

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY

DIVISION DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y MARITIMAS

COMPORTAMIENTO DEL TOMATE (*Lycopersicon*
esculentum Mill), EN INVERNADERO A LA
APLICACION DE FERTILIZANTES EN EL
SUELO Y AL FOLLAJE

TESIS

MARDEN EUGENIO VASQUEZ DEVENISH

1984

040.63
TEC.28
1984
c.2

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
DIVISION DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y MARITIMAS

COMPORTAMIENTO DEL TOMATE (Lycopersicum esculentum Mill),
EN INVERNADERO A LA APLICACION DE FERTILIZANTES EN
EL SUELO Y AL FOLLAJE

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRONOMO PRODUCTOR

P O R

MARDEN EUGENIO VASQUEZ DEVENISH

1984

A DIOS

Creador del hombre y la palabra

A MI AMADA ESPOSA

Con todo mi amor, la cual
profeso su paciencia, estímulo y
cariño, sin lo cual este trabajo
no sería realidad.

A LA FUNDACION GRAN MARISCAL DE AYACUCHO

Por su confianza, fé y esperanza

A MIS TIOS JERRY y JAMES

Los cuales fueron la cadena familiar
más fuerte durante mi carrera.

A MIS PADRES

Con el recuerdo y cariño que
siempre conservo de ellos.

Agradezco a mis compañeros y profesores por sus críticas
y palabras de estímulo.

A G R A D E C I M I E N T O

Un trabajo no es obra de una sola persona, éste por lo -
menos, no lo és. Son muchos los que con sus opiniones, con
sus críticas, con sus palabras de estímulo, han colaborado -
para su elaboración.

Doy mi más profundo agradecimiento a mi amigo, profesor y ase
sor, Dr. Isaias Flores, por sus consejos y palabras de estí--
mulo.

Agradezco a mi amigo y compañero Nestor Angulo por su coope-
ración y paciencia en el desarrollo del experimento.

Agradezco muy sinceramente al Sr. Silvestre Rodríguez y al -
Sr. Antonio Carrillo Mata, por su valiosa colaboración en la
etapa experimental de esta investigación.

" PRODUZCA LA TIERRA HIERBA VERDE, HIERBA
QUE DE SEMILLA; ARBOL DE FRUTO, QUE DE
FRUTO SEGUN SU GENERO, QUE SU SEMILLA
ESTE EN EL, SOBRE LA TIERRA "

Génesis 1:11

I N D I C E

	Página
INTRODUCCION -----	1
LITERATURA REVISADA -----	3
Fenología del tomate -----	3
Mejoramiento genético del tomate -----	3
Resistencia a enfermedades -----	5
Pegamiento del fruto a altas temperaturas --	6
Influencia de la temperatura -----	7
Efecto de la temperatura en la fructifica-	
ción. -----	7
Efecto de temperaturas altas -----	8
Efecto de temperaturas bajas -----	9
Elementos necesarios en la nutrición de la -	
planta. -----	10
Nitrógeno -----	10
Fósforo -----	11
Potasio -----	13
Calcio -----	14
Magnesio -----	15
Boro -----	16
Fierro -----	16
Zinc -----	17
Manganeso -----	18
Cobre -----	18

Niveles nutricionales en la hoja. -----	19
Análisis foliares -----	20
Utilidad de los análisis foliares -----	22
Ventajas de los análisis de tejidos de planta -----	23
Limitaciones de los análisis foliares -----	24
Fertilización foliar -----	25
Epoca de muestreo foliar óptima -----	29
Tipos de análisis de plantas -----	30
Análisis cualitativo -----	30
Análisis cuantitativos -----	30
Epoca y método de aplicación de los fertilizantes -----	31
Epoca de aplicación del fertilizante foliar-----	31
Método de aplicación del fertilizante foliar-----	32
Epoca de aplicación del fertilizante al suelo -----	32
Método de aplicación del fertilizante al suelo -----	34
Surfactantes -----	34
Tipos de surfactantes -----	35
Clasificación de los surfactantes por su acción -----	36

	Página
MATERIALES Y METODOS -----	38
RESULTADOS -----	45
Desarrollo vegetativo -----	45
Peso de la planta -----	46
Número de ramas -----	47
Longitud de ramas -----	48
Altura de la planta -----	50
Fructificación -----	50
Número de inflorescencias -----	51
Análisis foliar -----	54
DISCUSION -----	56
CONCLUSIONES -----	65
RESUMEN -----	67
BIBLIOGRAFIA -----	71
APENDICE -----	80

INDICE DE TABLAS

TABLA No.		Página
1.	Niveles nutricionales de N, P y K en - hojas de tomate . -----	19
2.	Análisis de significancia del peso ver- de de la planta. -----	46
3.	Análisis de significancia del número de ramas. -----	47
4.	Análisis de significancia de la longi- tud de ramas. -----	49
5.	Análisis de significancia del número de inflorescencias. -----	52
6.	Niveles nutricionales de 7 tratamien- tos. -----	55
7.	Análisis de varianza del número de ra- mas. -----	80
8.	Análisis de varianza del número de in- florescencias. -----	80

9.	Análisis de varianza del peso fresco de la planta. -----	80
10.	Análisis de varianza de la altura de la planta. -----	81
11.	Análisis de varianza del peso del fruto.	81
12.	Análisis de varianza del diámetro del fruto. -----	81
13.	Análisis de varianza del número de frutos. -----	82
14.	Análisis de varianza de la longitud de ramas. -----	82

INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.		Página
1.	Niveles nutricionales de P, Mg, N, Ca y K en la hoja de tomate a los 100 días - del trasplante, de los 7 tratamientos - más significativos. -----	57
2.	Niveles nutricionales de Cu, Zn, Mn y Fe en la hoja de tomate a los 100 días del trasplante, de los 7 tratamientos más - significativos. -----	58

INTRODUCCION

La mayoría de los suelos del norte de México se caracterizan por presentar condiciones semiáridas y áridas, con una lluvia anual de menos de 650 mm. Debido a la carencia consiguiente de lavado del suelo es frecuente la acumulación de CO_3Ca en el perfil, caracterizándose por ser suelos pobres en materia orgánica. La gran acumulación de calcio hace que el pH del suelo tenga una gran influencia en la asimilabilidad de los nutrientes, puesto que el pH de los suelos calcáreos prácticamente no se puede alterar. La selección de cultivos y la fertilización son comúnmente las soluciones prácticas para el crecimiento de muchos cultivos en suelos calcáreos. (7)

La fertilización es uno de los factores controlables de la producción de tomate que influye marcadamente en el abatimiento de los rendimientos cuando no se efectúa eficientemente.

La aplicación de fertilizantes está sujeta a múltiples controversias por los productores, la mayoría de los cuales sobrefertilizan adicionando grandes cantidades de macronutrientes y micronutrientes en forma de fertilizantes químicos, tanto al suelo en forma fraccionada desde antes del trasplante hasta avanzada la madurez, como al follaje

durante varias etapas de desarrollo del cultivo.

Se debe tener presente que la fertilización es un factor crítico en la producción, por lo tanto, debe contarse con conocimientos que permitan evaluar la fertilidad de los suelos; para ello intervienen en forma muy valiosa la instalación de experimentos de fertilización tanto en el campo como en el invernadero, implementados con análisis químicos de suelos y foliares, para mejorar la producción agrícola. (24)

Al considerar la importancia que representa para el productor, contar con nuevas técnicas encaminadas a mejorar los rendimientos por unidad de superficie en el cultivo del tomate, los análisis foliares se han venido utilizando con gran éxito, para diagnosticar problemas nutricionales de los cultivos o confirmar síntomas visibles de deficiencias de nutrientes y se considera como complemento de los análisis de suelos. (23)

Por lo dicho anteriormente, el presente estudio tiene como objetivo fundamental el de evaluar en invernadero el efecto que tiene la fertilización foliar en tomate bajo diferentes niveles de fertilización al suelo, manteniendo constante el nivel de materia orgánica.

REVISION DE LITERATURA

Reduciendo a los términos más simples, el éxito de la empresa agrícola depende del crecimiento de los cultivos. Sí las plantas crecen y los rendimientos de las cosechas son buenos, el agricultor ha obtenido el éxito; y, excluyendo una gestión económica mal llevada, recibirá a cambio de sus inversiones de trabajo y capital la calidad y cantidad de la cosecha deseada. Por otro lado, si el crecimiento de la planta ha sido pobre y los rendimientos de las cosechas son bajas, el agricultor recibirá una pobre recompensa, si es que recibe algo. (45)

Desde el punto de vista práctico de una agricultura rentable, el crecimiento de las plantas y los factores que la afectan son de importancia primordial en la empresa agrícola. A causa de esto, algunos de estos factores, y el efecto limitante que pueda tener sobre el crecimiento de las plantas, serán discutidos brevemente.

Fenología del tomate

Los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo del tomate dependen de las condiciones del clima, del suelo y de las características genéticas de la variedad.

Desde el momento de la siembra hasta la emergencia trans_u -
curren entre 6 y 12 días. La temperatura óptima del suelo,
para una rápida germinación, es de 20° a 25° C. Desde la -
emergencia hasta el momento de trasplante transcurren entre
30 y 70 días. El tiempo que las plantas permanecen en el -
semillero depende de la variedad de tomate, de las técnicas
de cultivo y de los requisitos de crecimiento.

Se obtiene la primera cosecha de una variedad precoz a
los 70 días después del trasplante. De una variedad tardía,
bajo condiciones de crecimiento lento, se obtiene la primera
cosecha a los 100 días después del trasplante.

El tomate es neutro en cuanto a la duración de luz por
día por lo tanto, florece a su debido tiempo de acuerdo con
la edad y el desarrollo que tiene. Las temperaturas bajas
y un crecimiento exhuberante retardan la floración y provo_u -
can flores de difícil fecundación.

La coloración del fruto se debe a la acumulación de -
pigmentos. La temperatura óptima durante la maduración del
fruto es de 18 a 24°C. La exposición del fruto al sol puede
provocar un blanqueo o quemadura de la piel. Por esta razón
se requiere suficiente follaje para la protección de los fru_u -
tos y favorecer una coloración uniforme. (49)

Mejoramiento genético del tomate

Los científicos de las regiones tropicales de Africa, Asia y América Latina, han identificado las razones por las que las variedades desarrolladas en sus áreas son inadaptables. Las razones entran en tres categorías principales: - Susceptibilidad a enfermedades, baja habilidad en el pegamamiento del fruto y pobre calidad de los frutos frescos para mercadeo o procesamiento.

Recientemente, los investigadores han realizado grandes avances en el desarrollo de variedades resistentes a enfermedades y en la reproducción de líneas; entendiendo las causas básicas del bajo pegamiento del fruto, mejorando la calidad del tomate para consumo fresco y procesado, transfiriendo características útiles en las especies silvestres a las cultivadas. (51)

Resistencia a enfermedades.

Avances significativos en el desarrollo de variedades resistentes han sido el resultado de los esfuerzos de muchos científicos para encontrar genes de especies silvestres de tomate y transferirlos a las variedades adaptadas pero susceptibles. Los cultivadores de tomate alrededor del mundo intercambian resultados y semillas de especies de parientes potenciales. Algunos genes para la resistencia de una - - -

enfermedad específica han sido satisfactoriamente reproducidos en variedades comerciales de muchos países de clima templado. Por ejemplo, la resistencia a fusarium y marchitez bacteriana fue obtenida de Licopersicum pimpinellifolium, la resistencia al virus del mosaico del tabaco se obtuvo de L. peruvianum, y la resistencia a marchitez o tizón temprano de L. peruvianum, L. hirsutum y L. pimpinellifolium.

El entendimiento de como los diferentes genes de resistencia son heredados es de mucha importancia para los fitomejoradores. Esto les permite determinar el procedimiento o método de reproducción adecuado para la transferencia de los genes específicos a la variedad hortícola aceptable.

(51)

Pegamiento del fruto a altas temperaturas.

