó por 81.4% a este tratamiento en producción de fruto.

Algunos autores (Sánchez y Escalante, 1988; Benton et al., 1991) han señalado que la toxicidad de S es muy rara, dado que sólo se presenta a muy altas concentraciones, refiriendo como síntoma principal una senescencia de hojas, que no coincide con los resultados del presente trabajo, pues los efectos fueron muy marcados en la expresión de síntomas visuales (en el apartado 4.5. se hace una descripción completa del tratamiento, véase Fig. 12).

Olsen (1983) indica que la captación del Mo es reducida por el S y esto se explica por una competencia directa entre dos aniones divalentes del mismo tamaño. Así mismo, Benton et al., (1991) agregan que el S actúa sinérgicamente con el N y P, pero que presenta una relación antagónica con el As, B, Pb, Se y Fe. Esto significa que al faltar estos micronutrientes, se disminuye el rendimiento. La expresión de cierta clorosis asociada con 2000 ppm de S (T30), puede ser explicada también por una falta de Fe, debido al antagonismo de éste con el S (Fig 12).

4.3. Contrastes

Como ya se mencionó, se realizó una serie de contrastes que tienen relación con los objetivos del trabajo (Cuadro 8). En el Cuadro 9 se presentan sus cuadrados

medios y su significancia, y en el Cuadro 21 se muestran los valores en porcentaje para cada contraste en las variables evaluadas. Este valor hace referencia a la

Cuadro 20. Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) de nueve variables obtenidas aplicando: 0(T28), 100 (T29), 250(T1) y 2000 ppm(T30) de azufre.

VARIABLE

TRAT.	Yt (g)	PF (g)	VF (ml)	D (cm)	Br	LBr (cm)	F	Bo	A (cm)
T1	1491.7 A	35.9 A	43.0 A	1.00 A	5.0 A	17.7 A	13.7 A	7.7 A	116.8 AB
T28	798.2 B	30.2 A	33.4 A	0.95 A	4.3 A	14.0 A	11.9 A	6.6 A	109.0 AB
T29	941.6 B	31.6 A	32.2 A	0.87 A	5.0 A	9.3 A	10.2 A	6.9 A	121.0 A
T30	823.7 B	30.4 A	32.6 A	0.95 A	4.2 A	15.6 A	15.2 A	8.4 A	92.7 B
DMS	301.2	12.0	13.0	0.24	2.4	14.6	4.7	2.4	24.2

NOTA: Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. T1=Testigo TRAT. = Tratamiento Yt=Rendimiento de fruto
 PF=Peso de fruto VF=Volumen de fruto D=Diámetro de tallo Br=Número de brotes LBr=Longitud de brotes
 F=Número de flores Bo=Número de bolsas A=Altura

magnitud de la diferencia, cuando se comparan las medias de dos grupos de tratamientos (sea un grupo A y un grupo B en % de B).

En rendimiento total de fruto (Yt), existen marcadas diferencias en los contrastes. Cuando el T1 (testigo) fue comparado con otros grupos de tratamientos [contrastes: testigo contra el resto de tratamientos (T vs TT), testigo contra todos los tratamientos con nivel cero del nutriente (T vs T0), testigo contra todos los

tratamientos con nivel bajo del nutriente (T vs TB), testigo contra todos los tratamientos con exceso del nutriente (T vs TE) y testigo contra los tratamientos que recibieron nutrientes (T vs TN)], se observa que las diferencias entre los valores medios, en cada caso, son siempre positivas y altamente significativas (Cuadro 21). Sobresale en este caso el contraste T vs T0 en donde se observa que el testigo produjo un 71.2% más que el promedio de los tratamientos con nivel cero del nutriente. En este mismo sentido, el contraste T vs TT, expresa que el testigo produjo 48.1% por arriba del promedio de los restantes tratamientos.

De los tratamientos agrupados por tipo de nutriente, sobresalen los de valores porcentuales más altos y con diferencias altamente significativas, que corresponden a los contrastes Fe vs P, Mn vs P, Fe vs S y Mn vs S con 50.9, 48.7, 47.6 y 45.5%, respectivamente.

También, dentro de este grupo de tratamientos sobresalen los contrastes en que las diferencias no son significativas. Estos contrastes son: Mg vs Zn, P vs S, Mn vs Zn y Mg vs Mn con valores porcentuales de -0.1, -2.2, 6.2 y -6.0, respectivamente.

El contraste tratamientos con nivel cero contra los tratamientos con exceso de nutrientes (T0 vs TE), permite observar que en general los tratamientos sin algún nutriente, en promedio produjeron 21.2% más que los que tienen exceso del mismo nutriente; es decir, los elementos en exceso afectaron más la producción que su

deficiencia, aunque hay que considerar que la deficiencia sólo implica no aplicación directa del nutriente, y de ninguna manera ausencia absoluta, ya que el sustrato y el agua contenían cierta concentración de origen (Cuadro 17A).

En la variable peso por fruto (PF) sólo en cinco contrastes se observan diferencias estadísticas significativas. Estos contrastes son: T vs TT, T vs T0, Ca vs Mg, Mg vs Mn y So vs TN con 24.0, 24.6, 12.1, 4.6 y 15.1%, respectivamente. En esta variable, el menor valor del contraste fué de -0.1 en la comparación Ca vs Fe.

Entre los contrastes donde existe mayor número de variables con diferencias estadísticamente significativas están los siguientes: En T vs T0 con excepción de número de brotes (Br) y flores (F), el contraste Mg vs P con excepción de la variable PF sucediendo lo mismo en el contraste Fe vs P.

En el contraste P vs Zn las variables PF y VF no fueron significativas, en tanto que el contraste P vs TN sólo lo fue la variable PF y en el contraste So vs TN el rendimiento total de fruto (Yt) resultó ser estadísticamente significativo.

4.4. Correlaciones

En el análisis de correlación (Cuadro 12A), se observa que con excepción de las correlaciones entre PF y LBr, PF y F, todas fueron significativas o altamente significativas.

Las correlaciones entre número de flores (F) y número de bolsas (Bo), número de brotes (Br) y longitud de brotes (LBr) así como de peso de fruto (PF) y volumen de fruto (VF), fueron positivas y alcanzaron los valores más altos, lo cual parece coherente, ya que todas estas variables son componentes importantes del rendimiento. Un comportamiento similar al previamente descrito se observa en el Cuadro 22 que muestra el análisis de correlación dentro de grupos de tratamientos, donde además la variable Yt correlaciona positiva y en forma altamente significativa con la variable VF.

En todas las variables en los grupos de tratamientos "sustrato" y "nutrición con fósforo" se encontró una correlación positiva y significativa. Dentro del grupo "nutrición con fósforo" se obtuvieron los mayores valores de correlación entre los pares (Yt, D) y (PF, VF) con valores de 0.94 y 0.91, respectivamente. Sin embargo, la correlación más alta dentro del total de grupos de tratamientos corresponde a las variables PF y VF con un valor positivo de 0.95. Por otra parte, el valor más grande pero negativo correspondió a los pares (PF, Bo) y (VF, Bo) con valores de -0.74 y 0.72 respectivamente, todos ubicados dentro del grupo de tratamientos "variedades sin magnesio".

Los pares de variables que presentaron la mayor correlación positiva son (F y Bo), (B y LBr), (PF y VF) y (Yt y VF). Así mismo, se observa que el valor de la correlación entre las variables de los grupos de tratamientos depende marcadamente de la naturaleza del grupo de estos. Es decir, hay grupos de

Cuadro 21. Estimación porcentual de los principales contrastes establecidos.

CONTRASTE	Yt	PF	VF	D	Br	LBr	F	Bo	A
1 T vs TT	48.1**	24.0*	36.7**	58.3	11.0	29.1	5.4	4.2	5.1
2 T vs To	71.2**	24.8*	32.7**	22.7*	21.5	58.0*	25.8	24.8*	15.5*
3 T vs TB	24.9**	11.8	20.4*	11.9	7.5	36.5	8.4	3.0	0.9
4 T vs TE	32.3**	11.1	23.9**	12.8	9.6	33.1	6.9	5.9	2.2
5 To vs TE	21.2**	12.1*	7.1	8.7	10.8	17.2	17.6*	17.8**	11.6*
6 Ca vs Mg	20.2**	-3.9	0.7	-0.9	-7.5	12.8	-11.1	-10.1	-5.1
7 Ca vs Fe	26.1**	-0.1	-8.4	-7.1	-1.0	-6.2	-12.6	-15.0*	-7.1
8 Ca vs Mn	25.0**	0.4	1.4	-1.8	8.8	19.0	-4.1	-10.2	-11.5**
9 Ca vs p	11.5	13.1	21.8**	22.5*	40.2**	93.2**	19.6	31.8**	11.2*
10 Ca vs Zn	-20.3	4.8	8.8	-4.5	-2.2	-12.8	-9.0	-13.8*	-7.3
11 Ca vs S	9.0	3.5	8.9	-7.1	1.6	1.4	-7.0	-9.3	-0.9
12 Mg vs Fe	-7.3	3.9	-9.1	-6.2	6.9	7.5	-1.5	-5.3	-2.1
13 Mg vs Mn	-6.0	4.6*	0.7	-0.9	17.4*	36.6	7.8	-0.1	-6.7
14 Mg vs P	39.8**	11.9	20.9*	23.7**	51.6**	120.5**	34.6**	46.7**	17.2**
15 Mg vs Zn	-0.1	9.1	7.9	3.6	5.6	0.2	2.3	-4.1	2.3
16 Mg vs S	36.7**	7.8	8.1	-6.2	9.9	16.4	4.5	0.9	4.4
17 Fe vs Mn	14.0	0.6	10.8	5.7	9.7	26.9	9.5	5.6	-4.6
18 Fe vs P	50.9**	13.3	33.1**	32.1**	41.7**	105.5	36.7**	55.1**	19.8**
19 Fe vs Zn	7.7	4.9	18.8*	2.7	-1.2	-6.7	3.9	1.4	-0.2
20 Fe vs S	47.6**	3.6	19.0**	0.0	2.7	8.2	6.0	6.7	6.7
21 Mn vs P	48.7**	12.6	20.0*	29.9**	29.1**	63.7	24.8*	46.7**	25.7**
22 Mn vs Zn	6.2	4.3	7.2	-2.7	-10.0	-26.5	-5.0	-4.0	4.7
23 Mn vs S	45.5**	3.0	7.3	-5.4	-6.4	-14.7	-3.1	1.0	12.0**
24 P vs Zn	-28.6**	-7.3	-10.7	-22.2**	-30.2**	-56.7**	-24.0**	-34.6**	-16.7**
25 P vs S	-2.2	-8.5	-10.6	-24.3**	-27.5**	49.8**	-22.4**	-31.2**	-10.9*
26 Zn vs S	36.9**	-1.2	0.1	-2.7	3.9	16.1	2.0	5.2	6.9
27 T vs TN	40.1**	15.5	25.4**	15.6	12.6	40.9	13.1S	10.4	5.8
28 P vs TN	-24.3**	-11.0	-16.6**	-21.4**	-29.0**	-52.0**	-22.7**	-32.0**	-15.0**
29 So vs TN	2.0	15.1*	21.7**	24.3**	13.5*	56.1**	48.7**	45.8**	14.2**

NOTA: En cada contraste los valores corresponden a las diferencias expresadas en %, en donde como 100% se tomó al segundo grupo de tratamientos sujeto a comparación.

* = Significancia con $\alpha = 0.05$

** = Significancia con $\alpha = 0.01$

tratamientos en los que el valor de la correlación es significativa para todas las variables. Existen, sin embargo, grupos de tratamientos en los que la respuesta (medida a través de cierta variable) para cada tratamiento es expresamente diferente debiéndose entre otras cuestiones al favorecimiento o supresión de algún carácter o bien a la manifestación de cualquier otro no cuantificado (por ejemplo, en los tratamientos que involucran deficiencias o excesos). En estos grupos de tratamientos, es probable que la correlación entre variables sea no significativa .

4.5. Descripción general de los principales síntomas observados en cada tratamiento

La siguiente descripción sintomatológica es producto de mera apreciación visual de los tratamientos con respecto al testigo, a través de las diversas fases fenológicas del cultivo y de la información expuesta en los cuadros de resultados.

Tratamiento 1 (testigo)

La planta presenta un tallo de color verde, rígido, con entrenudos de 12 a 15 cm; las hojas son de color verde-intenso, grandes y normalmente permanecen adheridas a la planta (poca caída de hojas), la cobertura es normal y no se presenta ningún tipo de clorosis. Se presentan en promedio cuatro brotes basales que llegan a fructificar. Las flores son grandes, aún las terminales; los frutos son de medianos a grandes y de color verde-intenso y la producción es continua. En

general, la planta es vigorosa y de crecimiento acelerado (Fig. 3).

Tratamiento 2 (Var. Rendidora sin magnesio)

El tallo es de color verde claro, no tan fibroso y con entrenudos de 12 a 14 cm; las hojas son verde claro, incluyendo desde las basales hasta las apicales, su tamaño es de mediano a grande. Las primeras hojas se caen y las dos siguientes tienden a presentar clorosis intervenal (síntoma poco pronunciado). La ramificación es escasa. La floración se presenta de manera uniforme. Los frutos son de color verde claro, de tamaño medio y el amarre de éstos es continuo. En general, es una planta de buen porte y/o desarrollo, sin que exprese marcadamente síntomas de deficiencia de Mg.

Tratamiento 3 (Var. milpero sin magnesio)

El tallo es verde violáceo, fibroso con entrenudos de 5 a 10 cm; las hojas son pequeñas, de color verde intenso y permanecen adheridas a la planta. La ramificación basal es muy pronunciada (5 en promedio) con capacidad productiva. La floración y fructificación abundante. Los frutos son pequeños y numerosos. En general, es una planta de porte bajo y las características descritas son propias de la variedad.

Tratamiento 4 (Var. Tamazula sin magnesio)

El tallo es de color violáceo, con velloso pronunciada, fibroso y con entrenudos de 17 a 20 cm, las hojas son de color verde intenso, con nervaduras y pedicelo color violáceo, de tamaño mediano a grande. Las hojas de los brotes basales permanecen adheridas a la planta, con ligera clorosis básicamente por senescencia. La planta presenta de 3 a 4 brotes productivos. La floración y fructificación es continua. Los frutos que en un inicio eran verdes, se tornan morados, de tamaño medio. La venación del cáliz es morada. En general, la planta presenta buen desarrollo y los síntomas descritos son propios de la variedad, sin presentar síntomas pronunciados por deficiencia de magnesio.

Tratamiento 5 (Var. CHF₁ -Chapingo en solución nutritiva)

En las primeras etapas de desarrollo el crecimiento del tallo es normal, luego se torna verde claro y poco fibroso con entrenudos de 5 a 10 cm; las hojas son de medianas a chicas de color verde claro con presencia de puntos necróticos y en algunos casos clorosis apical por deficiencia de Fe. La brotación es escasa y aunque la floración es continua el amarre es bajo. Los frutos son de medianos a pequeños. En general, la planta presenta problemas para su desarrollo por falta de O₂ sobre todo entrando a la etapa de fructificación.

Tratamiento 6 (Var. CHF₁ -Chapingo en suelo San Juan)

Planta con tallo de color verde intenso, rígido y con entrenudos de 10 a 18 cm; las

Cuadro 22. Análisis de correlación entre las principales variables evaluadas por grupo de tratamientos.

VARIABLE

	Yt	PF	VF	D	Br	LBr	F	Bo	A
YT V	1.0	0.69**	0.80**	0.21	0.02	-0.00	-0.30	-0.56	0.57
Su	1.0	0.62**	0.76**	0.74**	0.63**	0.61**	0.60**	0.53**	0.69**
Ca	1.0	0.40	0.54*	0.84**	0.52*	0.77**	0.68**	0.67**	0.70**
Mg	1.0	0.16	0.53*	0.69**	0.31	0.52*	0.36	0.33	0.24
Fe	1.0	0.73**	0.66**	0.40	0.08	0.23	0.47	0.34	0.72*
Mn	1.0	0.57*	0.65**	0.70**	-0.01	0.08	0.06	-0.01	0.53*
P	1.0	0.58*	0.62**	0.94**	0.88**	0.80**	0.83**	0.86**	0.89**
Zn	1.0	0.60*	0.69**	0.49*	0.02	0.38	0.30	-0.02	0.49**
S	1.0	0.61*	0.63**	0.32	0.24	0.38	0.16	0.11	0.50*
PF V	1.0	0.95**	0.01	-0.37	-0.41	-0.58**	-0.74**	0.33	
Su	1.0	0.80**	0.65**	0.50*	0.50*	0.56**	0.58**	0.49*	
Ca	1.0	0.93**	0.50	0.35	0.39	0.33	0.22	0.21	
Mg	1.0	0.58*	0.30	-0.25	-0.10	-0.32	-0.21	0.15	
Fe	1.0	0.67**	0.29	0.11	0.11	0.45	-0.03	0.52*	
Mn	1.0	0.78**	0.54**	0.10	0.16	0.43	-0.14	0.42	
P	1.0	0.91**	0.68**	0.71**	0.68**	0.54*	0.52*	0.56*	
Zn	1.0	0.79**	0.71**	0.36	0.49	0.11	-0.21	0.53*	
S	1.0	0.81**	0.29	-0.06	0.06	-0.17	0.08	0.44	
VF V	1.0	0.05	-0.26	-0.32	-0.54**	-0.77**	0.34		
Su	1.0	0.69**	0.81**	0.77**	0.82**	0.81**	0.73**		
Ca	1.0	0.56*	0.47*	0.51	0.35	0.27	0.36		
Mg	1.0	0.49*	-0.01	0.15	-0.08	-0.22	-0.17		
Fe	1.0	0.31	0.25	0.25	0.43	0.04	0.48		
Mn	1.0	0.787**	0.14	0.33	0.21	-0.06	0.30		
P	1.0	0.71**	0.72**	0.69**	0.50*	0.45	0.56*		
Zn	1.0	0.53*	0.24	0.31	-0.02	-0.27	0.35		
S	1.0	0.39	0.10	0.27	0.12	0.29	0.32		
D V	1.0	0.24	0.12	0.07	-0.03	0.25			
Su	1.0	0.80**	0.79**	0.84**	0.82**	0.73**			
Ca	1.0	0.50*	0.68**	0.64**	0.64**	0.51*			

continúa

Cuadro 22 (continúa)

			Mg	1.0	0.42	0.40	0.11	0.05	0.15
			Fe	1.0	-0.18	-0.01	0.50*	0.18	0.43
			Mn	1.0	-0.05	0.02	0.09	0.10	0.06
			P	1.0	0.86**	0.77**	0.77**	0.84**	0.68**
			Zn	1.0	0.22	0.56*	0.11	-0.13	0.22
			S	1.0	0.20	0.43	-0.00	0.07	0.10
Br				V	1.0	0.66**	0.32	0.21	-0.04
				Su	1.0	0.87**	0.86**	0.77**	0.87**
				Ca	1.0	0.76**	0.66**	0.74**	0.02*
				Mg	1.0	0.76**	0.46	0.31	-0.06
				Fe	1.0	0.79**	0.07	0.37	-0.26
				Mn	1.0	0.77**	0.19	-0.20	0.06
				P	1.0	0.89****	0.79**	0.85**	0.75**
				Zn	1.0	0.59**	0.40	0.10	-0.03
				S	1.0	0.89**	0.66**	0.76**	-0.23
LBr				V	1.0	0.60**	0.47**	0.21	
				Su	1.0	0.86**	0.79**	0.69**	
				Ca	1.0	0.80**	0.61*	0.45	
				Mg	1.0	0.82*	0.33	0.18	
				Fe	1.0	0.04	0.28	-0.03	
				Mn	1.0	0.40	0.10	0.01	
				P	1.0	0.81**	0.78**	0.62**	
				Zn	1.0	0.44	0.15	0.22	
				S	1.0	0.67	0.64**	-0.01	
F				V	1.0	0.88**		-0.31	
				Su	1.0	0.92**		0.70**	
				Ca	1.0	0.80**		0.32	
				Mg	1.0	0.78**		0.22	
				Fe	1.0	0.21		0.38	
				Mn	1.0	0.20		0.06	
				P	1.0	0.89**		0.69**	
				Zn	1.0	0.59*		0.10	
				S	1.0	0.75**		-0.40	
Bo				V	1.0			-0.56**	
				Su	1.0			0.59**	
				Ca	1.0			0.19	
				Mg	1.0			0.06	
				Fe	1.0			0.15	
				Mn	1.0			-0.21	

Cuadro 22 (continúa)

							P	1.0	0.77**
							Zn	1.0	-0.14
							S	1.0	-0.44
A								V	1.0
								Su	1.0
								Ca	1.0
								Mg	1.0
								Fe	1.0
								Mn	1.0
								P	1.0
								Zn	1.0
								S	1.0

DESCRIPCION: Las hileras de la primera a la novena en cada variable corresponden a los siguientes grupos de tratamientos: variedades (V), sustratos (Su), nutrición con calcio (Ca), con magnesio (Mg), con fierro (Fe), con manganeso (Mn), con fósforo (P), con zinc (Zn) y con azufre (S).

* Significancia con $\alpha = 0.05$

** Significancia con $\alpha = 0.01$.

Yt=Rendimiento de fruto PF=Peso de fruto VF=Volumen de fruto

D=Díametro de tallo Br=Número de brotes

LBr=Longitud de brotes F= Número de flores

Bo= Número de bolsas A= Altura de planta

hojas son de color verde intenso, de tamaño medio a grande, las basales han desaparecido por senescencia y algunas hojas muestran necrosis marginales por influencia de la fertilización. Existen de 3 a 4 brotes basales productivos. La floración es continua y los frutos de color verde de tamaño medio a grande. La planta en general muestra un buen desarrollo, aunque se observan quemaduras marginales de la hoja después de la segunda fertilización. Esta situación de manera general se presentó en aquellos tratamientos cuyo sustrato fue el suelo natural.

Algunos autores (Alcalde, 1982; Sánchez y Escalante, 1988) señalan que en contenedores el uso de suelo natural como sustrato presenta ciertos problemas,

como son mayor compactación y menor capacidad de amortiguamiento a los cambios ambientales. Una fertilización, por ejemplo, puede provocar quemaduras por la alta concentración de sales en el sustrato.

Tratamiento 7 (Var. CHF₁ -Chapingo en suelo Oacalco, Mor.)

El tallo es de color verde, rígido y con entrenudos de 12 a 21 cm; las hojas son verde intenso de medianas a grandes. Conforme avanza el desarrollo las basales caen por senescencia y también las restantes se tornan ligeramente cloróticas. Se presentan de 2 a 3 brotes basales productivos. La floración es continua así como la fructificación (aunque un poco retrasada). Los frutos son de medianos a grandes. La planta presenta un buen desarrollo sin clorosis pronunciada y pocos problemas fitosanitarios.

Tratamiento 8 (Var. CHF₁ -Chapingo en agua natural)

El tallo es delgado (0.4 cm de diámetro) de color morado y flexible. Las hojas son amarillas y pequeñas y no se desarrollan más de 15 en la planta. En este estado, la brotación se detiene (no hay crecimiento). La floración es escasa y los pocos frutos que se forman no llegan a la madurez. La planta es de porte pequeño y muy raquítica.