La producción de tomate en el trópico exige variedades con la habilidad de tener buen pegamiento del fruto bajo condiciones de alta temperatura y excesiva humedad. La habilidad del pegamiento del fruto bajo condiciones de alta temperatura es una característica que puede ser obtenida en plantas en forma heredable según los métodos de mejoramiento más satisfactorios. A principios de 1940, (53) se descubrió que con variedades comerciales de tomate, el pegamiento del fruto es posible dentro de un rango limitado de temperaturas nocturnas de cerca de 15° a 20° C. Experiencias anteriores

han demostrado que bajo condiciones naturales los tomates - expuestos a altas temperaturas nocturnas son también expuestos a altas temperaturas en el día, sugiriendo que ambas pueden ser de mucha importancia en el pegamiento del fruto. De hecho, sí la planta es expuesta a temperaturas extremas de 40°C ó más, la inflorescencia persistirá por sobre más de una semana propiciando la destrucción física de los granos de polen. (51)

Influencia de la temperatura

La producción de tomate depende principalmente de dos factores, uno debido a las condiciones fisiológicas de la planta y otro a condiciones externas a ella. Entre las condiciones externas se encuentra la humedad del suelo, fotoperíodo y temperatura, observándose que estas tienen influencia sobre las condiciones fisiológicas de la planta. Se considera que el desarrollo del racimo, la flor, viabilidad del polen, forma del fruto, crecimiento de la planta y pegamiento del fruto son afectados por la temperatura y por lo tanto la producción. (11)

Efecto de la temperatura en la fructificación.

Se ha llegado a establecer (29,52) que a temperaturas abajo de 10° a 13°C se obtiene un pobre pegamiento de frutos, teniéndose el óptimo entre los 15.5° y 20.0°C.

En algunos trabajos de investigación (53,50) ponen de manifiesto la influencia que tienen las temperaturas nocturnas en el pegamiento del fruto, se observa que el pegamiento del fruto es alto siempre que la temperatura nocturna se encuentre entre los 15° y 20°C, con temperaturas menores o mayores el pegamiento del fruto se reduce; se encuentra alta producción de fruto cuando la temperatura del día fué de 20° a 23° C, y durante la noche de 11° a 17°C (53). Tanto en el campo como en el invernadero hay alto % de pegamiento como de producción de tomate sí la temperatura nocturna predominante es superior a 13.8°C.

Efecto de temperaturas altas

Los factores que comúnmente se piensan tienen influencia en la falta de fructificación (20) por altas temperaturas son:

- a. Reducción de carbohidratos o falla en el transporte de estos.
- b. Esterilidad del polen.
- c. Excursión del pistilo.
- d. Abscisión de las flores.

Basándose en los datos de este estudio se encuentra que son los factores críticos que afectan la velocidad de crecimiento en la acumulación y transporte de los carbohidratos localizados en las hojas. Otros factores son mencionados -

por otros investigadores (38,39) quienes encuentran que la germinación del grano de polen es muy baja a 37.7° C. La caída de la flor se incrementa notablemente por efectos del viento seco y caliente y baja humedad del suelo. La elongación anormal de estilo se presenta aún antes de la antesis y hay bajo pegamiento de fruto.

Efecto de temperaturas bajas

Cuando se exponen plántulas de tomate a temperaturas bajas de 10 a 12.7°C durante el período sensitivo, que se considera es durante el período de dos semanas a partir de la expansión de los cotiledones en la plántula, presenta mayor número de flores que cuando se somete a temperaturas de 18.3 a 23.8° C. Se encuentra que el tamaño de la inflorescencia varía de acuerdo con la temperatura nocturna, encontrándose que a mayor temperatura menor es la inflorescencia y la flor (54). Se indica (22), que la efectividad de las bajas temperaturas se mantiene sí se aplica durante los períodos de obscuridad. En conclusión, la producción de tomate depende de un proceso que requiere de temperaturas menores de 25° C durante la noche. Con temperaturas durante el día de 23° C y durante la noche de 11.1°C resulta en alta capacidad de número de frutos en las primeras cinco inflorescencias. (50)

Elementos necesarios en la nutrición de la planta

Los factores que afectan el rendimiento del tomate son múltiples, pero uno de los factores limitantes más importantes es la nutrición de la planta y principalmente cuando su rendimiento es superior a 15 ton/has. Si comparamos los rendimientos promedio por hectárea de los diversos países nos encontramos que hay una gran variación, observándose que en todos ellos el factor crítico es la nutrición de la planta (11). El cultivo del tomate para poder desarrollarse de manera óptima necesita encontrar en el suelo cantidades suficientes y equilibradas de N, P, K, Ca, Mg, Bo, Fe, Zn, Mn, y Cu; cada uno de estos elementos es importante y la ausencia de uno de ellos cualesquiera repercutirá en una baja de rendimientos.

Nitrógeno

El nitrógeno es usualmente tomado del suelo bajo la forma de amonio o iones de nitrato, y es combinado con compuestos de carbono en el complejo sistema químico de la planta para formar aminoácidos. Estos, experimentan posteriormente reacciones para formar proteínas, las cuales forman parte del protoplasma y de enzimas que actúan catalíticamente para formar varias reacciones en la planta. El nitrógeno juega un papel importante como constituyente de la clorofila, sin la cual la fotosíntesis no podría llevarse a cabo. Muchas de las cantidades de nitrógeno son suministradas por fuentes

diferentes de las de los fertilizantes, tales como compuestos de nitrógeno orgánico formado en el suelo por la acción de procesos naturales o de la atmósfera, posteriormente por la acción de los microorganismos, en asociación con las leguminosas, son capaces de convertir nitrógeno elemental a formas disponibles para las no leguminosas. Estas, son fuentes importantes pero en una agricultura intensiva no son suficientes para el adecuado desarrollo de la planta. (37)

En general los síntomas de deficiencias nutricionales de este elemento en la planta son:

- a. Provoca mayor caída de la flor, especialmente con altas temperaturas. (1)
- b. Ocasiona un amarillamiento foliar en el follaje por ser el nitrógeno constituyente de la clorofila A y B. (45)
- c. Falta de vigor y crecimiento de la planta. (33)
- d. Baja el nivel de auxinas endógenas y reduce la actividad de la giberelina. (32)

Fósforo

El fósforo es requerido en menor cantidad que el nitrógeno, hasta el punto que solamente el 10 % es encontrado en la planta. La mayoría de los suelos contienen grandes reservas de fosfatos en la forma de apatita (complejo de fosfato de calcio), complejos de hierro y aluminio, y compuestos orgánicos, pero tales fuentes usualmente son tan insolubles que

la planta puede hacer poco uso del mismo. (37)

La necesidad de fósforo en el desarrollo de la planta es conocida desde mucho tiempo atrás, pero su función más importante ha sido identificada recientemente, por el descubrimiento de que ciertos enlaces de fosfatos de alta energía están envueltos en el proceso de fotosíntesis y respiración. Estos enlaces aparentemente son necesarios para transferir energía en algunos de los procesos metabólicos de la planta, sin la cual la planta no puede vivir. El fósforo es constituyente de los ácidos nucleicos, fitina, fosfolípidos y en el inicio del crecimiento de la planta contribuye para la formación de las partes reproductivas. Es esencial para la formación de la semilla y es encontrada en grandes cantidades en el fruto y semilla. (37)

Las deficiencias de fósforo en la planta se manifiestan de la siguiente manera:

- a. La planta desarrolla menos flores. (11)
- b. Se forma menos fruto y semilla. (32)
- c. En las plántulas se reconoce por su corto crecimiento y coloración púrpura, el revés de las hojas aparece púrpura antes que el resto de la planta; pero en casos severos aparece en toda la planta. (19)

Potasio

El potasio difiere del fósforo y nitrógeno en aquellos que no es conocido definitivamente, como ser constituyente del protoplasma de la planta. Sus funciones no son conocidas claramente, pero es requerido en grandes cantidades para el buen desarrollo de la planta y no puede ser reemplazado completamente, ni aún por aquellos elementos parecidos como el sodio y el litium. En la planta se presenta generalmente como una sal inorgánica soluble en los tejidos o como parte de un anión en los ácidos orgánicos. El potasio contribuye particularmente en la formación y movimiento de los carbohidratos en la planta, una deficiencia de potasio reduce considerablemente el contenido de carbohidratos.

Sin embargo, sus funciones están obscuras, el potasio definitivamente contribuye en el vigor y resistencia de la planta, especialmente en la formación de almidón y fibra. Es requerido en mayor cantidad que el fósforo y algunas veces en cantidades semejantes al nitrógeno. El contenido de potasio en las plantas generalmente tiene un rango que va -- desde 0.5 a 2.5 % de la materia seca. Hay grandes reservas de potasa en la mayoría de los suelos pero al igual que los compuestos naturales de fosfato, no son suficientemente solubles para ser rápidamente absorbidos por la planta. (37)

Los síntomas de deficiencia de potasio en la planta son:

- a. La planta se presenta de un color verde oscuro con entre

- nudos cortos. (46)
- b. Las hojas presentan márgenes necróticos, retorcidas o -- desgarradas. (33)
 - c. El tallo se presenta delgado con áreas necróticas en algu-- nos casos. (33)
 - d. Se reduce el vigor y resistencia de la planta. (45)

Calcio

El calcio tiene una gran variedad de funciones en la agricultura y es suministrado en diversas formas por la industria. Su función no es solo la de constituir un nutriente para la planta ya que es también corrector de suelos -- ácidos. Como constituyente de la planta es encontrado en -- grandes cantidades en las paredes celulares de las hojas, en la forma de pectato de calcio. El calcio puede también ser encontrado como una sal de un ácido orgánico o en la forma iónica en las células de la savia, y además se encuentra -- fuertemente asociado con el crecimiento y/o desarrollo de -- las flores. A diferencia de los otros micronutrientes, es -- relativamente inmóvil en la planta, por lo cual presenta un pequeño movimiento que se ejerce de las hojas ya desarrolladas a las hojas jóvenes cuando se presenta deficiencia del mismo. Su función exacta al igual que la del potasio es aún obscura pero su deficiencia ocasiona un desarrollo anormal de los brotes y raíces. Es bastante efectivo en evitar la deficiencia de otros nutrientes cationicos. (37)

Magnesio

El magnesio es el único mineral constituyente de la clorofila; y este parece ser su principal papel en la planta. Constituye alrededor del 2.7 % en peso de la clorofila, pero debe estar presente en muy grandes cantidades para prevenir una deficiencia de este constituyente esencial de la planta. El magnesio actúa como un transportador de fosfatos y por lo tanto juega un papel importante en la formación de fosfolípidos y en la síntesis de la nucleoproteína. El magnesio al igual que el fósforo se acumulan en la semilla durante el desarrollo. (37)

La deficiencia de este elemento es notada regularmente en aquellos suelos de textura pesada de regiones húmedas, los cuales contienen pocas cantidades de magnesio intercambiables. La adición de sales fertilizantes agrava este problema debido a que su presencia causa la liberación del magnesio por intercambio iónico, y consecuentemente su deficiencia. En adición, el uso continuo de tales suelos de materiales calcareos con alto contenido de calcio, puede crear un balance desfavorable de calcio-magnesio, e inducir una deficiencia de magnesio. En suelos de textura fina y en suelos de regiones áridas, el suministro de magnesio no es un problema mayor. (37)

Boro

El boro, al igual que los otros micronutrientes es requerido por la planta en pequeñas cantidades; sin embargo, es un nutriente importante para la planta. El término "micro nutriente" es especialmente aplicable al boro, debido a que excesos en las cantidades de este elemento son tan perjudiciales para la planta como lo es su deficiencia. Su función es tan incierta como la mayoría de los micronutrientes, pero la acumulación de carbohidratos y compuestos amino solubles en agua en plantas deficientes de boro, sugiere que juega un papel importante en la síntesis de proteína. En general, la deficiencia de boro atrofia el desarrollo de la planta y los brotes apicales regularmente mueren, particularmente en alfalfa. La desintegración y la descomposición de tejido radicular en los cultivos y en el tallo de algunos miembros de la familia de la col, son síntomas de deficiencia de este elemento. Como otros micronutrientes, el número de áreas en la cual la deficiencia de boro puede ser notada en la planta es mayor cada momento y el elemento es cada día más importante como nutriente de fertilización. (37)

Fierro

El fierro es usado por la planta en algunos de sus sistemas enzimáticos de la respiración, especialmente en la catalasa, peroxidasa y citocromo. La forma metabólica activa de este elemento parece ser la de fierro ferroso; desde que

Las plantas contienen gran cantidad de fierro férrico estas pueden mostrar síntomas de deficiencia. El fierro es esencial en la formación de clorofila, aún cuando no es constituyente de la molécula de clorofila. Una severa deficiencia de fierro causa en las hojas cese del crecimiento y cambio de color a blanco. La deficiencia es notada especialmente en el desarrollo de cítricos, en árboles y arbustos en suelos altamente calcareos y en cultivos como el frijol soya y cacahuate. (37)

Zinc

Se cree que el zinc está envuelto en ciertos sistemas enzimáticos de la planta, particularmente en la carboxilasa y anhídrido carbónico. La auxina que es la hormona que promueve el crecimiento de la planta, requiere la presencia de zinc si la concentración efectiva de esta hormona quiere ser mantenida. Al igual que el boro, solamente una pequeña cantidad de zinc soluble puede ser tolerado en los suelos donde se desarrollen las plantas; el rango entre una adecuada y tóxica cantidad, es mínimo. La deficiencia de zinc es poco notada durante el desarrollo de la planta, pero su importancia como elemento fertilizante ha ido en aumento. (37)

Manganeso

El manganeso es encontrado principalmente en las regiones fisiológicamente activas de la planta, donde ejerce un papel desconocido en el funcionamiento de ciertos sistemas en la oxidación enzimática, y ejerce su función tan bien como los grupos carboxilasa y araginasa. También actúa como un agente oxidante para el hierro; por esta razón un exceso de manganeso en la planta puede causar síntomas de deficiencia de hierro ya que oxida el hierro ferroso a la forma inasimilable de hierro férrico. Las deficiencias ocurren generalmente en suelos orgánicos, en suelos alcalinos y en suelos altamente ácidos. (37)

Los síntomas de deficiencia son clorosis mayor en el ápice, hojas jóvenes moteadas y ápice necrosado. (33)

Cobre

El cobre probablemente se encuentra asociado con algunos sistemas enzimáticos de la planta tales como la polifenol oxidasa, la lactasa y ácido ascorbico oxidasa. Sus deficiencias usualmente se relacionan con suelos orgánicos; sin embargo, los suelos minerales pueden presentar deficiencias si la roca parental fue baja en su contenido de cobre. Cobre, es otro de los nutrientes en el cual el rango entre la cantidad inadecuada y la adecuada es pequeña. (37)

Niveles nutricionales en la hoja

Se considera que hay una cierta concentración en la hoja para cada elemento o nutriente, que abajo de ella la planta presenta deficiencia y afecta su crecimiento, y habrá un rango a este nivel que podrá tener alguna variación en la que el nivel de arriba de éste no presente ningún incremento apreciable en la producción. La época de muestreo de hojas para su análisis es muy importante, ya que el contenido de nitratos, fosfatos y potasio varía; por lo tanto, se debe determinar y tener presente en que cantidad el elemento es deficiente según su época de muestreo. (31)

La siguiente tabla muestra los diferentes niveles de nitratos, fosfatos y potasio cuando estos son deficientes y suficientes en tres diferentes épocas de muestreo.

Tabla 1. Niveles nutricionales de N, P y K en hojas de tomate.

Epoca de muestreo	Nutriente	Deficientes	Suficiente
Inicio de la floración	Nitratos	8000 ppm	12000 ppm
	Fosfatos	2000 ppm	3000 ppm
	Potasio	3 %	6 %
Fruto de 2.5 cm. de diámetro	Nitratos	6000 ppm	10000 ppm
	Fosfatos	2000 ppm	3000 ppm
	Potasio	2 %	4 %
Inicio de maduración	Nitratos	2000 ppm	4000 ppm
	Fosfatos	2000 ppm	3000 ppm
	Potasio	1 %	3 %

En las tres diferentes épocas de muestreo de la planta la parte muestreada fue el peciolo de la cuarta hoja desde el meristemo apical de crecimiento. (34)

Sí la concentración de un elemento esencial en el tejido de la planta cae por debajo del nivel necesario para el óptimo de desarrollo, la planta esta diciendo que se encuentra deficiente en dicho elemento. La deficiencia puede desarrollarse sí la concentración del elemento en el suelo o en el substrato nutricional es bajo, o sí el elemento es presentado en una forma química no disponible para ser absorbida. Algunas veces concentraciones excesivas de otros elementos pueden reducir también el porcentaje de absorción de un nutriente que comienza a ser deficiente. (10)

Análisis foliares

El análisis foliar es una técnica de gran valor en la agricultura, mediante la cual se diagnostica o se confirma deficiencias, principalmente de nutrientes consumidos en mayores cantidades por las plantas y que influyen de una manera más significativa en la disminución o aumento de los rendimientos.

El valor de un análisis de tejidos de plantas, estriba en que al momento de tomar la muestra en el campo van integrados todos los factores (genéticos y ambientales) que han

tenido influencia en la absorción de nutrientes por las plantas.

Los análisis de plantas al utilizarse como un complemento de los análisis de suelo, no deben estar separados si se quiere llevar un control eficiente de fertilización durante todo el ciclo de desarrollo de un cultivo. (24)

A principios del siglo pasado en 1804, se menciona que se ha observado (47,48) el que al analizar las cenizas de plantas, su composición variaba con el tipo de suelo, con la parte de la planta muestreada y con la edad de la misma. También se cita que una de las principales contribuciones del análisis de plantas en la agricultura, ha sido el descubrir problemas nutricionales en áreas donde aparentemente no existían, y por otro lado, problemas que se pensaban eran de origen nutricional se comprobó que se debían a otras causas.

Posteriormente, investigaciones realizadas en 1947, indicaron que los nutrimentos solubles de la planta, se han usado como un índice de los nutrimentos recientemente absorbidos por las mismas, reflejando el actual estado metabólico. En cambio los nutrimentos totales reflejan la historia nutricional completa de la planta. (55)

A los inicios de la década de los sesenta, en 1962, se realizaron experimentos haciendo uso de los análisis foliares

de plantas, los cuales refieren a esta como una técnica de -
diagnos^{is} para indicar el aprovechamiento de elementos mine-
rales (40). Dos años después en 1964, varios investigadores
(42) al establecer experimentos y analizar por espectroscopía
de emisión 14 elementos minerales en muestras de plantas,
observaron en el material de la hoja más recientemente forma-
da de la planta de tomate, mayor correlación en los pecíolos
de las mismas, al relacionar el contenido de estos nutrientes
con los rendimientos. Los muestreos de planta en época tem-
pranas de desarrollo alcanzaron mayor correlación.

En 1967 se determinó que los análisis de plantas se han
utilizado como un medio para asegurar el estado nutricional
de las mismas. También se indicó que las condiciones climá-
ticas diarias, así como la humedad del suelo, tienen poco -
efecto en la concentración de nitratos encontrados en los te-
jidos (12). Ya para 1969 al establecer estudios de fertili-
zación en el campo se hicieron análisis foliares en algunos
cultivos como una base para la determinación de nutrimentos
presentes en las plantas. (40)

Utilidad de los análisis foliares

No debe darse prioridad a los análisis foliares con -
fines de recomendaciones de fertilización, ya que los análi-
sis de suelo en base a métodos químicos calibrados, detectan
en forma muy aproximada el alto o bajo suministro de - -

nutrientes aprovechables por las plantas. No obstante, cuando se aplica el nitrógeno, fósforo, etc., en forma de fertilizantes químicos (sólidos, líquidos o gaseosos), gran parte de ellos en determinadas circunstancias pueden ser fijados, lixiviados, volatilizados o movilizados (dependiendo de su movilidad en el suelo) a partes alejadas de la zona radicular, donde las plantas no pueden extraerlos con facilidad. Aquí es donde interviene el análisis de plantas, para comprobar si el fertilizante aplicado al suelo es o no aprovechado eficientemente; sin embargo, cabe mencionar que el uso de los análisis foliares de plantas, tienen sus ventajas y limitaciones.

De acuerdo con la opinión de distintos investigadores (42), a continuación se mencionan las ventajas y limitaciones de los análisis foliares:

Ventajas de los análisis de tejidos de plantas

- a. Determinan si el nutrimento aplicado al suelo fue asimilado por las plantas.
- b. Indican si las aplicaciones excesivas de un nutrimento, tienen efecto en el aprovechamiento de otros nutrimentos por la planta.
- c. Definen si la planta cuenta con un suministro adecuado de un nutrimento dado y proveen una estimación del grado de deficiencia.

- d. Las deficiencias mostradas en plantas jóvenes, pueden corregirse totalmente sin decremento en rendimientos.
- e. Confirmar síntomas visibles de deficiencias.
- f. Controlar el aprovechamiento de nutrimentos durante todo el ciclo de desarrollo, al analizar los tejidos en forma continua.
- g. Identificar síntomas de deficiencias antes de que éstos aparezcan (15 días anticipados).
- h. Indican el efecto de la fertilización adicional, ya que puede suceder que no sea asimilado el fertilizante agregado por colocación incorrecta, lixiviación, fijación, etc.
- i. Estudia la relación de los nutrientes con el rendimiento.
- j. Se puede examinar grandes áreas en un día.
- k. Mejoran la producción tanto en calidad como en cantidad por unidades de superficie.

Limitaciones de los análisis foliares

- a. No se puede extrapolar datos de un país o región a otra; es decir, los datos de calibración de un método químico de nutrimento, obtenidos en una región, no pueden aplicarse en otra región con fines de diagnosis.
- b. La relación entre concentración de nutrientes y rendimientos potenciales, no siempre es constante.
- c. No proveen información sobre suministro total (únicamente de las forma solubles) de un nutrimento.

- d. La adición de un nutrimento puede provocar que otro sea deficiente, lo cual no puede predecir el análisis de tejidos.
- e. No indica la cantidad exacta de fertilizantes por aplicar, pero sí en una forma muy aproximada.
- f. No puede predecir los máximos rendimientos.
- g. No diagnostica problemas de otra naturaleza como son los debidos a plagas, enfermedades, etc., únicamente los de origen nutricional.

Fertilización foliar

Los fertilizantes se aplican generalmente al suelo para ser absorbidos por la raíz, pero la planta también los puede absorber por la hoja y puede ser ventajoso aplicarlos así por economía, por evitar algún factor edáfico, para tener una más rápida respuesta, etc.. (33)

Es importante para el establecimiento de algunas conexiones, reconocer la existencia de los espacios extracelulares en las hojas, en las cuales los aniones son libres de difundirse e intercambiarse, sin la intervención directa del metabolismo. (10)

Normalmente, la mayor parte de los nutrientes minerales alcanzan los espacios extracelulares del mesofilo vía xilema desde las raíces. Sin embargo, los iones minerales que

descienden por las hojas en la lluvia, pueden penetrar lentamente a través de los estomas y la cutícula, y alcanzar de esa forma los espacios extracelulares en el interior de la hoja, y por ende estar disponibles para ser absorbidos por las células del mesofilo (10). El mismo proceso ocurre cuando iones de nutrientes en solución son directamente asperjados en las hojas de las plantas. Esta es una práctica muy importante llamada "aplicación foliar", útil especialmente para corregir deficiencias de micronutrientes, los cuales tienden a inmovilizarse en el suelo. (21)

A mediados del presente siglo en 1944 dos investigadores (16), trabajando en suelos estercolados encontraron que las aplicaciones foliares de sulfato de manganeso pueden incrementar la producción de los vegetales. Dos años después otro investigador (13), trabajando también con aspersiones de manganeso encontró que la producción de tomate puede ser incrementada tanto como en un 215 por ciento con aplicaciones de sulfato de manganeso al follaje en la cantidad de 8 libras (4 kg) por cada 100 galones (378.6 lts.) de agua. Todas estas investigaciones tuvieron su inicio en 1942, cuando se reportó (5) que se pueden corregir deficiencias de zinc en plantas de tomate asperjándolas a intervalos de 7 a 14 días con una libra (.45 kg) de sulfato de zinc en 50 galones (189 lts.) de agua. También se encontró que aspersiones conteniendo urea pueden ser usados con seguridad y que su uso incrementa el contenido de nitrógeno en las hojas.