Tratamiento 9 (Var. CHF₁ -Chapingo en suelo San Martín)

Durante la fase de crecimiento el tallo es de color verde con entrenudos de 8 a 16 cm; las hojas son verdes de tamaño medio a grande. Al comenzar la floración y fructificación se empieza a observar marchitamiento de hojas basales que continúa hasta las apicales. El rendimiento es bajo y los frutos no llegan a desarrollar completamente. La planta presenta un aspecto marchito, dando la apariencia de deficiencia de agua. Más tarde se pudo observar que efectivamente había un bloqueo en el sistema de conducción por presencia de nemátodos.

Tratamiento 10 (Var CHF, -Chapingo sin calcio)

El tallo es de color verde amarillo, con bandas violáceas en la parte basal, normalmente más delgado, quebradizo y con entrenudos de 12 a 14 cm y acostillamiento marcado. Las hojas son de color verde claro, de tamaño mediano y conforme avanza el desarrollo (fructificación) empiezan a manifestarse hojas cloróticas, sobre todo las apicales. Esta clorosis es intervenal y en ocasiones se observan manchas cloróticas hacia el ápice de la hoja, con una porción ligeramente más verde hacia el pedicelo. En este estado sintomatológico, el crecimiento se detiene. Además, las hojas son poco más alargadas y con textura suave ó flácidas, sobre todo en pleno día. Aunque hay brotación basal, ésta no es productiva, la floración es continua pero existe poco prendimiento, los frutos son medianos de color verde claro (Fig. 4).

La sintomatología general coincide con la descrita por Devlin (1980) y Sánchez y

Escalante (1988) al referirse a la deficiencia de calcio en general. Así mismo Benton et al., (1991) indican que la conductividad de la planta decae, resultando como consecuencia una reducción en la absorción de agua, marchitamiento de la planta en pleno día y reducción de elementos esenciales.

Tratamiento 11 (Var. CHF₁ -Chapingo con Ca en 150 ppm)

Tallo de color verde con entrenudos de 12 a 13 cm, fibroso y ligeramente acostillado. Hojas de color verde, de tamaño medio a grande y de textura suave. Las basales tienden a presentar una ligera clorosis parecida a deficiencia por magnesio. Presenta de 3 a 4 brotes basales productivos. La floración es continua así como la fructificación, los frutos son de tamaño medio y de color verde claro. En general, es una planta de desarrollo aceptable (Fig. 4).

Tratamiento 12 (Var. CHF₁ -Chapingo con Ca en 1000 ppm)

Hasta antes de los dos primeros cortes, el crecimiento es normal, luego comienza a detenerse. El tallo es verde, fibroso, con entrenudos cortos (6-9 cm) y diámetro reducido. Las hojas son en inicio de color verde claro, las basales muestran una ligera clorosis intervenal, luego evolucionan a un color verde cobrizo en toda la planta, su textura es muy coriácea y el crecimiento se detiene. La caída de hojas se acentúa, y la brotación es prácticamente nula. La floración se detiene y los frutos formados son de tamaño medio y de color verde. En general, la planta presenta

poco desarrollo, escasa cobertura y el intervalo de cosecha se reduce.

Benton et al., (1991) señalan que altas concentraciones de calcio pueden precipitar al fósforo. De hecho muchos de los síntomas producidos por este tratamiento se asemejan a los que produce la deficiencia de P. Sin embargo, Douglas (1976) citado por Sánchez y Escalante (1988), indica que el exceso de cloro produce hojas pequeñas, color verde oscuro (mate) y consistencia leñosa de la planta. El exceso de cloruros puede ser provocado por un exceso del nivel de calcio en la solución. De acuerdo con lo anterior, los síntomas observados en este tratamiento posiblemente se deben a una combinación entre deficiencias de fósforo y excesos de cloro, provocado por un exceso de calcio. Así mismo, el aspecto coriáceo en las hojas se explica por la gran acumulación de calcio en las paredes celulares, que hace a la planta hasta cierto punto más rígida o leñosa.

Tratamiento 13 (Var. CHF, -Chapingo sin magnesio)

Tallo color verde, rígido y con entrenudos de 8 a 16 cm; hojas color verde intenso de tamaño medio a grande. Las basales muestran clorosis intervenal (las tres primeras hojas de abajo hacia arriba de la planta), su textura tiende a ser coriácea. La brotación basal es escasa. La floración es continua así como la fructificación, los frutos son de medios a grandes y de color verde. La planta presenta mediano desarrollo y con escasa cobertura (Fig. 5).

Sívorí (1986) señala que la función más importante del Mg es formar parte de la molécula de clorofila y en su ausencia se desarrolla clorosis entre las nervaduras. Por ser un elemento demasiado móvil, la clorosis comienza por las hojas más viejas y avanza progresivamente hacia las apicales (Sánchez y Escalante, 1988).

Tratamiento 14 (Var. CHF, -Chapingo con Mg en 20 ppm)

Tallo de color verde, rígido y con entrenudos de 10 a 16 cm. Las hojas son de color verde y de tamaño medio a grande. La brotación basal es de 3 a 4 ramas poco productivas, la floración es continua así como la fructificación. Los frutos son de color verde de tamaño medio a grande. La planta presenta un buen desarrollo y nivel de producción.

Tratamiento 15 (Var. CHF, -Chapingo con Mg en 200 ppm)

Presenta tallo de color verde, con entrenudos de 10 a 16 cm y flexible. Las hojas son de color verde intenso, incluyendo los ápices, de tamaño medio a grande y textura suave. La brotación basal es adecuada pero son delgadas las ramillas; esta característica se observa también en las ramificaciones superiores. La floración es aceptable así como la fructificación. Los frutos son medianos y de color verde intenso. En general, la planta muestra un buen desarrollo y cobertura. Estos resultados coinciden con los reportados por Sánchez y Escalante (1988) y Benton et al., (1991) en plantas con exceso de Mg (Fig. 5).

Tratamiento 16 (Var. CHF₁ -Chapingo sin fierro)

El tallo es verde claro, con entrenudos de 7 a 15 cm rígido. Las hojas son verde claro, de tamaño medio y conforme avanza el desarrollo se empieza a notar una clorosis o amarillamiento apical (brotes terminales) en donde el amarillamiento avanza de la parte central y basal de la hoja hacia la parte marginal. Con síntomas avanzados se observa prácticamente clorótica las hojas completas y el síntoma avanza de la parte superior de la planta a la parte inferior (Fig. 6). La brotación basal es escasa y la ramificación superior presenta tallos delgados. La floración es continua mientras perdura el crecimiento, los frutos son verde claro al principio, luego se tornan cloróticos y con nervaduras del cáliz color café.

En general, la planta en un principio desarrolla normalmente, pero luego el crecimiento se detiene y presenta un aspecto general clorótico de la parte media a la apical.

Estos resultados coinciden con los reportados por Loué (1988) y Sánchez y Escalante (1988) quienes indican que el Fe es parte esencial de la formación de la clorofila, por lo que una carencia fuerte de este elemento, aparte de una clorosis apical, inhibe drásticamente el crecimiento.

Tratamiento 17 (Var. CHF₁ -Chapingo con Fe en 0.5 ppm)

Presenta tallo de color verde, con entrenudos de 8 a 16 cm y rígido. Hojas verde claro, de tamaño medio a grande, ligeramente alargadas y las basales se caen por senescencia. La brotación basal es productiva, la floración continua así como la fructificación, los frutos son de tamaño medio a grande y de color verde. La planta muestra un desarrollo aceptable aunque con débil cobertura (Fig. 6).

Tratamiento 18 (Var. CHF₁ -Chapingo con Fe en 25 ppm)

Tallo color verde, rígido y con entrenudos de 11 a 14 cm; hojas color verde intenso, de tamaño medio a grande y de textura coriácea. La brotación es adecuada y productiva, la floración es continua. los frutos son verdes, con nervaduras del cáliz verde intenso y de tamaño medio a grande. En general, la planta muestra gran vigor, buena cobertura y sanidad. Loué (1988), Sánchez y Escalante (1988) señalan que toxicidades por fierro son muy raras debido a la rápida conversión de este elemento a formas insolubles no aprovechables por la planta (Fig. 6).

Tratamiento 19 (Var. CHF₁ -Chapingo sin manganeso)

Tallo color verde, ligeramente acostillado y con entrenudos de 10-20 cm. Las hojas en un inicio son verdes, pero conforme avanza el crecimiento empieza a notarse en las terminales una clorosis tenue, parecida a la deficiencia de calcio, que se caracteriza por una clorosis en la parte media apical de la hoja, permaneciendo más verde el área cercana al pedicelo y una reducción del crecimiento. La

brotación basal es de escaso desarrollo y con gran aborsión de flores, aunque en las ramas superiores, la floración es normal. Los frutos son verde claro, de tamaño medio a grande (Fig. 7). En general, la planta alcanza buen desarrollo y es al final que se ve afectado por la clorosis. Estos resultaos coinciden con los de algunos autores (Anderson y Pyliotis, 1969, citados por Price et al., 1990); Loué, (1988) al referirse a los síntomas por deficiencia de Mn, donde indican además que cuando el Mn es deficiente la estructura del cloroplasto se altera, afectándose la síntesis de clorofila entre otros procesos.

Tratamiento 20 (Var. CHF₁ -Chapingo con Mn en 0.2ppm)

Tallo color verde, fibroso, con entrenudos de 8 a 16 cm y de mayor grosor que el testigo. Hojas de medianas a grandes, de color verde y las terminales ligeramente más claras. Buena brotación basal y productiva. La floración es normal así como la fructificación. Los frutos son de medios a grandes y de color verde. La planta muestra buen desarrollo pero un color ligeramente más claro que el testigo.

Tratamiento 21 (Var. CHF₁ -Chapingo con Mn en 15 ppm)

Tallo color verde, rígido y con entrenudos de 8 a 16 cm. Hojas grandes, verdes y de buen desarrollo. Brotación basal adecuada y productiva. Floración y fructificación normal. Los frutos son grandes, verdes y con nervaduras del cáliz verde intenso. En general, la planta presenta un excelente desarrollo, con buena

cobertura y sanidad (Fig. 8). De hecho varios autores indican que es difícil observar toxicidades por excesos de Mn (White, 1970; Murphy, 1983; Loué, 1988).

Tratamiento 22 (Var. CHF, -Chapingo sin fósforo)

Presenta tallo de color verde, muy delgado (0.6 cm de diámetro), con entrenudos de 6 a 10 cm, es leñoso y con acostillamiento marcado. Las hojas son de color verde intenso, pequeñas, coriáceas, las mas antiguas se acucharan (se encorvan hacia arriba); logran desarrollarse de 25 a 30 por planta y además son quebradizas. No existe brotación basal y la planta sólo logra una bifurcación, además, las ramas formadas, tienden a alargarse en vez de bifurcarse. La floración es continua pero el prendimiento es muy bajo (10-15%). Los frutos son pequeños y verdes (Fig. 9). En general, la planta presenta porte bajo, escasa cobertura y desarrollo lento, tal como lo señalan Devlin (1980), Sánchez y Escalante(1988).

Tratamiento 23 (Var. CHF, -Chapingo con P en 20 ppm)

Tallo color verde, rígido y con entrenudos de 8 a 17 cm, hojas verde intenso, las basales presentan ligera clorosis intervenal (parecida a deficiencia de Mg). La brotación basal es de escaso desarrollo y las ramillas superiores delgadas y con entrenudos largos. La floración es continua así como la producción de frutos. Estos son de medianos a grandes, de color verde intenso. En general, la planta

presenta un desarrollo aceptable, ligeramente menor que el testigo.

Tratamiento 24 (Var. CHF₁ -Chapingo con p en 200 ppm)

Tallo de color verde intenso, leñoso y con entrenudos de 8 a 16 cm. Hojas verdes de medianas a grandes, las basales presentan ligera clorosis y en las apicales se observan pequeños puntos blancos en la superficie foliar. La brotación basal es poco productiva. La floración y fructificación es normal. Los frutos son verdes de tamaño grande (Fig. 10). En general, la planta es vigorosa de buena cobertura, prácticamente igual al testigo. En este caso no se observan síntomas cloróticos por falta de N, Fe, Cu ó Zn, como lo señalan Sánchez y Escalante (1988) y Benton et al., (1991).