Las investigaciones sobre fertilización foliar siguieron en aumento y para inicios de la década de los 50, se encontró que las producciones de tomates se vieron incrementadas incluyendo borax en el horario regular de aspersiones en Maryland. También se encontró que una combinación de sulfato de magnesio y borax en las aspersiones, incrementó significativamente el contenido de sólidos solubles y la producción de tomate (43). En 1951, se realizaron experimentos que demostraron que trabajando con aplicaciones al suelo y aplicaciones foliares de sulfato de magnesio, la aplicación foliar corrigió la deficiencia en aproximadamente 2 meses. Bajo las mismas condiciones, aplicaciones al suelo de sulfato de magnesio requirieron dos estaciones de desarrollo para que la planta se recobrará completamente de los síntomas de deficiencia. (34)

Distintos investigadores en Maryland (43) y en Florida (28), reportaron que no hubo respuesta a las aplicaciones foliares de urea en tomates. A su vez, por cerca de un período de dos años, en Missouri fallaron al tratar de incrementar la producción de tomates en invernadero cuando se hicieron aspersiones foliares de calcio, fósforo y sales de potasio (17). También, en Virginia, al experimentar con varias concentraciones de urea en aspersiones foliares a intervalos regulares, en tomate, se falló al obtener una respuesta positiva. (8) Sin embargo, otros experimentos reportaron una ligera respuesta en el uso de nutrientes fosfáticos en ciertos

cultivos vegetales. Plantas de tomate desarrolladas con bajos niveles de fósforo, dieron una respuesta definitiva de su desarrollo vegetativo, indicando por su altura y peso fresco, al aplicarles aspersiones foliares de fósforo. Producciones tempranas, pero no las totales, en cultivos de tomates fueron incrementadas significativamente con cuatro aspersiones semanales de una solución de 25 milimolar de ácido ortofosforico (36). Posteriormente se encontró que cuatro aspersiones foliares sucesiva de 0.5 por ciento de una solución de urea durante el desarrollo del fruto incremento significativamente la producción de tomates en invernadero. (25)

En 1935 varios trabajos realizados por dos investigadores (6), mostraron que las plantas de tomate asperjadas con borax fueron más vigorosas y retuvieron su color normal por sobre un período mayor en comparación de aquellas que recibieron solamente Zineb (compuesto soluble hecho a base de zinc).

Hasta la fecha pocos trabajos han sido publicados en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio como nutrientes asperjados al follaje en vegetales. De aquello que ha sido publicado la mayoría es negativo.

Probablemente la respuesta más notable a la fertilización foliar en hortalizas es aquella reportada por un investigador llamado Hester (18). El encontró que tres aspersiones

de urea, conteniendo 40.5 kg de nitrógeno por 0.4 has. incrementaron la producción en hortalizas en un 27 por ciento. Con tomates; sin embargo, no encontró tal respuesta. Cuando él usó una composición de 0-10-10 - de fertilizante en 10 aspersiones de urea comparadas con una composición de 5-10-10 de fertilizante, las producciones fueron aproximadamente las mismas.

Epoca de muestreo foliar óptima.

Los tejidos vegetales deben recolectarse en distintas etapas de desarrollo del cultivo, con el propósito de encontrar la "mejor época de muestreo"; es decir, aquella que presente la mejor correlación entre los nutrimentos absorbidos por las plantas y el rendimiento de la cosecha. Esta época de muestreo debe ser oportuna para diagnosticar y corregir las deficiencias de nutrimentos. (24)

En el cultivo del tomate se sugiere efectuar muestreos foliares inmediatamente que las plantas alcancen una altura suficiente, esto se logra por lo general de los 15 días de trasplante en adelante (40 a 50 días después de la siembra); para el análisis de nutrimentos se sugiere recolectar 15 hojas con todo y pecíolo de 15 plantas seleccionadas al azar, debiendo recolectarse de cada planta la tercera o cuarta hoja a partir del punto de crecimiento del tallo principal, en vista de que esa parte revela con mayor precisión la cantidad de nutrimentos absorbidos por el cultivo. (23)

Tipos de análisis de plantas

Existen dos clases de análisis de tejidos de plantas:

- a. Análisis cualitativo (semi-cuantitativo)
- b. Análisis cualitativo.

Análisis cualitativo

Estas pruebas químicas se efectúan en el campo o en invernadero, y se utiliza la savia de las plantas, así como unos cuantos reactivos y aparatos empacados en cajitas portátiles, de fácil transporte. No obstante, éstas pruebas son menos precisas que los análisis cuantitativos de laboratorio; por lo general se consideran adecuados, debido a la gran cantidad de análisis hechos en unos cuantos minutos. Además, es fácil diagnosticar deficiencias tanto por estudiantes como por los propios agricultores. (24)

Análisis cuantitativos

Son métodos químicos de alta precisión. Los análisis cuantitativos de tejidos vegetales, se llevan a cabo en laboratorios tanto de investigación como a nivel comercial. Estos análisis requieren de métodos químicos "calibrados" para determinar los nutrimentos realmente aprovechables por las plantas, en el momento de tomar las muestras foliares. (24)

Epoca y método de aplicación de los fertilizantes

Epoca de aplicación del fertilizante foliar

Las plantas presentan barreras naturales a la penetración de los fertilizantes líquidos asperjados; las hojas de muchas especies vegetales presentan una superficie cerosa o tienen pilosidades; esto varía de acuerdo al tipo de planta y a las condiciones ambientales. En la época de sequía y en los climas cálidos la cutícula es más gruesa e impenetrable, ésto es una reacción fisiológica del vegetal que le sirve como defensa natural para evitar la pérdida excesiva de agua (característica más acentuada en las xerofitas) por esta razón, en condiciones de sequía hay menor acción de los fertilizantes foliares debido a una pobre penetración y a la poca actividad de las plantas por falta de agua; por lo que, la recomendación general es la de aplicar los fertilizantes foliares al inicio de la época de lluvia o después de la aplicación de un riego. (9)

Se ha observado que ciertas especies y variedades de flores y de plantas de sombra son susceptibles a algunos elementos menores, por lo que deben hacerse pruebas antes de aplicar el producto. Las dosis, frecuencia y épocas de aplicación dependen del estado de desarrollo de las plantas y de las necesidades de completar los nutrientes básicos. En plantas hortícolas debe comenzarse aplicando dosis bajas de 2 a 5

días antes del trasplante. Después debe aplicarse cada tres o cuatro semanas, aumentando gradualmente la dosis de acuerdo a la frondosidad del follaje y a la presencia de épocas críticas como floración y producción. (4)

En árboles frutales la primera aplicación puede hacerse cuando se inicia la brotación de yemas. Tratamientos adicionales se hacen poco antes de la floración, de la fructificación y cuando los frutos empiezan a madurar.

En forrajes y en cultivos de cereales, debe aplicarse cuando se inicia el amacollamiento y durante floración. (4)

Método de aplicación del fertilizante foliar

Para aplicar pequeñas cantidades de fertilizante se -- utiliza la fertilización foliar, ya que ha dado magníficos resultados cuando se hace tanto con avión como con asperso-- ras o de tracción motriz, los elementos menores son mejor aprovechados de esta forma. (23)

Epoca de aplicación del fertilizante al suelo

Para el tomate la aplicación de fertilizantes se ini-- cia desde que se marcan camas para llevar a cabo el trasplan-- te de plántulas, hasta mediados de producción alrededor de los 20 a 30 días de iniciados los cortes de frutos. (23)

Como norma general, puede efectuarse el siguiente programa de fertilización. Las cantidades indicadas son calculadas por hectárea.

- a. Antes de la aradura principal, se aplican 600 kg de superfosfato ó 300 kg de superfosfato triple.
- b. Durante la labranza secundaria, se aplican 600 kg de sulfato de potasio-magnesio. En caso de suelos alcalinos, se aplican 250 kg. de sulfato potásico.
- c. Poco antes del trasplante, se aplican 150 kg. de sulfato de amonio o 100 kg. de nitrato de amonio, ó 70 kg. de urea. Este abono se aplica en forma de chorrillo sobre las hileras.

Después del trasplante y de acuerdo con el desarrollo de las plantas, se efectúan algunos reabonados. Un programa de aplicación de abonos adicionales consiste en el siguiente:

- a. Dos semanas después del trasplante, se aplican unos 200 kg. de un abono compuesto de fórmula 15-15-15.
- b. Al comenzar la floración, se repite el anterior reabonado para favorecer la fructificación.
- c. Durante la fructificación y recolección, se aplican cada 20 días unos 100 kg. de sulfato potásico y unos 20 kg. de sulfato de magnesio. Esto favorece una buena coloración de los frutos. (49)

Sin embargo, la mayoría de los agricultores realizan una aplicación dividida del fertilizante: agregan un tercio del nitrógeno más todo el fósforo y todo el potasio; antes del trasplante siempre y cuando no se haya incorporado anteriormente algún abono al suelo; 60 días después del trasplante se agrega otro tercio de nitrógeno y 100 días después del trasplante el otro tercio final es aplicado. (51)

Método de aplicación del fertilizante al suelo

En tomate es común efectuar aplicaciones de fertilizantes en banda en forma manual, sobre todo en etapas tempranas del cultivo, no obstante, lo más práctico es realizar la fertilización antes del trasplante.

El tractor es la maquinaria más utilizada para llevar a cabo la fertilización desde antes del trasplante hasta antes del cierre del cultivo. La separación de 1.8 metros entre surcos permite el paso del tractor que realiza la operación de aplicación del fertilizante y otras labores de cultivo. (23)

Surfactantes

La utilización de aditivos que se agregan a los pesticidas, herbicidas, fungicidas líquidos o fertilizantes foliares para mejorar sus propiedades físicas y químicas se ha

incrementado substancialmente durante los últimos años; sin embargo, existen todavía muchas dudas acerca del uso adecuado de estos productos y a veces el agricultor al confundir el modo de acción de los diferentes tipos de mejoradores causa fitotoxicidad en los cultivos, desperdicia producto o la actividad de los mismos es nulificada.

El término que se emplea para denominar a dichos aditivos es el de "SURFACTANTE", vocablo que se deriva de las palabras inglesas surface + active + agent y que podría traducirse como "agente activador de superficies", o sea material que facilita y acentúa los efectos de humectación, adhesión, detergencia, dispersión, extensión, emulsificación y otras propiedades que se modifican la acción de los líquidos cuando se agregan a las formulaciones o mezclas; naturalmente se debe hacer notar que un solo tipo de "surfactante" no puede reunir todas las propiedades y características enunciadas anteriormente. (9)

Tipos de surfactantes

- a. Adherentes-dispersantes
- b. Detergentes-dispersantes
- c. Emulsificantes y dispersantes
- d. Otros.

Clasificación de los surfactantes por su acción

- a. Hipotensores o humectantes: Son productos que tienen la -- propiedad de abatir la tensión superficial y producir un mejor cubrimiento (humectación) del área foliar.
- b. Adherentes: Pegan fuertemente los plaguicidas al follaje o a los insectos para que permanezcan adheridos por más tiempo y así evitar el problema de lavado por rocío, lluvias, riegos de aspersión, etc.
- c. Detergentes: Son productos que tienen una gran capacidad de detergencia para limpiar sin producir abrasión. Los "surfactantes" que tienen esta propiedad se utilizan para lavar la parte cerosa de la cutícula de las hojas y tallos y así esta acción detergente permite una penetración más rápida a los fertilizantes foliares o herbicidas.
- d. Dispersantes: Son productos que se utilizan para evitar fenómenos de floculación-sedimentación y ayuda a que los productos permanezcan distribuidos uniformemente en las formulaciones líquidas.
- e. Extensores: Son productos que tienen la característica de producir una baja tensión y se les llama extensores cuando se usan en la elaboración de pinturas; esta característica se aprovecha para que las superficies que se pintan tengan buen cubrimiento y no se forman gotas.

f. Emulsificantes: son productos que se utilizan para mantener o estimular la formulación de emulsiones-separación de un líquido en glóbulos microscópicos en otros líquidos con el cual no puede mezclarse. (9)

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el invernadero - del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

El experimento se inició el 15 de Diciembre de 1982, - con la siembra del almacigos de semillas de tomate y se cosechó el 21 de Julio de 1983, teniendo una duración de 220 días y 152 días después del trasplante.

La cantidad de tierra usada por maceta fue de 8.363 Kgs. procedente del Campo Experimental Agropecuario del I.T.E.S. M., ubicado en el municipio de Apodaca, N.L.

Para el presente estudio se realizaron las siguientes combinaciones de nitrógeno y fósforo en Kg/ha.:

N \ P	0	50	100
0	0-0	0-50	0-100
50	50-0	50-50	50-100
100	100-0	100-50	100-100

Las diferentes combinaciones dieron un total de nueve tratamientos con un factor de materia orgánica de 40 ton/ha. y una dosis de aplicación del fertilizante foliar de 30 cc en 10 lts. de agua.

Como tratamientos complementarios incluyendo al testigo se tuvieron los siguientes:

- 0 - 0 Sin fertilización foliar y sin materia orgánica.
- 0 - 0 Sin fertilización foliar y con 40 ton/ha de materia orgánica
- 0 - 0 Con fertilización foliar y sin materia orgánica.

La distribución del diseño experimental fue la de completamente al azar con arreglo combinatorio de seis repeticiones por tratamiento dando un total en los 12 tratamientos (9 tratamientos con diferentes combinaciones de N y P en kg/ha al suelo y 3 tratamientos complementarios) de 72 unidades experimentales.