Tratamiento 25 (Var. CHF₁ -Chapingo sin zinc)

El tallo es verde, fibroso y con entrenudos de 8 a 15 cm. Las hojas son de medianas a grandes, color verde intenso, pero las apicales comienzan a presentar una clorosis conforme avanza el desarrollo. Esta clorosis se asemeja a la producida por deficiencia de Ca, Fe y Mn a diferencia de que la clorosis que es en toda la hoja, es intervenal y las hojillas nuevas no son tan marcadamente cloróticas. La clorosis avanza más tarde hasta el tercer tercio superior de la planta. La brotación basal es normal pero poco productiva. La floración y fructificación son normales. Los frutos son verdes y de tamaño medio a grande (Fig. 11). En general,

se observa una planta de mediano desarrollo, aspecto flácido, cobertura media y vigor reducido. Como ya fue mencionado, la deficiencia de Zn altera el metabolismo de la auxina (entrenudos más cortos) e inhibe la síntesis de ARN, perjudicando así el desarrollo normal del cloroplasto (Murphy, 1983). Esto ayuda a explicar, entre otros fenómenos, la expresión de clorosis y bajos niveles fotosintéticos que se presentan en las plantas.

Tratamiento 26 (Var. CHF₁ -Chapingo con Zn en 0.1 ppm)

Tallo color verde, rígido y con entrenudos de 8 a 15 cm. Hojas de color verde y con ligera clorosis en los brotes terminales. La brotación basal es normal pero poco productiva. Las ramillas superiores son de tallos delgados. La producción de flores y frutos es normal. Estos últimos son verdes y de medianos a grandes. En general, es una planta de más desarrollo que el tratamiento anterior (Fig. 11).

Tratamiento 27 (Var.. CHF₁ -Chapingo con Zn en 15 ppm)

Las características son las mismas que el tratamiento 26, con la única diferencia que los brotes basales son más productivos y todas las hojas son de color verde intenso (Fig. 11). Las características de esta planta aparentemente superan a las del testigo. Sánchez y Escalante (1988) señala que la toxicidad se manifiesta por una clorosis apical. Adriano et al., (1977) y Murphy (1983) indican que esta clorosis es por una disminución del nivel de P y Fe causada por exceso de Zn. Sin

embargo, se requieren altas concentraciones de Zn para que ocurra esto. Tal vez, ésta es una de las razones por las que no se presentaron síntomas aparentes de toxicidad, aunque posiblemente el metabolismo pudo haberse afectado en pequeña escala.

Tratamiento 28 (Var. CHF, -Chapingo sin azufre)

Tallo de color verde, con entrenudos de 8 a 18 cm, fibroso. Las hojas son de medianas a grandes, de color verde las ubicadas en la porción intermedia de la planta y tanto las basales como las apicales presentan clorosis; en las apicales la clorosis es sobre las venas y en el área cercana al pedicelo formando un triángulo y las hojas pequeñas son muy rugosas. La ramificación basal es productiva, la floración continua y los frutos de tamaño chico a mediano y de color verde claro. Las bolsas tienden a alargarse y son coriáceas (Fig. 12). En general la planta presenta crecimiento intermedio y escasa cobertura. Los síntomas descritos coinciden con los reportados por Bidwell (1979), Sánchez y Escalante (1988) y Benton *et al* (1991) cuando se refieren a las deficiencias de azufre. A este elemento se le considera no móvil y favorece un buen crecimiento radical mayor suministro de clorofila y aumento en la nodulación (Sánchez y Escalante, 1988). Esto implica la presencia de clorosis en hojas jóvenes al faltar este nutriente.

Tratamiento 29 (Var. CHF, -Chapingo con S en 100 ppm)

Tallo fibroso y con entrenudos de 8 a 15 cm de longitud. Hojas verdes y en las basales se observa ligera clorosis intervenal de tamaño medio a grande. Presenta ramificación basal productiva. La floración es continua y los frutos son de medianos a grandes de color verde. Se observa en general una planta de buen desarrollo, aunque menos compacta que el testigo (Fig. 12).

Tratamiento 30 (Var. CHF₁ -Chapingo con S en 2000 ppm)

El tallo tiende a ser delgado, con entrenudos de 5 a 8 cm., fibroso y de color verde. Las hojas son medianas, de color verde al inicio del crecimiento, aunque luego empieza a presentarse una clorosis intervenal en las hojas de la parte media de la planta la cual avanza hacia los ápices. Cuando inicia la clorosis se observa una franja color verde marginal, más tarde y sobre todo en las hojas jóvenes la clorosis es total, pudiendo llegar a producir la muerte de los brotes. Se observa un aspecto de marchitez, las hojas cuelgan, tienen márgenes pronunciadas, son ásperas y más alargadas de lo normal. La floración es continua pero con poco prendimiento. Los frutos son de medianos a chicos de color verde claro. El caliz (bolsa) tiende a ser delgado y adherido al fruto. Los frutos además son esponjosos, con acostillamiento marcado y a veces planos como ya se mencionó (Fig. 12). Olsen (1983) indica que el azufre actúa antagónicamente con el As, B, Pb, Se y Fe. Esto significa que la clorosis observada posiblemente se deba a una deficiencia marcada por falta de fierro.

4.6. Análisis general

4.6.1. Comportamiento general de los tratamientos y por grupo de éstos

En el análisis de varianza general (Cuadro 9) se observa que existieron diferencias altamente significativas en todas las variables evaluadas. Esto obedece, al menos en gran parte a las características fuertemente contrastantes de estos tratamientos. Por otra parte, de acuerdo con la naturaleza de éstos y los objetivos del estudio se determinó la conveniencia de agruparlos con la intención de realizar comparaciones más informativas.

El rendimiento total medio de fruto (Y_t) de los diferentes grupos de tratamientos difirió significativamente en los tratamientos involucrados. En el Cuadro 23 se presentan los valores porcentuales con los que el testigo (T1) supera a cada uno de los restantes tratamientos. En este Cuadro se observan valores extremos como cuando se compara el testigo con el T8 (en agua natural); aquel superó a éste con un 4134.2%, lo cual no es sorpresivo si se considera que en agua natural los nutrientes existentes no son suficientes para obtener una producción satisfactoria. En este mismo tema, el valor más pequeño con que el testigo superó a un tratamiento fué 5.7% que corresponde al T24 (con Fósforo en 200 ppm); es decir, aún cuando este tratamiento tiene "exceso de P", el rendimiento no se vió afectado significativamente, lo cual sugiere que el tomate de cáscara no presenta toxicidad por fósforo.

Los tratamientos T6 y T7 (Suelo San Juan y Oacalco, Mor., respectivamente) fueron superados en la misma proporción (10.3%) por el testigo, lo que indica que en estos suelos existió la misma oportunidad de desarrollo del cultivo, cuestión que no ocurrió con el T9 (Suelo San Martín) por los problemas antes mencionados (nemátodos).

En la respuesta diferencial sobre la variable Yt en el grupo de variedades sin Mg, claramente se observa que está en función de las características propias del material; sin embargo, el Testigo (T1), el T2 (Var. Rendidora) y el T13 (Var. CHF₁ -Chapingo) guardan cierta relación de origen. La variedad CHF₁ -Chapingo fue derivada de la variedad Rendidora y cuando ésta fue manejada con todos los nutrientes (testigo), rindió un 38.1% más que cuando se manejó sin Mg, y superó en 18.1% a la variedad original (Cuadro 23). Sin embargo, sería conveniente evaluar a la variedad Rendidora en condiciones óptimas de manejo para conocer su comportamiento en relación a la CHF₁-Chapingo.

Dentro de los grupos de tratamientos, que corresponden a cada uno de los nutrientes en cuestión, se observa que el valor porcentual con el que el testigo supera a cada tratamiento (Cuadro 23) con el nivel más bajo del nutriente, disminuye al pasar al siguiente nivel establecido (nivel bajo de nutriente), lo cual resulta hasta cierto punto lógico. De aquí, lo interesante es la magnitud del cambio que ocurre al variar la concentración del nutriente respectivo. Por ejemplo, en el grupo de tratamientos que contienen fierro, manganeso y fósforo (Cuadros 16, 17

Cuadro 23. Valores porcentuales con los que el testigo supera a cada tratamiento en la variable rendimiento total de fruto

GRUPO DE TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	VALOR (%)
VARIEDADES SIN MAGNESIO	T2	18.1
	T3	108.3
	T4	27.2
	T13	38.1
SUSTRATOS	T5	399.3
	T6	10.3
	T7	10.3
	T8	4134.2
	T9	188.4
NUTRICION CON CALCIO	T10	32.0
	T11	20.1
	T12	255.4
NUTRICION CON MAGNESIO	T13	38.1
	T14	13.6
	T15	34.7
NUTRICION CON FIERRO	T16	45.0
	T17	6.7
	T18	10.3
NUTRICION CON MANGANESO	T19	60.7
	T20	7.5
	T21	5.9
NUTRICION CON FOSFORO	T22	1890.2
	T23	455.6
	T24	5.7
NUTRICION CON ZINC	T25	40.4
	T26	39.0
	T27	8.8
NUTRICION CON AZUFRE	T28	87.2
	T29	58.7
	T30	81.4

y 18), el cambio en la respuesta es muy pronunciado comparado con el resto de tratamientos. Posiblemente esto se deba a que estos nutrientes se encontraron en muy bajas proporciones en el sustrato y agua utilizados durante el experimento (Cuadro 13A) y como son importantes en desarrollo del cultivo, al ser aplicados la respuesta fue muy intensa.

También, cuando se utilizaron niveles excesivos de nutrientes, la supresión en la producción fue muy significativa en algunos casos, sobresaliendo el calcio y el azufre que fueron superados por el testigo en 255.4 y 81.4% en producción total de frutos, respectivamente. En cambio, en los restantes nutrientes para la mayoría de las variables evaluadas no fue muy marcada la diferencia con el testigo, situación que fue ya discutida en párrafos anteriores.

En los grupos de tratamientos constituídos por los nutrientes magnesio, manganeso, zinc y azufre, las medias de las variables PF, Br, LBr, F y Bo, no fueron estadísticamente significativas en los tratamientos involucrados. Es decir, sin considerar a las variables Yt, VF, D y A, el resto de características cuantitativas evaluadas son muy comparables con el testigo. De hecho, en estos elementos nutrientes de manera general se observa que comparten el mismo efecto fisiológico en la planta, con marcados efectos en el rendimiento y en la expresión visual o sintomatológica del cultivo.

4.6.2. Expresión sintomatológica

Con relación a los efectos de los tratamientos, muchos de los síntomas observados coinciden con los reportados por diversos autores; sin embargo, otros fueron específicos para este cultivo en particular.

Diversos autores (Schutte s/f; Alcalde, 1982; Benton et al., 1991) señalan que la

nutrición en plantas está en función de diversos factores, dentro de los cuales destacan: el genotipo; el estado fenológico del cultivo; los factores ambientales como la temperatura, luz, humedad tanto del suelo como de la atmósfera; pH del suelo; concentración de nutrientes; interacción nutrimental, entre otros; lo que explica las diferencias entre las respuestas aquí presentadas y las reportadas por otros autores.

En general, para todos los tratamientos la expresión de determinados síntomas se ubicó en la fase de inicio de fructificación. De acuerdo con Alcalde (1982) y Benton et al., (1991) es en esta fase donde la planta requiere de una intensa absorción de nutrimentos, presentándose épocas de mayor requerimiento, debido a la gran producción de biomasa. Así, si la concentración de nutrientes estuviera cerca de lo óptimo, el desarrollo sería normal, como en el caso del testigo; de lo contrario, se esperarían síntomas de deficiencia o toxicidad nutrimental.