Para la fertilización del suelo se uso como fuente de nitrógeno el sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, el cual contiene 20.5 % de N; como fuente de fósforo se utilizó el fosfato tricalcico $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, el cual contiene 46 % de P_2O_5 ; como fuente de materia orgánica se usó estiércol de vacuno, siendo previamente esterilizado con vapor de agua el suelo y el --

estiercol. Las aplicaciones de fertilizantes al suelo se realizaron en dos partes, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno el día 21 de Marzo de 1983 a los 32 días después del trasplante, y la otra mitad de nitrógeno se aplicó el día 20 de Abril de 1983 a los 61 días del trasplante.

Como fertilizante foliar se usó Bayfolan Forte (líquido), el cual presenta la siguiente composición:

Azufre -----	2300 mg/lt.
Agente de penetración -----	5 mg/lt.
Boro -----	400 mg/lt.
Calcio -----	250 mg/lt.
Cobre -----	400 mg/lt.
Cobalto -----	20 mg/lt.
Clorhidrato de tiamina-----	40 mg/lt.
Fierro -----	500 mg/lt.
Fitohormona -----	30 mg/lt.
Fósforo -----	80 gr/lt.
Magnesio -----	250 mg/lt.
Manganeso -----	400 mg/lt.
Molibdeno -----	50 mg/lt.
Nitrógeno -----	110 gr/lt.
Potasio -----	60 gr/lt.
Zinc -----	800 mg/lt.

Todos los elementos de la fórmula son compuestos 100 % solubles. Los oligoelementos se encuentran en su mayoría como quelatos asimilables que de esta manera son rápidamente aprovechados por las plantas.

El fertilizante foliar fue aplicado a intervalos de 10 días cada una, habiéndose iniciado la primera aplicación -

ocho días antes del trasplante; para las aspersiones se utilizó una aspersora manual de 10 lts. de capacidad. Se realizaron en total 11 aplicaciones del fertilizante foliar.

Las plántulas de tomate permanecieron en el almacigo 68 días; posteriormente se realizó el trasplante para el cual se sembró una plántula por maceta, constituyendo de este modo una unidad experimental. La fecha del trasplante fué el día 20 de Enero de 1983.

Se utilizó un sistema de riego por goteo, por microtubos de 1 mm. de diámetro.

Se encontró un modelo matemático que lo representa de tal manera que se puede predecir el gasto del emisor en función de la carga hidráulica, temperatura y control de calidad de materia.

Para resolver el interrogante del gasto se utilizó la siguiente ecuación (35):

$$Q = 1.1368 H^{0.713} T^{0.2214} L^{-0.367}$$

Donde:

Q = Gasto, en lts./hora

H = Carga hidráulica o presión

L = Longitud del microtubo

T = Temperatura del agua, en °C.

Como regadera principal se utilizó un tubo de plástico de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro, del cual salen los microtubos.

Se usaron cronómetros de 0.1 segundos de precisión y probetas de 100 cc para aforar los gastos de los emisores.

Se utilizó un contador de presión para la determinación del gasto y de un filtro de malla 200 para retener partículas que pudieran taponar el sistema.

Es importante señalar que las pérdidas por fricción son nulas debido a las dimensiones del sistema.

También, se hizo uso de dos tensiómetros, los cuales - fueron previamente calibrados y puestos a funcionar en una maceta con una planta de tomate, los aparatos se colocaron a dos profundidades diferentes (10 cms. y 20 cms.), de esta forma se determinaba la calendarización del riego según el contenido de humedad existente en el suelo (hacer referencia al informe presentado por el tesista sobre calendarización y uso del tensiómetro).

Para el análisis foliar de hojas, se tomaron las muestras a los 100 días después del trasplante, el 2 de Junio de 1983. Para las muestras, se seleccionó una hoja para cada rama; la hoja corresponde a la quinta desde el extremo apical, esto se realizó por tratamientoy en forma separada. Posteriormente, las hojas fueron lavadas con agua destilada (se

realizaron varios lavados a cada hoja) para eliminar el exceso de fertilizante, fungicida e insecticida que no fue absorbido por la planta. Esto se hace con el fin de evitar lecturas falsas por la incorporación de algún otro elemento.

El lavado de las hojas se realizó haciendo uso de 5 repeticiones con agua destilada, cada hoja se paso en forma separada de un recipiente a otro para diluir aún más los excesos de productos químicos no absorbidos. Luego se secaron las hojas con papel absorbente, una vez secadas se introdujeron por tratamiento en bolsas de papel. Posteriormente, las bolsas se colocaron en la estufa a una temperatura menor de 70 ° C por aproximadamente 24-48 horas para evitar la volatilización del nitrógeno y obtener la materia seca.

Obtenidas las hojas secas (materia seca) estas se molieron haciendo uso de un molino Micro-Wiley o de un mortero, esto debe realizarse por tratamiento y se debe tener cuidado de lavar el embudo y el frasco receptor del molino cada vez que se cambie de tratamiento.

Las hojas molidas (partículas finas de materia seca) -- fueron colocadas en frascos (pomaderas) y puestas en la estufa por cerca de 12 horas para peso constante (los frascos deben estar abiertos en la estufa). Posteriormente, se cierran bien los frascos y se refrigeran hasta su posterior análisis.

Se hace hincapié en que las muestras de hojas (verdes) deben de pesar como mínimo 30 grs. para poder obtener unos 2 gr. de materia seca.

Las muestras fueron enviadas al Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte (C.I.A.N.) para su análisis de elementos. Los elementos analizados y los métodos usados son: el nitrógeno por el método de Microkjeldhal; el fósforo por el método de Calorimetría Vanadato-Paramolibdato; el potasio; calcio, magnesio, fierro, manganeso, cobre y zinc por el método de Digestión Húmeda y Absorción Atómica.

Las variables medidas durante el desarrollo vegetativo y al momento de la cosecha fueron:

- a. Altura total de la planta en centímetros.
- b. Longitud total de las ramas en centímetros.
- c. Número de ramas.
- d. Número de inflorescencias
- e. Número de frutos.
- f. Peso en gramos de los frutos.
- g. Diámetro de los frutos en centímetros.
- h. Peso total de la planta, en gramos, a la cosecha y sin tomar en cuenta las raíces.

RESULTADOS

La obtención de frutos de buena calidad, aunado a altas producciones por unidad de superficie, están influenciadas en un gran porcentaje por la fertilización. Es necesario que el cultivo del tomate desee su estado inicial de plántula - hasta el período de fructificación avanzada, tenga un buen abastecimiento nutrimental.

Los resultados derivados del presente trabajo de tesis, se analizan desde dos puntos principales como lo son el desarrollo vegetativo y la fructificación, ambos aspectos son consecuencia directa de varios factores que se conjugan entre sí, teniendo como el más importante la fertilización foliar o al suelo, ya que es ésta la que proporciona los nutrientes necesarios y en cantidades adecuadas para que la planta se desarrolle vigorosamente, de frutos de buena calidad y que tenga buen rendimiento.

Desarrollo Vegetativo

El buen desarrollo de la planta es determinante en su productividad, esto ocasiona un gran consumo de nutrientes en cantidades adecuadas y suficientes. El efecto de la fertilización en el desarrollo vegetativo se analiza evaluando el peso de la planta, el número de ramas, longitud de ramas y por la altura de la planta.

Peso de la planta

El peso de la planta se evalúa a los 152 días del trasplante, sin tomar en cuenta las raíces y los frutos. El peso es el de materia verde o fresca y se da en gramos, el cual es un promedio de 6 repeticiones por tratamiento.

Tabla 2. Análisis de significancia del peso verde de la planta (*).

Tratamientos				Prueba de Duncan(**)	Peso de la planta
F.F.	M.O.	N.	P.		
0	0	0	0	e	326.85
0	2 %	0	0	e	364.72
si	0	0	0	d	535.80
si	2 %	0	0	ab	776.37
si	2 %	0	50	b	762.33
si	2 %	0	100	c	656.17
si	2 %	50	0	c	683.33
si	2 %	50	50	ab	821.68
si	2 %	50	100	c	670.83
si	2 %	100	0	d	587.50
si	2 %	100	50	d	572.17
si	2 %	100	100	a	829.33

Coeficiente de variabilidad = 6.24 %

(*): Ver Tabla 10 de análisis

(**): Medias con letras iguales no presentan diferencia entre ellas, medias con letras diferentes sí presentan diferencia entre ellas.

F.F. = Fertilización Foliar N. = Nitrógeno al suelo en Kg/ha.

M.O. = Materia Orgánica P. = Fosfato al suelo en Kg/ha.

La Tabla 2, muestra que la combinación del fertilizante foliar y la materia orgánica, tiene un efecto más acentuado que sí se adicionaran separadamente. Los tratamientos con la relación 1:1 de N y P muestran una mayor respuesta en comparación con el testigo que fue el más pobre.

Número de ramas

El número de ramas se evalúa a los 152 días del trasplante, el cual es un promedio de seis repeticiones por tratamiento.

En la Tabla 3, se presentan los promedios obtenidos en los 12 tratamientos a los 152 días del trasplante.

Tabla 3. Análisis de significancia del número de ramas (*).

Tratamientos				Prueba de Duncan(**)	Número de ramas
F.F.	M.O.	N.	P.		
0	0	0	0	e	4.33
0	2 %	0	0	de	5.33
si	0	0	0	cde	6.50
si	2 %	0	0	a	13.00
si	2 %	0	50	ab	11.17
si	2 %	0	100	abc	9.83
si	2 %	50	0	ab	11.83
si	2 %	50	50	abc	10.17
si	2 %	50	100	bcde	8.16
si	2 %	100	0	abc	9.33
si	2 %	100	50	bcd	8.33
si	2 %	100	100	abc	10.33

Coefficiente de variabilidad = 24.07 %

(*): Ver Tabla 8 de análisis

(**): Medias con letras iguales no presentan diferencia entre ellas, medias con letras diferentes sí presentan diferencia entre ellas.

F.F. = Fertilización foliar N = Nitrógeno al suelo en Kg/ha.

M.O. = Materia Orgánica P = Fosforo al suelo en Kg/ha

La Tabla 3, muestra que el fertilizante foliar sí tuvo un efecto positivo en el número de ramas ya que éstas se incrementaron (en número), uniformizándose relativamente con la adición de materia orgánica. Se mantiene el efecto que tiene la relación 1: 1 de N y P ya que muestran mayor respuesta.

Longitud de ramas

La longitud de las ramas se evalúan a los 152 días del trasplante. La evaluación se da en centímetros totales -- (sumatorio de la longitud de todas las ramas), el cual es un promedio de seis repeticiones por tratamiento.

La Tabla 4, muestra los resultados obtenidos en promedio de los 12 tratamientos a los 152 días del trasplante.

Tabla 4. Análisis de significancia de la longitud de ramas (*).

Tratamientos				Prueba de Duncan (**)	Longitud de ramas
F.F.	M.O.	N.	P.		
0	0	0	0	d	499.83
0	2 %	0	0	bc	758.08
si	0	0	0	c	700.50
si	2 %	0	0	ab	1146.92
si	2 %	0	50	ab	1029.92
si	2 %	0	100	abc	957.50
si	2 %	50	0	ab	1055.75
si	2 %	50	50	a	1179.58
si	2 %	50	100	abc	962.00
si	2 %	100	0	abc	905.00
si	2 %	100	50	abc	892.25
si	2 %	100	100	ab	1121.50

Coeficiente de variabilidad = 18.45 %

(*): Ver Tabla 15 de análisis

(**): Medias con letras iguales no presentan diferencia entre ellas, medias con letras diferentes sí presentan diferencia entre ellas.

F.F. = Fertilización Foliar N = Nitrógeno al suelo en Kg/ha.

M.O. = Materia Orgánica P = Fósforo al suelo en Kg/ha.

La Tabla 4, muestra que tanto la materia orgánica como el fertilizante foliar tienen efecto en el número de ramas, pero este efecto se incrementa cuando ambos actúan en forma combinada (Fertilizante foliar + Materia Orgánica) y con la relación 1:1 de N y P, ya que son los que presentan los valores más altos.

Altura de la planta

Esta variable se analizó al igual que las demás a los 152 días del trasplante. Se tomó como dato la altura de la planta desde la corona hasta el punto más alto de la misma. El dato es un promedio de seis repeticiones por tratamiento. Todos los tratamientos fueron medidos y ninguno reportó una diferencia significativa al analizarlos; el coeficiente de variabilidad es igual a 54.09 %. Esto sugiere que la acción del fertilizante foliar no repercutió en desarrollo apical sino en el desarrollo de otras partes de la planta como lo son longitud de ramas, número de ramas y peso de la planta (Ver Tabla 11 de análisis).

Fructificación

La fructificación es un proceso que no circunscribe únicamente a la flor, sino que toda la planta cambia su fisiología de modo que se presenta una redistribución de las reservas alimenticias. Los nutrientes son movilizados de las hojas a los frutos para constituir las reservas del embrión.

El prendimiento y buen desarrollo del fruto, así como su tamaño está en función directa del aporte de sustancias nutritivas y del abastecimiento de agua.

La fructificación se analiza evaluando el número de frutos, diámetro del fruto, peso del fruto y número de inflorescencias.

Como resultado se obtuvo que las variables medidas en número de frutos, diámetro de frutos y peso del fruto, fueron no significativas. (Ver Tablas 11, 12 y 13 de Análisis).

El resultado negativo de las tres variables no significativas de fructificación demuestran que las condiciones de alta temperatura que se presentaron (hasta 45°C) en el invernadero tuvieron un efecto muy fuerte en la planta aún cuando se le hayan aplicado fertilizantes y controlado plagas o enfermedades en la planta. Esto demuestra que el agricultor debe tener presente que las condiciones nutricionales no son las únicas a resolver sino que se debe tener en cuenta las condiciones ambientales como factor limitante de la producción.

Número de inflorescencias

Aún cuando las demás variables medidas en la fructificación arrojaron resultados negativos, se puede tener una idea relativa acerca de lo que pudo haber producido la planta si la temperatura no hubiera sido tan determinante en la fructificación, el número de inflorescencias nos dice de una manera muy acertada cuanto produce una planta de tomate, ya que se

considera que cada inflorescencia produce de 3 a 6 frutos.

La Tabla 5, muestra los datos obtenidos en el número de inflorescencias, el cual es un promedio de seis repeticiones por tratamiento, a los 152 días del trasplante.

Tabla 5. Análisis de significancia del número de inflorescencias (*).

Tratamientos				Prueba de Duncan (**)	Número de Inflorescencias
F.F.	M.O.	N.	P.		
0	0	0	0	d	26.83
0	2 %	0	0	c	44.83
si	0	0	0	cd	40.17
si	2 %	0	0	a	70.50
si	2 %	0	50	abc	56.83
si	2 %	0	100	abc	55.00
si	2 %	50	0	abc	57.17
si	2 %	50	50	abc	57.00
si	2 %	50	100	bc	49.50
si	2 %	100	0	bc	52.50
si	2 %	100	50	bc	52.33
si	2 %	100	100	ab	64.66

Coeficiente de variabilidad = 18.87 %

(*): Ver Tabla 9 de Análisis

(**): Medias con letras iguales no presentan diferencia entre ellas, medias con letras diferentes sí presentan diferencia entre ellas.

F.F. = Fertilización Foliar N.= Nitrógeno al suelo en Kg/ha.

M.O. = Materia Orgánica P.= Fósforo al suelo en Kg/ha.

La Tabla 5, demuestra que la fertilización foliar y la materia orgánica para que tengan un efecto más positivo deben

de ir combinados, uniformizándose su efecto cuando se fertiliza al mismo tiempo el suelo. La relación 1:1 de N y P definitivamente es la mejor ya que es en dichos tratamientos donde el efecto combinado de la fertilización foliar + materia orgánica + fertilización al suelo tiene mayor influencia.

Los resultados obtenidos en el desarrollo vegetativo y en el número de inflorescencias demuestran que el fertilizante foliar para su acción sea más estable y positiva debe de ir en combinación con la materia orgánica, siempre y cuando se mantenga la relación 1:1 de N y P (tratamientos: 50-50 y 100-100). Esto reafirma la teoría de que los nutrientes deben de estar en cantidades equilibradas y necesarias para que la planta tenga un desarrollo y rendimiento óptimo.

Análisis foliar

Los métodos de análisis de plantas y tejidos se han establecido para determinar los niveles de nutrientes en las plantas. Los resultados de estos análisis indican si la planta ha sido capaz de absorber del suelo los diferentes elementos requeridos para un crecimiento y producción óptimos. Esta información no puede ser proporcionada por un análisis de suelo. Por lo tanto, el análisis de suelo y el análisis de plantas y tejidos son mutuamente complementarios. (14)

La Tabla 6, presenta los niveles nutricionales de los diferentes elementos requeridos por la planta a los 100 días del trasplante. Los tratamientos analizados fueron los 7 más significativos.

Tabla 6. Niveles nutricionales de 7 tratamientos.

	F.F.	0	0	si	si	si	si	si
Trat.	M.O.	0	2 %	0	2 %	2 %	2 %	2 %
	S.	0	0	0	0	0-50	50-50	100-100
N	%	2.39	2.34	2.18	3.34	3.44	3.51	3.25
P	%	0.44	0.44	0.27	0.49	0.37	0.41	0.39
K	%	10.50	4.81	6.20	8.70	6.24	4.71	6.34
Ca	%	5.47	4.81	3.83	4.62	3.81	4.34	3.78
Mg	%	1.00	0.65	0.77	0.75	0.62	0.61	0.54
Fe	PPM	157.00	226.00	157.00	181.00	208.00	219.00	259.00
Zn	PPM	54.00	66.00	59.00	59.00	62.00	66.00	58.00
Mn	PPM	77.00	100.00	69.00	79.00	57.00	112.00	55.00
Cu	PPM	20.00	20.00	22.00	18.00	23.00	23.00	19.00

F.F. = Fertilización Foliar

M.O. = Materia Orgánica

S. = Fertilización al suelo de N y P respectivamente en Kg/ha.

De acuerdo a la Tabla 6, el N fue fuertemente absorbido por la planta y pudo haber repercutido en la fructificación aunado con las altas temperaturas. Según los resultados se comprueba que la planta sí absorbió los nutrientes tanto del suelo como por la aspersion; sin embargo, estos no fueron eficientemente usados por la planta ya que se presentó baja fructificación.

DISCUSION

Al considerar que la fertilidad de los suelos va cambiando con el transcurso de los años, es justificable continuar las investigaciones de análisis foliar en tomate durante los próximos años, tanto con nitrógeno como con los otros macronutrientes y micronutrientes, para conocer el grado de abastecimiento y las necesidades nutricionales de cada cultivo.

El desarrollo abundante de las plantas de tomate en el experimento, pudo deberse a una abundancia de nitrógeno, el cual promueve el crecimiento rápido con un mayor desarrollo de hojas y tallos verdes oscuros. Aunque una de las funciones más importantes del nitrógeno es el aumento del crecimiento de las partes vegetativas aéreas, este crecimiento no puede tener lugar excepto en presencia de cantidades adecuadas de fósforo, potasio y otros elementos esenciales en forma aprovechable. (27) Los resultados obtenidos en el análisis foliar (ver Tabla 7, Gráficas 1 y 2) demuestran que los elementos requeridos por la planta si se encontraban en cantidades adecuadas; por lo que, el crecimiento vegetativo abundante sí pudo deberse al efecto del nitrógeno.

El alto contenido de nitrógeno presente en la planta se explica por el hecho de que a altas temperaturas se tiende a favorecer la absorción de nitratos; además, el fertilizante foliar por su contenido de nitrógeno en forma de quelatos -

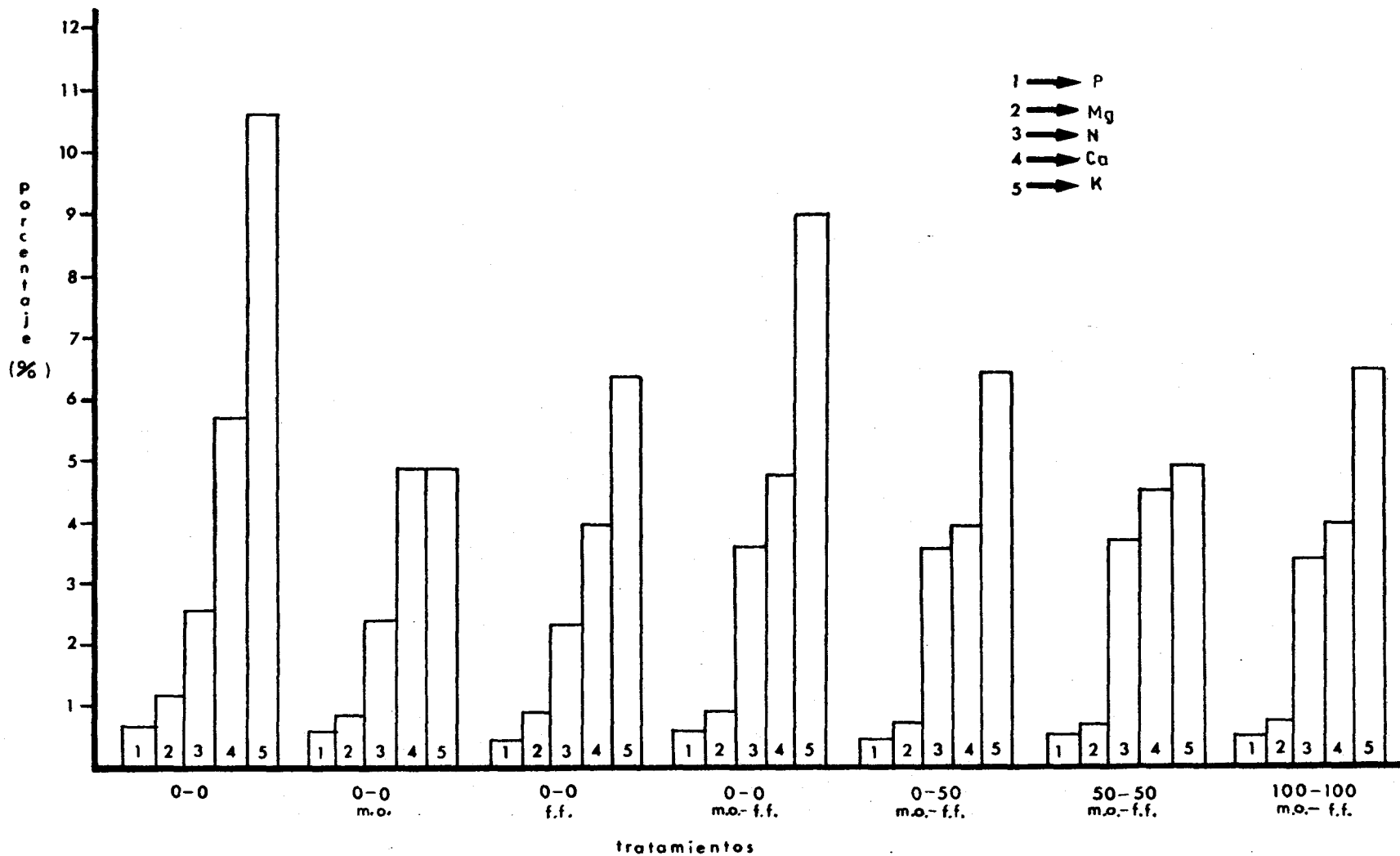


Figura 1. Niveles nutricionales de P, Mg, N, Ca y K en por ciento (%) de contenidos en la hoja de tomate a los 100 días del trasplante de los 7 tratamientos más significativos.