En el Cuadro 13A, se puede observar que ciertos nutrientes estaban presentes (en bajas concentraciones) en el sustrato y el agua utilizados durante el experimento; situación que no permitiría la expresión total de síntomas, sobre todo de deficiencias cuando el tratamiento involucrado así lo indicara. Aunque en el rendimiento total de fruto siempre se observó alguna diferencia con respecto al testigo.

Un aspecto importante lo constituyen las interacciones entre elementos nutritivos.

Al respecto, Mulder (1953), citado por Alcalde (1982), indica que todos los minerales nutritivos actúan por sí mismos e interaccionan con cada uno de los otros, por lo que debe mantenerse el equilibrio para que el desarrollo sea sano y eficiente. Es decir, el exceso o deficiencia de cierto nutriente puede estimular o suprimir la absorción y utilización de algún otro nutriente. En este trabajo la deficiencia o exceso de determinado elemento nutritivo se manejó manteniendo constante el nivel de los restantes elementos nutrientes, lo que significa que probablemente cuando se manejen en forma diferencial los elementos nutritivos, la expresión de síntomas de deficiencia o toxicidad ocurrirá con concentraciones diferentes a las manejadas en este experimento.

Finalmente, los tratamientos que produjeron algún síntoma de clorosis fueron el T10 (sin calcio), T13 (sin magnesio), T16 (sin fierro), T19 (sin manganeso), T25 (sin zinc), T28 (sin azufre) y T30 (azufre en 2000 ppm).

Estos nutrientes están involucrados en el proceso de fotosíntesis, participando a través de la síntesis de clorofila o bien en la estructura del cloroplasto, de tal forma que al faltar en el medio de cultivo, producen como síntoma principal la clorosis por falta de clorofila. Este argumento sigue siendo válido aún para el T30 (azufre en 2000 ppm), pues como ya fue mencionado en párrafos anteriores, existe cierto antagonismo entre S y Fe; es decir, con exceso de azufre se hace deficiente el Fe y como consecuencia se presenta la clorosis foliar.

Existen algunas diferencias en la expresión de síntomas cloróticos producidos por diferentes tratamientos. Estos se resumen a continuación:

- a). T10 (sin calcio): La clorosis es apical(en los brotes tiernos), intervenal con una mancha clorótica hacia el ápice de la hoja y una porción verde hacia el pedicelo (Fig. 4).**
- b). T13 (sin magnesio): La clorosis es intervenal en la totalidad del limbo presentándose al inicio, en las hojas basales; luego invade a toda la planta (Fig. 5).**
- c). T16 (sin fierro): Clorosis apical (en los brotes tiernos), que avanza de la parte basal y central hacia la parte marginal, luego invade toda la hoja (Fig. 6).**
- d). T19 (sin manganeso): Clorosis apical (en los brotes tiernos) tenue y uniforme siendo más clorótica la parte apical de la hoja y más verde hacia el pedicelo (Fig. 7).**
- e). T25 (sin zinc): Clorosis apical intervenal en las hojas nuevas, aunque no es muy intensa y se localiza en el último tercio superior de la planta (Fig. 11).**
- f). T28 (sin azufre): Se presenta clorosis tanto en hojas basales como apicales. En las hojas apicales la clorosis es intravenal y en el área cercana al**

pedicelo forma un triángulo (Fig. 12).

- g). T30 (azufre en 2000 ppm): La clorosis es intervenal y avanza de la porción media de la planta hacia el ápice. Cuando inicia se observa como una franja verde marginal en la hoja; más tarde la clorosis es total sobre todo en hojas jóvenes (Fig. 12).**

En la descripción anterior se observa que los síntomas cloróticos correspondientes a cada tratamiento no son iguales. Esto puede explicarse en función de que cada elemento nutriente juega un papel específico en la fisiología del cultivo; además, los efectos finales dependen de la interacción de diversos factores a través de sinergismos a antagonismos con el elemento en cuestión.

Lo cierto es que el testigo superó como mínimo en un 32.0% (sin calcio) y como máximo 87.2% (sin Azufre) a los tratamientos que expresaron clorosis foliar.

En la producción comercial de tomate de cáscara la expresión de síntomas cloróticos es muy variada y depende de la región o zona productora. Sin embargo, muchos de los síntomas descritos en este trabajo guardan estrecha relación con los presentes en esos lotes de producción.

Por citar un caso, los tomates producidos en el área de Chapingo (específicamente en los lotes de San Juan) muestran mayor intensidad en la incidencia de clorosis foliares. Diversos autores (Murphy, 1983; Clark, 1987) indican que en suelos lixiviados, erosionados y con subsuelos calcáreos es posible la deficiencia de Fe, Mn y Zn. Estas características coinciden con las presentes en los lotes San Juan,

por lo que es posible que los síntomas cloróticos presentes en tomate, correspondan a niveles deficientes de Fe, Mn y Zn ó su interacción con otros elementos como el P, S, Mo, Cu, N, entre otros.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos, resultados y condiciones en que se desarrolló el presente experimento, se puede concluir lo siguiente:

- 1). Los tratamientos en los que se presentó clorosis foliar en tomate de cáscara fueron los: T28 (sin azufre), T30 (azufre en 2000 ppm), T19 (sin manganeso), T16 (sin fierro), T25 (sin zinc), T13 (sin magnesio) y T10 (sin calcio), siendo superados en producción total de frutos por el testigo (nivel óptimo de nutrientes) con 87.2, 81.4, 60.7, 45.0, 40.4, 38.1 y 32.0%, respectivamente.**
- 2).. Las medias de peso y volumen de fruto, diámetro de tallo, número y longitud de brotes basales, número de flores y bolsas y altura de planta causadas por el T16 (sin fierro) y el T28 (sin azufre), fueron estadísticamente iguales a la del testigo.**
- 3). La variedad que presentó mayor expresión visual de clorosis por deficiencia de Mg fue la CHF₁-Chapingo. Esta fue superada por el testigo con un 38.1% en producción de frutos.**
- 4). En rendimiento total de fruto, peso de fruto, volumen de fruto, diámetro de tallo y altura de planta, las medias de los efectos del T1 (testigo) fueron estadísticamente iguales a las del T6 (suelo San Juan) y T7 (suelo Oacalco, Mor.). En todos los casos la media más pequeña fue la del T8 (en agua**

natural). No se presentó síntoma de clorosis foliar cuando el sustrato utilizado fué suelo.

- 5). En rendimiento total de fruto, el testigo superó en 32% al T10 (sin calcio), en 20% al T11 (con calcio en 150 ppm) y en un 255.4% al T12 (calcio en exceso en 1000 ppm), aunque sólo el T10 produjo clorosis foliar.
- 6). El testigo superó en 38.1% al T13 (sin magnesio), en 13.6% al T14 (magnesio en 20 ppm) y en 34.7% al T15 (magnesio en 200 ppm) en rendimiento total de fruto. De éstos, el T13 fue el único que mostró síntomas de clorosis foliar.
- 7). El testigo superó en rendimiento total con un 45.0% al T16 (sin fierro), 6.7% al T17 (fierro en 0.5 ppm) y 10.4% al T18 (fierro en 25 ppm). Sólo el T16 (sin fierro) presentó síntomas típicos de clorosis foliar.
- 8). El testigo superó en 60.7% al T19 (sin manganeso), en 7.5% al T20 (manganeso en 0.2 ppm) y en 6% al T21 (manganeso en 15 ppm). De éstos, sólo el T19, produjo síntomas típicos de clorosis foliar.
- 9). Con excepción de Vf, no existieron diferencias estadísticas significativas entre el testigo y el T24 ((fósforo en 200 ppm). En todos los casos, la media más baja se obtuvo con el T22 (sin fósforo). Con estos tratamientos no se

produjeron síntomas de clorosis foliar.

- 10). El testigo produjo efectos que en rendimiento de frutos superaron en 40.4% a los del T25 (sin zinc), en 39.0% a los del T26 (zinc en 0.1 ppm) y en 8.8% al T27 (zinc en 15 ppm). Con T25 se desarrollaron síntomas de clorosis foliar.**
- 11). El testigo produjo efectos sobre el rendimiento que superaron en 87.2% al T28 (sin azufre), 58.7% al T29 (azufre en 100 ppm) y en 81.4% al T30 (azufre en 2000 ppm). Tanto el T28 como el T30 estuvieron asociados con síntomas pronunciados de clorosis foliar.**
- 12). El testigo produjo en rendimiento de fruto un 71.2% más que el promedio obtenido con los tratamientos con ausencia de algun nutriente (deficiencia) y un 32.3% más que los tratamientos con nutrientes en exceso. Así mismo, en promedio, los tratamientos sin algun nutriente produjeron un 21.2% más que los tratamientos que incluyeron el nutriente en exceso.**

VI. SUGERENCIAS

Con base en las experiencias generadas en el presente trabajo, para investigaciones posteriores sobre el tema se sugiere considerar lo siguiente:

- a). Evaluar los elementos nutrimentales que no fueron considerados en este trabajo y que son de gran importancia para el desarrollo del cultivo (Nitrógeno y Potasio),**
- b). Cuando se estudien concentraciones diferentes de algún elemento nutrimental, procurar mantener el equilibrio con los restantes elementos en la solución.**
- c). Realizar investigación en campo y/o áreas de producción aplicando diferentes concentraciones de micronutrientes, ya sea al suelo o por vía foliar.**
- d). Evaluar el efecto de los diferentes elementos nutrimentales variando los niveles de pH y las épocas del año ó ciclos de producción.**
- e). Conocidos los elementos minerales que producen clorosis, diseñar experimentos que permitan generar el síntoma y aplicar los nutrientes correspondientes, a fin de establecer hasta qué nivel es factible corregir las deficiencias sin afectar significativamente el desarrollo y el rendimiento de la planta. Así mismo, apoyarse en una serie de análisis de tejidos vegetales y del suelo o sustrato a través del desarrollo del cultivo.**

f). En próximos estudios de esta naturaleza, se sugiere realizar el análisis de varianza en la forma expuesta y usando un solo error experimental (análisis de grupos), para comparar la eficiencia en la estimación.

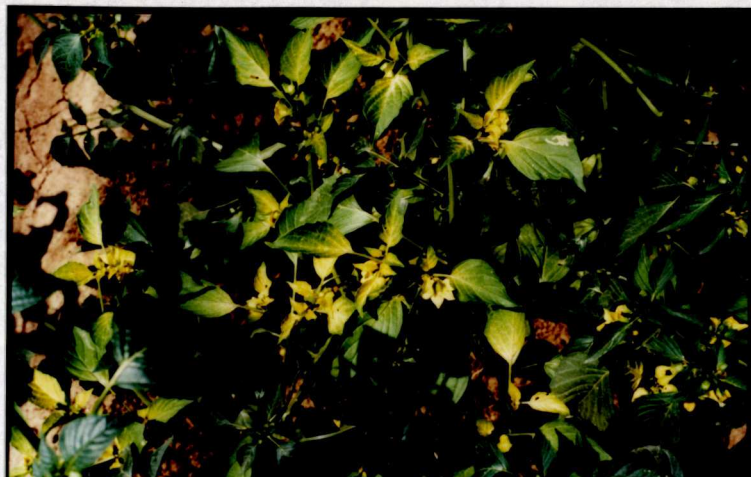


Figura 1. Clorosis en los brotes tiernos en el cultivo de tomate de cáscara (Physalis ixocarpa, Brot.) observada en campo.



Figura 2. Clorosis en las hojas basales en el cultivo de tomate de cáscara (Physalis ixocarpa, Brot.) observada en campo.



Figura 3. Plantas testigo con todos los nutrientes a los 70 días después del transplante.

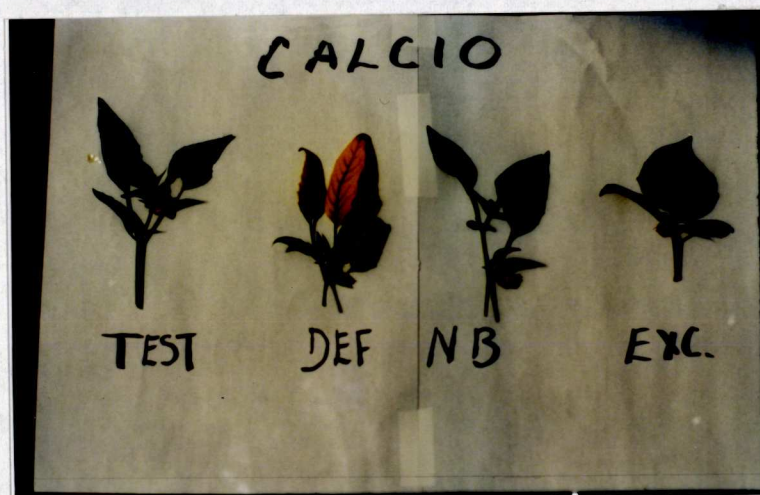


Figura 4. Síntomas producto de diferentes niveles de calcio en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.): TEST (testigo, 300 ppm), DEF (deficiencia, 0 ppm), NB (nivel bajo, 150 ppm) y EXC (exceso, 1000 ppm).

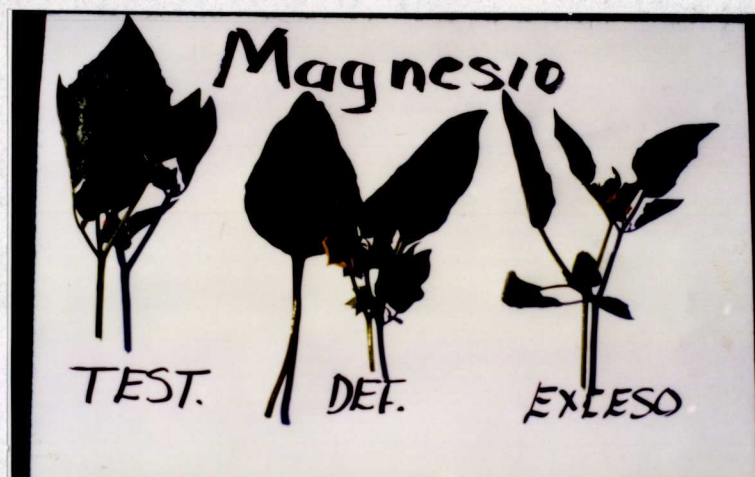


Figura 5. Síntomas producto de diferentes niveles de magnesio en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.): TEST (testigo, 60 ppm), DEF (deficiencia, 0 ppm) y EXCESO (200 ppm).

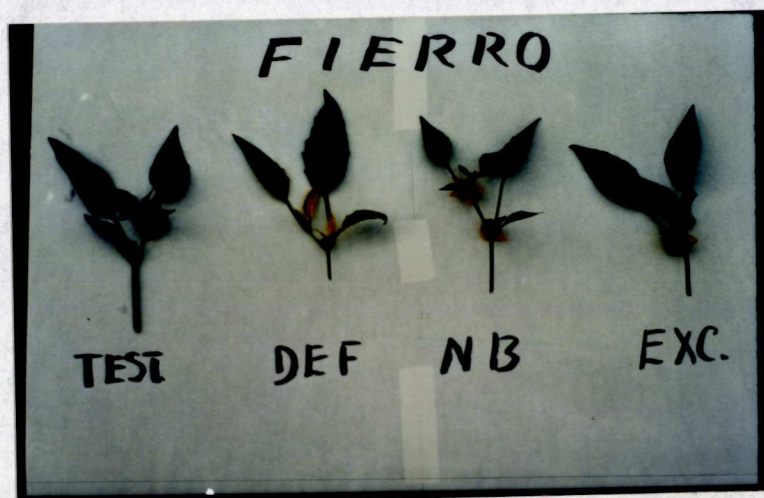


Figura 6. Síntomas producto de diferentes niveles de fierro en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.): TEST (testigo, 2 ppm), DEF (deficiencia, 0 ppm), NB (nivel bajo, 0.5 ppm) y EXC (exceso, 25 ppm).



Figura 7. Síntomas producto de la deficiencia de Mn en tomate de cáscara (Physalis ixocarpa, Brot.).



Figura 8. Síntomas producto del exceso de Mn (15 ppm) en tomate de cáscara (Physalis ixocarpa, Brot.).

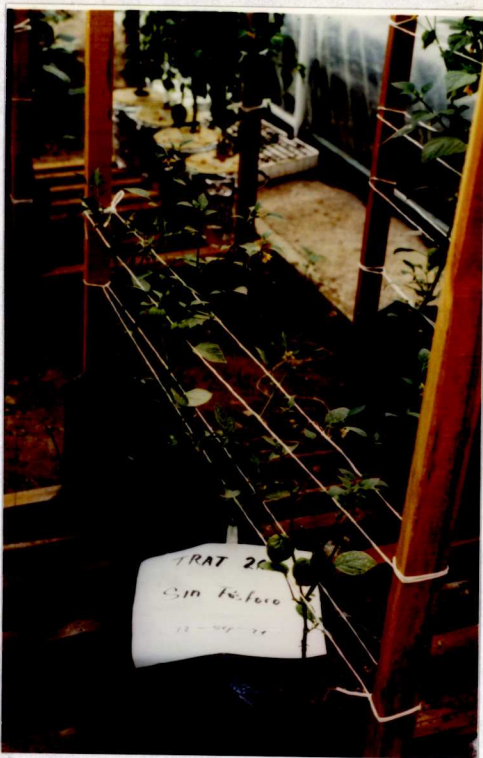


Figura 9. Síntomas producto de la deficiencia de fósforo en tomate de cáscara (Physalis ixocarapa, Brot.).



Figura 10 . Síntomas producto de exceso de fósforo (200 ppm) en tomate de cáscara (Physalis ixocarpa, Brot.).

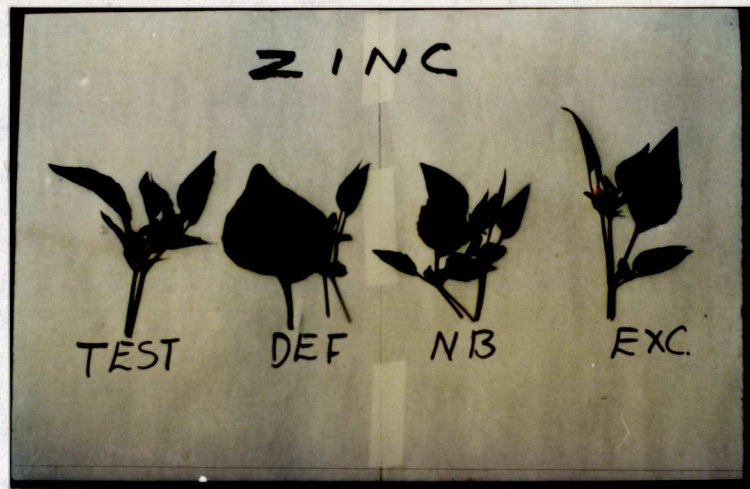


Figura 11. Síntomas producto de diferentes niveles de zinc en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.): TEST (testigo, 0.25 ppm), DEF (deficiencia, 0 ppm), NB (nivel bajo, 0.1 ppm) y EXC (exceso, 15 ppm).



Figura 12. Síntomas producto de diferentes niveles de azufre en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.): TEST (testigo, 250 ppm), DEF (deficiencia, 0 ppm), NB (nivel bajo, 100 ppm) y EXC (exceso, 2000 ppm).



Figura 13. Cultivo de tomate de cáscara de aceptable desarrollo en campo, después de 45 días del transplante.

VII. BIBLIOGRAFIA

Abadia A.; A. Poc y J. Abadia. 1991. Could iron nutrition status be evaluated through photosynthetic pigment changes? Jour. of plant Nutrition 14(9) 987-999.

Adams P. 1991. Effect of diurnal fluctuations in humidity of the accumulation of nutrients in the leaves of tomato (Lycopersicum esculentum). Jour. Hortic. Sci. 66(5): 545-550.

Adriano D., D.; M. Paulsen G. y S. Murphys L. 1977. Phosphorus, iron and phosphorus - zinc relationships in corn seedlings as affected by mineral nutrition. Agron. Journal, 63: 36-39.

Agrios G. N. 1986. Fitopatología. 1a. Edición. Ed. LIMUSA. México. 377 p.

Alcalde, B. Z. 1982. Notas del curso de Nutrición Vegetal. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 311 p.

Archer, J. 1988. Crop Nutrition and fertilizer use. 2a. Edition Farming Press Ltd. USA. 265 P.

Arroyo A., L. y D. García D. 1993. Evaluación de fertilizantes foliares y fechas de aplicación en tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot). Tesis profesional. Depto de Fitotecnia UACH. Chapingo, Méx. 72 p.

Ayala P., J.P.; A. Peña L. y J. Mulato B. 1992. Caracterización de germoplasma de tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot) en Chapingo, Méx. Revista Chapingo año XVI, (79-80) 128-137.

Barshad I. 1951. Factors affecting the molybdenum content of pasture plant. Soil Sci. 71: 387-398.

Benson L. 1957. Plant classification. D.C. Health and Co. Boston 1688 p.

Benton J., J. B. Wolf y A. Millis H. 1991. Plant analysis hand book. 1a. Edition. Micro-Macro publishing. Inc. USA. 213 p.

Bidwell R. G. S. 1979. Fisiología Vegetal. 1a. Edición. Ed. AGT Editor, S. A. México. 784 p.

Bot J., L. E. y A. Kirkby E. 1992. Diurnal uptake of nitrate and potassium during the vegetative growth of tomato plants. Journal of plant nutrition. 15(2) 247-264.

- Brauer, O. 1983. Fitogenética aplicada. 1a. Edición. Ed. LIMUSA. México 518 p.
- Broertjes, C. y M. Van Horten A. 1988. Applied mutation breeding for vegetatively propagated crops (Development in Crop Science 12). Ed. Elsevier Sci. Publishers B. V. USA. 345 p.
- Brown J., C.; E. Ambler J. y I. Chaney R. 1983. Respuesta diferencial de los genotipos vegetales a los micronutrientes. Compilado en micronutrientes en agricultura por Mortvedt, J. J. y Giordano, P. M. Traducción de Cristina Vaqueiro. 1a. Edición. Ed. AGT-EDITOR. México. pag. 425-458.
- Castellanos J., L. y J. G. Mariscal R. 1993. Evaluación de compuestos mejorados de tomate de tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot) y descripción del proceso de producción regional en Zacoalco de Torres, Jal. Tesis Profesional. Depto. de Fitotecnia UACH. Chapingo, Méx. 74 p.
- Cárdenas Ch., C. E. 1981. Algunas técnicas experimentales en tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot). Tesis de Maestría. C.P. Centro de Genética. México. 87 p.
- Clark R., B. 1987. Respuesta de las plantas a la toxicidad y deficiencia de elementos minerales. Compilado en Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables por Christiansen, M. N. 1a. Edición. Ed.

LIMUSA. México. pp. 91-172.

Coetzer L., A.; J. Robbertse P.; Stoffberg; S. Holtzahuazen, C.; O. Barnara R. 1990.

The effect of boron on reproduction in tomato (Licopersicum esculentum) and bean (Phaseolus vulgaris). South Africa Jour. of Plant and Soil 7(4): 212-217.

De la Loma, J. L. 1985. Genética Genepal y Aplicada. 1a. Edición. Ed. UTEHA, México. 752 p.

Devlin, R., M. 1980. Fisiología Vegetal. 3a. Edición. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España. 517 p.

Ferrario S.; I. Angins y A. Morisot. 1992. Daily variations of the minerals composition of xilemic exudates in tomato. Journal of Plant Nutrition. 15(1): 85-89.

Galicía S., A. 1992. Evaluación de Fitorreguladores en tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot) en Chapingo, Méx. Tesis profesional. Depto. de Fitotecnia. UACH. Chapingo, Méx. 65 p.