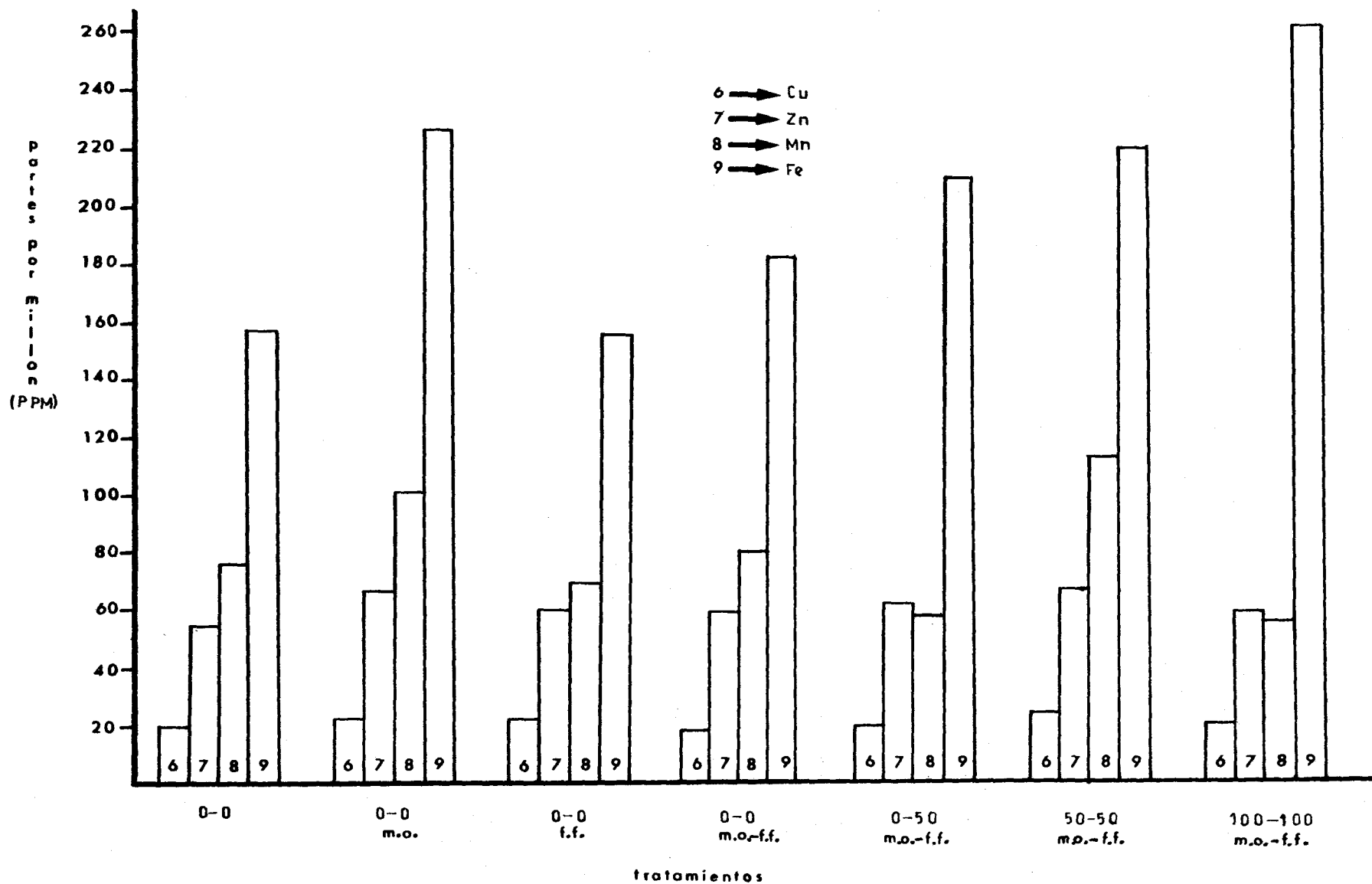


Figura 2. Niveles nutricionales de Cu, Zn Mn y Fe en partes por millón (PPM), contenidos en la hoja de tomate a los 100 días del trasplante de los tratamientos más significativos.

influye más en la absorción de este elemento (11), por lo tanto se indujo mayor ramificación, por consiguiente mayor número de inflorescencias. Según esto, la disminución en el abastecimiento de nitrógeno propiciará un menor desarrollo apical, manteniéndose el número de ramas y de inflorescencias, lográndose un equilibrio entre el desarrollo vegetativo y la fructificación para un buen rendimiento.

El fosfato ha sido considerado por mucho tiempo como un ligando que puede alterar la absorción de Fe en las plantas; aún cuando, el Fe de los tejidos aparece adecuado que en algunos casos el Fe puede precipitar como FePO_4 (P-Fe) en las venas de las hojas. De acuerdo a la Tabla 7, se observa que el contenido de Fe es adecuado (23) por lo que se sugiere que este fenómeno (de precipitación) no se presentó en el experimento; esto concuerda con las investigaciones realizadas en 1969, donde se demuestra que al disminuir la concentración de Zn se incrementaba la traslocación de Fe y P en las hojas de frijol. El Fe se incrementó en forma consistente al incrementar el P, por lo que el P evidentemente no inhibe la traslocación de Fe. La acumulación de Fe fue paralela a del P en las hojas, indicando que el Fe y P en tránsito no estaban precipitando en las raíces y tallos (3), esto se observa en el hecho de que el nivel de Fe en las hojas de tomate del experimento es óptimo (ver Tabla 7, y Gráfica 2) y este se mantuvo dentro de su rango (157-259 ppm), esto lleva a la deducción de que el Fe según lo antes escrito no precipitó

en las raíces y tallos; además si hubiera precipitado (en las hojas y tallo-) no se encontraría disponible para ser absorbido y se presentaría una deficiencia muy marcada de este elemento (clorosis), la cual en ningún momento se presentó en el experimento.

Muchos investigadores han discutido estos y otros efectos similares y aparentemente los han aceptado como modelos de inactivación de Fe y Zn in vivo. Desafortunadamente, no hubo investigación intensiva continua para un conocimiento explícito de esas reacciones. Es innegable que plantas confinadas a soluciones con elevados contenidos de P manifestarán desajustes en el transporte y metabolismo de Fe y Zn. Sin embargo, no es claro que dichos ejemplos correspondan sin lugar a dudas a problemas en el campo. Más aún, existe una precaución creciente respecto a la generalización de una especie a otra o de un suelo o solución a otro en los intentos por entender la inactivación P-metal. En el experimento se determinó según el comportamiento de las plantas que el nivel nutricional del suelo es muy importante saberlo, ya que de él dependen las aplicaciones futuras de fertilizantes tanto al mismo suelo como foliar, según lo cual éstas serán adecuadas sin que se presenten inactivaciones o desajustes en transporte y absorción de nutrientes.

Las grandes cantidades de Cu pueden ser relacionadas a los efectos del Cu en la captación y utilización de otros

elementos por las plantas. El nivel de Cu presentado en la planta durante el experimento se considera moderado (23); a pesar de que no se encontraba a niveles altos si tuvo efecto en la absorción de otros elementos, no llegó a niveles tóxicos ya que el P reduce su toxicidad y esto se confirma por el hecho de que la captación de Fe siempre se mantuvo dentro de su rango (18-23 ppm). Investigaciones realizadas en 1966 (41) presentaron interacciones entre el Cu y el P con plántulas de cítricos en macetas. El P redujo la toxicidad de Cu e incrementó el crecimiento de la planta a niveles excesivos de Cu. Por el contrario, altos niveles de Cu en el suelo reducen marcadamente la captación de P y la concentración de Fe en hojas y raíces. Niveles elevados de P aplicado también disminuyeron la concentración de Fe en las plantas, y los efectos del P y del Cu en la captación de Fe parecen ser aditivos. En 1971, varios investigadores (2) reportaron relaciones similares de Cu-P y Cu-Fe en maíz cultivado en una cámara de estudio. Se encontró que el Cu disminuía las concentraciones de P y Fe en los brotes de maíz pero observaron un efecto relativamente bajo del Cu en el crecimiento (7), realizando abastecimientos de nutrientes al suelo cada vez en mayor cantidad, ya que el nivel nutrimental del suelo disminuye entre cosecha y cosecha. La planta absorbe los nutrientes del suelo y la naturaleza no puede reponerlos en una forma rápida; por ello se recurren a muestreos, análisis y experimentos de fertilización con el fin de saber el nivel nutrimental del suelo y reponerlo mediante la fertilización para que este sea adecuado al cultivo.

Los diferentes tratamientos del experimento aunque mostraron el mismo comportamiento de desarrollo vegetativo no mostraron ninguna semejanza en cuanto a las demás variables medidas. Se establece en los diferentes tratamientos un rango nutricional (al suelo y foliar) dentro del cual la planta encuentra su equilibrio.

A pesar de que las variables de fructificación fueron negativas es posible tener una idea de cuanto pudo haber producido la planta mediante el número de inflorescencias, su número varía de un tratamiento a otro habiendo índices bajos (26.83) e índices altos (70.50), al igual que el número de ramas (de 4.33 a 13.0); esto sugiere la idea de que el número de inflorescencias es directamente proporcional al número de ramas (ver Tablas 4 y 6).

Los micronutrientes en las plantas vivas pasan a través de muchas fases. Algunos de ellos aparecen transitoriamente, otros son relativamente permanentes. Las fases involucradas en el paso del micronutriente hacia el xilema no están bien definidas, pero son fácilmente separadas de los movimientos de larga distancia. La traslocación de micronutrientes representa necesariamente una interfase; sigue y depende de la captación y precede la asimilación y función, o tal vez, almacenamiento en tejidos distantes. Es necesaria más información respecto a la concentración de Zn de dichos brotes.

Algunas reacciones enzimáticas y otras bioquímicas que necesitan de un micronutriente dado puede estar "envenenadas" por la presencia de un segundo microelemento en cantidades tóxicas. Así tenemos que los efectos antagónicos conocidos sobre los elementos en la absorción de micronutrientes, son los siguientes:

- a. El exceso de cobre o de sulfato puede afectar adversamente el uso del molibdeno.
- b. La deficiencia de fierro es aumentada por un exceso de zinc, manganeso y cobre.
- c. Un exceso de fosfato puede aumentar la deficiencia de zinc, fierro y cobre.
- d. Un aumento de fertilización con nitrógeno intensifica la deficiencia del cobre.
- e. Un exceso del sodio o potasio puede afectar adversamente la toma de manganeso.
- f. El fierro, cobre y zinc pueden reducir la absorción del manganeso.

Estos ejemplos de interreacciones de nutrientes, tanto benéficas como desfavorables, demuestran la naturaleza altamente complicada de las transformaciones biológicas en que los micronutrientes aparecen envueltos. Por suerte es pequeña la superficie total en donde los equilibrios de nutrientes desfavorables requieren un especial tratamiento por --

micronutrientes. Esta superficie aumenta, sin embargo, a medida que el hombre hace más intensivo el uso del suelo y de los cultivos que sobre cantidad así como a la forma y dirección de los micronutrientes que se mueven entre los tejidos.

(44)

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se llevó a cabo el experimento, podemos concluir lo siguiente:

- a. Existe respuesta en el desarrollo vegetativo y número de inflorescencias por efecto de la fertilización.
- b. La combinación de la fertilización foliar y materia orgánica, presentará una mayor respuesta al desarrollo de longitud de ramas y número de inflorescencias.
- c. En fertilización más alta de N y P (100-100 y 50-50), hay un incremento en el contenido foliar de Fe, Zn y N, y una reducción en el contenido de Ca y Mg (ver Tabla 7).
- d. Las combinaciones de N y P en la relación de 1:1 (50-50 y 100-100), muestran una tendencia de mejor desarrollo vegetativo.
- e. Hay una elevación general en el contenido foliar de K comparado con información de otras investigaciones.

- f. El alto contenido de N absorbido y la alta temperatura presentada durante el período de floración y pegamiento del fruto fué factor importante en la respuesta negativa de la palnta en fructificación.
- g. El contenido foliar de Cu, Zn, Ca y Mn se encontraba en cantidades suficientes para la planta.
- h. Los elementos como el P, N, Fe, K y Mg se presentaron con mucha variación en su contenido foliar, por lo que estos elementos son a los que se les debe prestar mayor atención en estudios posteriores, con el fin de lograr y determinar un equilibrio nutricional óptimo en la planta.

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en el invernadero instalada en el I.T.E.S.M., en Monterrey, N.L. México.

El experimento se inició el 15 de diciembre de 1982, la semilla de tomate usada fué la línea 16-6-1, se cosechó a los 220 días y 152 días después del trasplante, las dimensiones de las macetas son: 25.5 cms. de \emptyset superior, 17.0 cms. de \emptyset inferior y 21.0 cms. de altura. La cantidad de tierra usada por maceta fué de 8.36 kg; los tratamientos de nitrógeno y fósforo en kg/ha respectivamente fueron los siguientes: 0-0, 0-50, 0-100, 50-0, 50-50, 50-100, 100-0, 100-50 y 100-100; con un factor de materia orgánica de 40 ton/ha; teniendo como tratamientos complementarios incluyendo al testigo los siguientes: 1- Sin fertilización foliar y sin materia orgánica, 2- Sin fertilización foliar y con 40 ton/ha de materia orgánica, 3- Con fertilización foliar y sin materia orgánica; los tres tratamientos complementarios no tuvieron ningún tipo de fertilización al suelo. Como fuente de nitrógeno se usó el sulfato de amonio 21 %, como fuente de fósforo el fosfato tricalcico 46 % y como materia orgánica estiércol de vacuno. Como fertilizante foliar se usó Bayfolan forte a una dosis de 30 cc en 10 lts. de agua, la aplicación es hasta punto de goteo. La distribución del diseño experimental fué de completamente al azar con arreglo combinatorio de 12 tratamientos con seis repeticiones, dando un total de 72 unidades experimentales.