García, E. 1986. Modificaciones al sistema de clasificación climática de KÖppen para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana. UNAM, México. 246 p.

- Greulach V., A. y j. Edison A. 1976. Las plantas (introducción a la Botánica moderna). 1a. Edición. Ed. LIMUSA. México. 679 p.**
- Isla de Bauer, M. de L. 1984. Fitopatología. 1a. Edición. Ed. LIMUSA. México. 377p.**
- Jones j., B. Jr. 1983. Análisis de los tejidos de las plantas para micronutrientes. Compilado en Micronutrientes en Agricultura por Mortvedt, j. J. y Giordiano, P. M. 1a. Edición. Ed. AGT-EDITOR. Trad. por Cristina Vaquero G. México pp. 363.**
- Kolota E. y A. Besiado. 1990. Effect of magnessium fertilization on yield of fruits and mineral state of greenhouse tomatoes (Lycipersicon esculentum Mill). Folia Horticulturae 2(1): 41-52.**
- Kreij C., D. E.; J. Janse; J. Van Goor B. y J. Van Doesburg J. D. 1992. The incidence of calcium oxalate crystals in fruit walls of tomato (Lycopersicum esculentum) as affected by humidity phosphate and calciumsupply. Journal of Hort. Sci. 67(1): 45-50.**
- Krizek D., F. 1987. Respuesta de la planta a los efectos atmosféricos provocados por la saturación. Compilado en mejoramiento de las plantas en ambientes poco favorables por Christiansen, M. N. 1a. Edición. Ed. LIMUSA. México.**

pp. 345-390.

Loué, A. 1988. Los microelementos en agricultura. 1a. Edición (Versión española de Alonso Domínguez). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 154 p.

Mac Daniel, P., G. 1987. La fisiología de los efectos de la temperatura en las plantas. Compilado en mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables por Christiansen, M. N. 1a. Edición. Ed. LIMUSA. México

Mendoza Z., C. y B. Pinto C. 1985. Principios de Fitopatología y Enfermedades Causadas por Hongos. Depto. de Parasitología Agrícola.UACH. 311 pp.

Mengel K. y A. Kirkby E. 1979. Principles of plant nutrition. 2a. Edition. International Potash Inst. Switzerland 593 pp.

Mengel K. y A. Kirkby E. 1982. Principles of plant nutrition. Intern. Potash Inst. Vem. 655 pp.

Mengel Y., M. 1951. The cytotaxonomy and genetics of physalis. Reprint From Proc. Amer. Philos Soc. 95(29): 132-183.

.

Montes H., S. 1989. Algunos efectos de la domesticación sobre la morfología del tomate (Physalis phyladelphia Lan). Tesis de Maestría. C,P. Chapingo,

Méx.

Murphy L., S. 1983. Corrección de deficiencias de micronutrientes o fertilizantes. Compilado en micronutrientes en agricultura por Mortvedt, J. J. y Giordano P. M. 1a. Edición. Ed. AGT-ADITOR, México. pp. 379-424.

Nonidez F., j. 1923. Variación y herencia en los animales y las plantas cultivadas. 1a. Edición. Ed. CALPE. Madrid, España. 204 p.

Olsen S., R. 1983. Interacciones de los micronutrientes. Compilado en micronutrientes en Agricultura por Mortved J. J. y Giordano, P.M. 1a. Edición. Ed. AGT-EDITOR, México. pp. 267-290.

Oyewole O., I. y A. Adnayi E. 1992. Evaluation of the growth and quality of the "Ifejolum" tomato as affected by boron and calcium fertilization. Jour of Plant Nutrition 15(2): 194-209.

Pandey K., K. 1957. Genetics of self-incompatibility in Physalis ixocarpa Brot a new sistem. Amer. Jour. Bot. (44): 879-887.

Park S., W. y K.. Lee S. 1991. Calcium, magnesium y potassium ion uptake in normal and rin tomato plants and their accumulation in fruit cell wall

journal of the Korean Soc. for Hortic. Sci. 32(2): 163-172.

Peña L., A. y F. Márquez S. 1990. Mejoramiento genético del tomate de cáscara Physalis ixocarpa Brot. Revista Chapingo. Vol. 71-72 pp. 84-88.

Price, C., A.; E. Clark H. y A. Funkhouser E.. 1983. Funciones de los micronutrientes en agricultura por Mortved, J. J. y Giordano P. M. 1a. Edición, Ed0. AGT-EDITOR, S.A. México. pp. 256-266.

Ramon A., M.; O. Carpena-Ruíz R. y A. Garate. 1990. The effects of short-term deficiency of boron on potassium, calcium and magnesium distribution in leaves and roots of tomato (Lycopersicon esculentum) plants. In Plant Nutrition (Physiology and applications). Proceedings of the eleventh International plant nutrition colloquium, Wageningen, Netherlands, 30 July - 4 August 1989. Academic Publishers. (Developments in Plant and Soil Sci. Vol. 41).

Sahagún C., J. 1994. Estadística Descriptiva y Probabilidad: Una Perspectiva Biológica. Universidad Autónoma Chapingo. 341 pp.

Sánchez del C., F. y E. R. Escalante R. 1988. Hidroponia. 3a. Edición. Universidad Autónoma Chapingo. 194 pp.

- Santiaguillo, H., J.F. y R. López M. 1992. Distribución, colecta y conservación de tomate de cáscara (Physalis spp) en México. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 67 pp.
- Santiaguillo H., J. F.; R. López M.; A. Peña L.; J. A. Cuevas S. y J. Sahagún C. 1994. Distribución, colecta y conservación de germoplasma de tomate de cáscara (Physalis spp) en México. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 2:125-129.
- Saray M., C. R. y L. Loya J. 1977. El cultivo del tomate de cáscara en el Estado de Morelos. SARH-CIAMEC-CAEZACA. p. 3-11.
- Saray M., C. R. y L. Loya J. 1978. El cultivo del tomate de cáscara en el Estado de Morelos. SARH, INIA, CIAMEC, CAEZACA. Campo 54(1040): 30-40.
- Saray M., C. R. 1982. Importancia de la precosecha (calentamiento) en el rendimiento de tomate de cáscara Physalis ixocarpa Brot. Tesis de Maestría. C.P. Chapingo, Méx. p. 9-23.
- SARH. 1993. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo 1. pp. 502-507.
- Sivori M., E; F. Montaldi R. y O. Caso H. 1986. Fisiología vegetal. 1a. Edición. Ed. Hemisferio Sur. Argentina. 371 pp.

Schutte H., J. (S/F). Biología de los Microelementos y su Función. 1a. Edición.

Trad. pro Justo Nombela. Ed. TECNOS, S. A. Madrid, España. 277 pp.

Steel R., G. D. y H. Torrie J. 1986. Bioestadística: Principios y Procedimientos.

1a. Edición. Ed. Mc Graw Hill. Colombia. 622 pp.

Tamhane R., V.; P. Motiramani D. y P. Bali Y. 1992. Suelos: Su química y fertilidad

en zonas tropicales. 1a. Edición. Ed.. DIANA. México. 483 pp.

Turrent F., A. y L. Reggies J. 1980. La matriz experimental Plan Puebla para

ensayos sobre prácticas de producción de cultivos (No. 1). Revista

Agrociencias No. 19. C.P. Rama de Suelos.

Velazquez C., M. V.; A. Peña L. y R. A. Cruz G. 1994. Fertilización foliar en tomate

de cáscara (Physalis ixocarpa Brot) en Chapingo, Méx. Revista Chapingo.

Serie Horticultura 2: 149-152.

Wallace C., B. E. 1961. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual

symptoms. 2a. Edition. Chemical Publishing Co. Inc. New York. 125 pp.

Walkev J., M. 1969. One-degree increments in soil temperatures affect maize

seedling behavior. Soil Sci. Am. Proc. 33:729-736.

Watanabe F., S.; L. Lindsay W. y R. Olsen S. 1965. Nutrient balance involving phosphorus, iron, and zinc. Soil Sci.: Soc. Amer. Proc. 29: 562-565.

Waterfall V., T. 1967. Physalis in México, Central America and the West Indies. mer. Jour. Bot. 69 (778): 83-230.

White R., P. 1970. Effects of lime upon soil and plant manganese levels in acid soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 625-629.

Zhang F., S. 1991. Root exudates and their role in plant nutrition I. Effect of zinc nutritional levels on the root exudation of ion molecular organic substances in dicotyledoneus plants. Acta Agric. Univ. Pekinensis 17(2): 65- 68.

VII. ANEXO

Cuadro 1a. Matriz de coeficientes (ci) para los principales contrastes establecidos.

Tratamiento

C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	29	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	-1	0	0
3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	-1	0
4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	-1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	-1	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	-1	-1	-1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	21	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
29	0	0	0	0	0	7	7	0	7	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Continúa ...

Cuadro 1a. (continúa).....

Tratamiento

C	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0
3	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0
4	0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1
5	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
12	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
17	1	1	1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
19	1	1	1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0
20	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
21	0	0	0	1	1	1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0
23	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
24	0	0	0	0	0	0	1	1	1	-1	-1	-1	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	-1	-1	-1
27	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
28	-1	-1	-1	-1	-1	-1	6	6	6	-1	-1	-1	-1	-1	-1
29	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

NOTA: C = CONTRASTE

Cuadro 2a. Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos " Variedades sin magnesio " en nueve variables.

variables

FV	GL	Yt	Pf	Vf	D	Br	LBr	F	Bo	A
T	4	31027.7**	534.1**	702.5**	0.32	0.6	96.7	44.9*	20.4**	1094.7**
R	3	48317.8*	25.1	22.5	0.32	3.2	111.9	17.4	0.7	110.1
E	12	10719.1	17.9	22.8	0.37	0.6	32.0	9.3	1.5	154.8
Tot	19	79712.2	135.8	165.8	0.05	1.0	58.2	18.1	5.4	345.6
CV		9.0	16.5	16.5	29.2	17.1	37.3	20.4	14.3	10.7

Cuadro 3a. Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos " Sustratos " en nueve variables.

variables

FV	GL	Yt	Pf	Vf	D	Br	LBr	F	Bo	A
T	5	1519314.2**	268.2*	894.2**	0.37 **	6.93 **	274.8**	145.2**	55.4**	6539.4**
R	3	32397.2	99.5	36.9	0.02	0.22	43.3	9.9	5.4	407.1
E	15	23240.2	75.8	49.1	0.01	0.83	16.7	6.0	2.0	223.2
Tot	23	349668.1	120.7	231.2	0.09	1.59	76.3	36.8	14.1	1620.3
CV		17.6	28.2	20.6	13.2	6.3	26.5	17.5	18.7	13.4

Cuadro 4a. Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos " Nutrición con calcio " en nueve variables.

variables

FV	GL	Yt	Pf	Vf	D	Br	LBr	F	Bo	A
T	3	848586.3**	39.4	84.9	0.043**	1.42	140.7*	20.6*	6.83**	1112.9
R	3	5012.0	19.6	19.4	0.001	0.01	14.6	5.1	1.44	267.1
E	9	20510.0	29.8	28.7	0.004	0.63	32.7	4.8	0.97	1317.7
Tot	15	183026.2	29.7	38.1	0.011	0.67	50.8	8.0	2.23	2697.8
CV		13.3	16.6	14.2	7.4	16.9	39.9	18.1	14.2	11.0

NOTA: En los cuadros 2a, 3a y 4a indica: * = Significancia igual al 5% ** = Significancia igual al 1% T=Total
R=Repetición E=Error Tot=Total CV=Coeficiente de variación
GL=Grados de libertad Yt=Rendimiento de fruto Pf=Peso de fruto
Vf=Volumen de fruto D=Diámetro de tallo Br=Número de brotes
LBr=Longitud de brotes F=Número de flores Bo=Número de bolsas
A= Altura de planta

Cuadro 5a. Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "Nutrición con magnesio" en nueve variables.

v a r i a b l e s

FV	GL	Yt	PI	Vf	D	Br	LBr	F	Bo	A
T	3	149438.8**	13.7	189.3	0.020*	0.86	50.2	5.9	0.6	209.0
R	3	117371.5	54.4	23.4	0.002	0.50	46.9	16.0	0.5	21.0
E	9	11897.1	34.9	32.5	0.004	1.24	38.8	9.1	1.8	135.9
Tot	15	39354.5	34.3	62.0	0.007	1.02	41.5	9.9	1.3	127.5
CV		8.7	17.4	15.2	7.2	22.3	38.3	22.9	19.9	11.5

Cuadro 6a. Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "Nutrición con fierro" en nueve variables.

v a r i a b l e

FV	GL	Yt	PI	Vf	D	Br	LBr	F	Bo	A
T	3	162611.2*	58.8*	93.1	0.007	0.121	15.1	3.6	2.1	57.8
R	3	3883.9	5.9	28.4	0.002	0.088	15.1	1.7	0.5	70.4
E	9	343646.7	13.5	52.9	0.014	0.770	28.3	6.2	0.7	181.5
Tot	15	55782.0	21.2	56.0	0.109	0.506	23.0	4.8	1.0	134.6
CV		14.6	11.1	18.1	12.9	18.5	35.5	18.7	11.4	11.6

Cuadro 7a. Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "Nutrición con manganeso" en nueve variables.

v a r i a b l e

FV	GL	Yt	PI	Vf	D	Br	LBr	F	Bo	A
T	3	259974.5*	51.8	77.0	0.027	0.57	49.0	5.1	0.4	448.3*
R	3	31346.9	96.9	50.0	0.001	0.19	12.6	3.4	0.4	225.3
E	9	33987.4	41.5	25.0	0.012	0.80	31.1	8.5	0.8	109.6
Tot	15	78656.7	54.7	40.4	0.012	0.63	31.0	6.8	0.7	200.5
CV		14.1	19.6	13.4	12.1	20.1	43.0	23.4	12.2	8.7

NOTA: En los cuadros 5a, 6a y 7a indica: *= Significancia igual al 5% **= Significancia igual al 1% T=Total
R=Repetición E=Error Tot=Total CV=Coeficiente de variación
GL=Grados de libertad Yt=Rendimiento de fruto PF=Peso de fruto
Vf=Volumen de fruto D=Diámetro de tallo Br=Número de brotes
LBr=Longitud de brotes F=Número de flores Bo=Número de bolsas
A= Altura de planta

Cuadro 8a. Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "Nutrición con fósforo" en nueve variables.

variable

FV	GL	Yt	Pf	Vf	D	Br	LBr	F	Bo	A
T	3	1694704.6**	88.6*	227.8**	0.276**	6.4**	270.3**	55.2**	38.3**	4390.3**
R	3	2591.4	70.8	204.0	0.002	0.2	18.1	5.5	0.7	125.3
E	9	23621.9	17.9	271.6	0.010	0.4	21.1	4.2	1.6	158.2
Tot	15	353632.3	42.6	1159.2	0.062	1.5	70.3	14.7	8.8	998.0
CV		15.3	10.0	16.7	13.4	17.7	49.1	19.2	22.6	12.4

Cuadro 9a. Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "Nutrición con zinc" en nueve variables.

variable

FV	GL	Yt	Pf	Vf	D	Br	LBr	F	Bo	A
T	3	186956.9**	53.3*	118.3*	0.050	0.11	10.3	2.7	0.1	230.9
R	3	15778.0	23.6	10.4	0.046	0.69	63.7	2.5	0.8	110.9
E	9	15011.6	11.4	17.6	0.078	0.55	27.6	6.3	1.8	128.4
Tot	15	49553.9	22.2	36.3	0.175	0.49	31.4	5.8	1.3	145.4
CV		9.7	10.6	11.8	10.1	15.5	33.3	19.3	17.6	9.8

Cuadro 10a. Cuadrado medio y su significancia para el grupo de tratamientos "Nutrición con azufre" en nueve variables.

variables

FV	GL	Yt	Pf	Vf	D	Br	LBr	F	Bo	A
T	3	425338.6**	28.6	106.8	0.010	0.85	51.2	19.0*	2.7	622.3*
R	3	26650.8	16.1	38.2	0.046	1.78	177.8	6.8	1.9	175.3
E	9	18620.2	29.9	35.1	0.012	1.19	44.4	4.6	1.2	120.8
Tot	15	1015726.8	26.9	50.1	0.018	1.24	72.2	7.9	1.6	232.0
CV		13.4	17.0	16.7	11.8	23.8	46.7	16.8	15.0	10.0

NOTA: En los cuadros 8a, 9a y 10a Indica: * = Significancia igual al 5% ** = Significancia igual al 1% T=Total
R=Repetición E=Error Tot=Total CV=Coefficiente de variación
GL=Grados de libertad Yt=Rendimiento de fruto Pf=Peso de fruto
Vf=Volumen de fruto D=Diámetro de tallo Br=Número de brotes
LBr=Longitud de brotes F=Número de flores Bo=Número de bolsas
A= Altura de planta

Cuadro 11a.

Diferencias entre medias de cada grupo de tratamientos involucrados en cada contraste.

variable

C	Yt (g)	Pf (g)	Vf(ml)	D(cm)	Br	LBr(cm)	F	Bo	A(cm)
1	1944.3	6.25	10.40	0.508	0.509	4.45	0.811	0.35	5.68
2	2486.3	7.10	10.61	0.185	0.885	6.38	2.817	1.54	15.76
3	1187.0	3.82	7.30	0.107	0.353	4.75	1.067	0.22	1.05
4	1462.0	3.60	8.30	0.114	0.439	4.42	0.892	0.43	2.62
5	1010.0	3.50	2.31	0.071	0.446	1.96	1.925	1.11	13.14
6	-946.3	1.31	0.27	-0.008	-0.375	-1.95	-1.458	-0.75	-5.75
7	-1317.0	0.05	3.29	-0.066	-0.050	-0.88	-1.658	-1.17	-8.25
8	-1245.3	0.15	0.52	-0.016	0.366	2.10	-0.508	-0.75	-13.91
9	385.6	3.70	6.40	0.158	1.325	6.66	1.900	1.60	10.75
19	-954.0	1.45	2.89	-0.041	-0.108	-1.90	-1.158	-1.06	-8.50
11	310.3	1.08	2.93	-0.066	0.075	0.19	-0.900	-0.68	-1.0
12	-370.7	1.26	3.56	-0.058	0.325	1.06	-0.200	-0.42	-2.50
13	-299.0	1.46	0.25	-0.008	0.741	4.05	0.950	-0.00	-8.16
14	1332.0	3.35	6.13	0.166	1.700	8.61	3.358	2.35	16.50
15	-7.7	2.77	2.61	-0.033	0.266	0.04	0.300	-0.31	-2.75
16	1256.6	2.40	2.65	-0.058	0.450	2.14	0.558	0.06	4.75
17	71.7	0.20	3.81	0.050	0.416	2.99	1.150	0.41	-5.66
18	1702.7	3.75	9.70	0.225	1.375	7.55	3.558	2.77	19.00
19	362.0	1.50	6.18	0.025	-0.058	1.02	0.500	0.10	-0.25
20	1627.4	1.13	6.22	0.000	0.125	1.07	0.750	0.49	7.25
21	1631.0	3.55	5.88	0.175	0.958	4.55	2.408	2.35	24.66
22	291.2	1.30	2.36	-0.025	-0.475	-4.01	-0.650	-0.30	5.41
23	1555.6	0.93	2.40	-0.050	-0.291	-1.91	-0.391	0.07	12.91
24	-1339.7	2.25	3.51	-0.200	-1.430	8.57	-3.058	-2.66	-19.25
25	-75.3	2.62	3.47	-0.225	-1.250	6.47	-2.800	-2.28	-11.75
26	1264.4	0.37	0.04	-0.025	0.180	2.10	0.258	0.38	7.50
27	1711.7	4.84	8.74	0.135	0.559	5.18	1.592	0.73	6.48
28	-1077.7	3.48	5.85	-0.191	-1.340	-7.07	-2.847	-2.33	-16.98
29	86.7	4.69	7.46	0.210	0.601	7.12	5.909	3.22	15.77

NOTA: C=Contraste Yt=Rendimiento de fruto PF=Peso de fruto
 Vf=Volumen de fruto D=Diámetro de tallo Br=Número de brotes
 LBr=Longitud de brotes F=Número de flores Bo=Número de bolsas
 A= Altura de planta

Cuadro 12a. Análisis general de correlación entre variables.

	Yt	Pf	Vf	D	Br	LBr	F	Bo	A
Yt	1.0	0.43**	0.54**	0.59**	0.41**	0.38**	0.41**	0.43**	0.66**
Pf		1.0	0.82**	0.32**	0.18*	0.14	0.11	0.08	0.34**
Vf			1.0	0.48**	0.33**	0.28**	0.27**	0.23**	0.46**
D				1.0	0.52**	0.52**	0.56**	0.59**	0.59**
Br					1.0	0.82**	0.62**	0.60**	0.46**
LBr						1.0	0.68**	0.64**	0.34**
F							1.0	0.85**	0.43**
Bo								1.0	0.43**
A									1.0

NOTA; * = Significancia al 5%.

** = Significancia al 1%.

Yt=Rendimiento de fruto

PF=Peso de fruto

Vf=Volumen de fruto

D=Diámetro de tallo

Br=Número de brotes

LBr=Longitud de brotes

F=Número de flores

Bo=Número de bolsas

A= Altura de planta

Cuadro 13a.

Análisis del estado nutrimental en diferentes muestras (M) tomadas durante el experimento de tomate de cáscara .

CONTENIDO NUTRIMENTAL

M	%						ppm								
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	SO ₄	Cl	pH	CE	HCO ₃
1	2.9	0.73	5.25	1.03	0.13	0.05	6	68	336	16	1200	-	-	-	-
2	2.6	0.48	3.4	0.44	0.09	0.03	4	52	128	14	1000	-	-	-	-
3	2.4	0.28	3.6	0.63	0.13	0.03	4	44	112	14	t	-	-	-	-
4	3.6	0.75	3.8	0.38	0.16	0.03	4	72	156	16	1110	-	-	-	-
5	2.7	0.45	3.6	0.63	0.06	0.05	5	46	192	16	1050	-	-	-	-
6	2.7	0.10	2.5	3.6	1.22	0.07	4	36	64	14	2500	-	-	-	-
7	2.3	0.90	2.2	3.0	1.80	0.05	2	30	30	4	3150	-	-	-	-
8	3.2	0.19	2.2	3.0	1.0	0.05	3	30	104	164	8000	-	-	-	-
9	2.6	0.14	3.4	3.3	1.2	0.06	3	48	156	14	7000	-	-	-	-
10	3.2	0.23	3.1	3.3	1.2	0.06	5	44	1290	20	6655	-	-	-	-
11*	-	t	0.05	0.3	0.16	0.37	t	t	t	t	-	0.06	7.2	0.07	-
12*	0.46;	-	0.2	1.2	0.6	1.7	-	-	-	-	0.47	1.24	8.2	0.3	1.5

DESCRIPCION: M= Número de muestra.

1= Muestra de hojas manejadas con exceso de S.

2= " " " " " " deficiencia de Zn.

3= " " " " " " " " Mn.

4= " " " " " " " " Ca.

5= " " " " " " " " Fe.

6= " " " " " " " " exceso de Ca.

7= " " " " " " " " deficiencia de S.

8= " " " " " " " " exceso de Zn.

9= " " " " " " " " Fe.

10= " " " " " " " " Mn.

11= Agua utilizada en el experimento.

12= Tezontle utilizado en el experimento.

*= Unidades nutrimentales en meq./ l.

t= Trazas.

-= No determinado.

i= Como NO₃