Para la preparación del suelo y fertilización de las macetas se hizo lo siguiente: tanto el suelo como la materia orgánica fueron esterilizados con vapor de agua. Se realizó una mezcla homogénea de materia orgánica, tierra, fósforo y nitrógeno; se aplicó el total de materia orgánica al momento del trasplante; se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno a los 32 días del trasplante y la otra mitad del nitrógeno se aplicó a los 61 días del trasplante. Las aplicaciones foliares fueron cada 15 días desde 8 días antes del trasplante. Para el análisis de hojas se tomaron las muestras a los 100 días del trasplante, correspondiendo estas a la quinta desde el meristemo apical, fueron previamente lavadas y convertidas en materia seca de finas partículas, posteriormente se analizaron, el N por el método de Microkjeldhal, el P por el método de Calorimetría Vanadato-Paramolibdato, el K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn por el método de Digestión Húmeda y absorción atómica.

Las variables medias durante el desarrollo fueron: altura de la planta (cm), longitud total de ramas (cm), número de ramas, número de inflorescencias, número de frutos, peso de la planta (gr) a la cosecha y sin raíces, peso de frutos (gr) y de los frutos (cm).

Los resultados obtenidos al medir las diferentes variables determinaron que el desarrollo vegetativo fue el que presentó mayor respuesta a la aplicación del fertilizante -

foliar bajo los diferentes niveles de fertilización al suelo; en fructificación la respuesta fué totalmente negativa a - excepción del número de inflorescencias la cual se vió incrementada.

El incremento del desarrollo vegetativo pudo ser debido a las altas temperaturas presentadas a lo largo del experimento y a la gran absorción de nitrógeno por la planta, esto ocasionó baja retención de la flor y excersión de pistilos que repercutieron en la baja o casi nula fructificación.

También se atribuye a que efectos colaterales e interreacciones de varios elementos dentro de la planta, hayan sido la causa de un bajo contenido de cobre, calcio y magnesio. Esto se reafirma aún más por el hecho de que la mayoría de los micronutrientes suministrados a la planta fueron en forma de quelatos solubles, los cuales son fácilmente asimilables por la planta.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el momento de la cosecha y bajo las condiciones en que se llevó a cabo el experimento podemos concluir lo siguiente:

- a. Existe respuesta en el desarrollo vegetativo y número de inflorescencias por efecto de la fertilización.

- b. La combinación de la fertilización foliar y materia orgánica, presenta una mayor respuesta al desarrollo de longitud de ramas y número de inflorescencias.
- c. En fertilización más alta de N y P (100-100 y 50-50), hay un incremento en el contenido foliar de Fe, Zn y N, y una reducción en el contenido de Ca y Mg (ver Tabla 7).
- d. Las combinaciones de N y P en la relación de 1:1 (50-50 y 100-100), muestran una tendencia de mejor desarrollo vegetativo.
- e. Hay una elevación general en el contenido foliar de K comparado con información de otras investigaciones.
- f. El alto contenido de N absorbido y la alta temperatura presentada durante el período de floración y pegamiento del fruto fué factor importante en la respuesta negativa de la planta en fructificación.
- g. El contenido foliar de Cu, Zn, Ca y Mn se encontraba en cantidades suficientes para la planta.
- h. Los elementos como el P, N, Fe, K y Mg se presentaron con mucha variación en su contenido foliar, por lo que estos elementos son a los que se les debe prestar mayor atención en estudios posteriores, con el fin de lograr y determinar un equilibrio nutricional óptimo en la planta.

BIBLIOGRAFIA

1. Abdala, A.A. y K. Verkerk. 1970. Temperature and nitrogen nutrition in relation to flowering and fruiting of tomato. Neth. Jour. Agr. 18:111-115.
2. Ambler, J.E. y J.C. Brown. 1969. Cause of differential susceptibility to zinc deficiency in two varieties of navy beans (Phaseolus vulgaris L.) Agron. Jour. 61:41-43.
3. Adriano, D.C., G.M. Paulsen y L.S. Murphy. 1971. Phosphorus-iron and phosphorus zinc relationships in corn (Zea mays L.) seedlings as affected by mineral nutrition. Agron, Jour. 63:36-39.
4. Bayer y Bayer. 1980. Bayfolan Forte. Boletín de Información Técnica. Hoja informativa. 1-2. México.
5. Beckenbach, R., Jr. 1942. Occurrence and control of zinc deficiencies in tomatoes in the Manatee area. Proc. Fla. Hort. Soc. 55:132-133.
6. Brasher, E.P., J.R. Wheatley y W.L. Ogle. 1953. Foliar nutrition sprays on vegetable crops. Bulletin No. 295. University of Delaware. Newark, Delaware. E.U.A. p. 7.

7. uckman, H.O. y N.C. Brady. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simón, S.A. México p. 487.
8. Danielson, L.L. 1951. Use of fertilizer solutions in leaf feeding. Proc. National Joint Committee on Fertilizer Application. p. 39-40.
9. Dupont. 1980. Surfactant WF. Boletín de Información Técnica. Hoja informativa 2,5. México.
10. Epstein, E. 1972. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. Wiley and Sons. E.U.A. pp. 64-95.
11. Flores, R.I. 1982. Cultivo de Hortalizas. I.T.E.S. M., Monterrey, N.L. México. pp. 72-73, 85.
12. Gardner, B.R. y T.C. Tucker. 1967. Nitrogen effects on cotton II soil and petiole analyses. SSSAP 31(6) 785-791.
13. Gilbert, B.E. 1946. Normal crops and the supply of available soil manganese. Rhode Island Exp. Sta. Bul. 246.

14. Graetz, H.A. 1983. Suelos y Fertilización. Ed. Trillas. México. p. 55.
15. Hamilton, J.M., D.H. Palmiter y L.C. Anderson. 1943. Preliminary tests with Uramon in foliage sprays as a means of regulating the nitrogen of apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 42: 123-126.
16. Harmer, P.M. y G.D. Sherman. 1944. The effects of manganese sulphate on several crops growing on organic soils when applied in solution as a stream or spray on the crop. *Soil Sci. Amer. Proc.* 8: 334-340.
17. Hemphill, D.D. y A.E. Murneek. Effects of nutrient sprays on yield and quality of hormone-treated tomatoes. *Amer. Soc. Hort. Sci. Abstracts of papers presented at 49 th. annual meeting.* pp. 162-166.
18. Hester, J.B. 1951. Use of fertilizer solutions in leaf feeding. *Proc. National Joint Committee on Fertilizer Application.* pp. 47-48.
19. Hipp, B.W. 1970. Phosphorus fertilization of direct seeded tomatoes. *Texas Agr. Exp. Sta. B-1101.* Texas A. and M. University. E.U.A. pp. 150-152.

20. Johnson, S.P. y W.C. Hall. 1953. Vegetative and Fruiting responses of tomatoes to high temperature and light intensity. Bot. Gaz. 114:449-460.
21. Krantz, B.A., et. al. 1962. Foliage sprays correct iron chlorosis in gran sorghum. Calif. Agric. 16(5):5-6.
22. Landner, O. 1954. Tomatoes; Temperature is decisive factor. Growers. 42:773-774.
23. Leon, M.G. 1980. El cultivo del tomate en el Valle de Culiacán para consumo fresco. I.N.I.A. pp. 50, 57-63.
24. Mascareño, F.C. 1977. Análisis foliar de Nitratos y Fosfatos en tomate, soya y cártamo en la zona centro de Sinaloa. S.A.R.H. p. 4.
25. Mayberry, B.D. y S.H. Whittwer. 1952. Urea-nitrogen applied to the leaves of certain vegetable crops. Mich. Agr, Exp. Sta. Quarterly Bul. 34: 365-369.
26. McLean, F.T. 1972. Feeding plants manganese through the stomata. Science 66:487-489.

27. Millar, C.E., L.M. Turk y H.D. Foth. 1978. Fundamentos de la ciencia del suelo. C.E.C.S.A. México. p. 341-343.
28. Montelaro, C.B. y F.S. Jamison. 1952. Studies on the nitrogen nutrition of tomatoes with foliar sprays. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 59: 361-366.
29. Odland, M.L. y N.S. Chan. 1959. The effects of hormones on fruit set of tomatoes grown at relatively low temperatures. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 55: 328-334.
30. Olsen, C. 1935. Iron absorption and chlorosis in green plants. *C.R. Trav., Lab. Carlsberg, Ser. Chim.* 21(3):15-52.
31. Oscar, A.L. y N.D. Maynard. 1980. *Knott's handbook for vegetable growers*. 2da. edición. Wiley-Interscience. p. 106.
32. Rajagopal, V. y I.M, Rao. 1974. Changes in the endogenous level of auxins and gibberellin-like substance in the shoot apices of nitrogen deficient tomato plant. *Aust. Jour. of Botany* 22(3):429-435.

33. Rojas, M.G. 1982. Fisiología Vegetal Aplicada. 2da. Edición. McGraw Hill. México. p. 117.
34. Scott, L.E. y D.H. Scott. 1951. Response of grape vines to soil and spray applications of magnesium sulphate. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 57:53-58.
35. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.). Funcionamiento Hidráulico. Diseño y Evaluación de Sistemas de Riego por Goteo. Boletín No. 4. pp. 6-37.
36. Silberstein, O. y S.H. Whittwer. 1951. Foliar application of phosphate nutrients ot vegetable crops. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 58:179-190.
37. Slack, A.V. 1967. Chemistry and technology of fertilizer. An Interscience report. Interscience Publishers, Inc., New York E.A.U. pp. 2-4.
38. Smith, O. 1932. Relation of temperature to anthesis and blossom drop of the tomato with histologycal study of the pistil. Jour. Agr. Res. 44:183-190.
39. Smith, O. y H.L. Cochran. 1935. The effect of tempe^u rature on pollen germination and tube growth in the tomato. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Mem. 175:3-11.

40. Smith, P.F. 1962. Mineral analysis of plant tissues. *Soil Science* 94:81-104.
41. Spencer, W.F. 1966. Effect of copper on yield and uptake of phosphorus and iron by citrus seedling grown at various phosphorus levels. *Soil Science* 102:296-299.
42. S.S.S.A. Special Publication No. 2. Soil testing and plant analysis. Plant analysis part II. .S.S.S.A., Inc., Madison, Wisconsin, E.U.A. pp. 35-50.
43. Stark, F.C. 1951. Nutrient spraying of cantaloupes and tomatoes. *Trans. Penin. Hort. Soc.* Vol. 41, No. 5, pp. 19-50.
44. Tiffin, L.O. 1967. Traslocation of manganese, iron cobalt, and zinc in tomato. *Plant Physiol.* 42: 1427-1432.
45. Tisdale, S.L. y W.C. Nelson. 1977. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Montaner y Simon, S.A. Barcelona, España. pp. 83-88.
46. Trudel, M.J. y J.L. Ozbun. 1970. Relationship between chlorophyll and carotenoids of ripening tomatoes fruit as influenced by potassium nutrition. *Jour. Exp. Botany* 21 (69): 831-886.

47. Ulrich, A. 1952. Nitrate content of grape leaf petioles as an indicator of the nitrogen status of plant. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 41: 213-218.
48. _____ 1961. Plant analysis in sugar beet nutrition. American Institute of Biological Science. E.U.A., pp. 20-25.
49. Van Heaff, J.N. 1982. Tomates. Ed. Trillas. México. pp. 16, 33-34.
50. Verkert, K. 1955. Temperature light and the tomato. Wageningen, Veenman. p. 50.
51. Villarreal, R.L. 1980. Tomatoes in the tropic. Westview. Press. Boulder, Colorado. pp. 36-37, 75-80.
52. Ward, K.M. Temperature and fruit set in the tomatoes. Queensland Agr. Jour. 82: 641-644.
53. Went, F.W. 1944. Plant growth under controlled conditions. II termoperiodicity in growth and fruiting of tomato. Amer, Jour. Bot. 31:135-150.

54. Went, F.W. y L. Casper. 1945. Plant growth under controlled conditions. VI Comparison between fields and air conditioned greenhouse culture of tomato. Amer. Jour. Bot. 32:643-654.

55. Wolf, B. y V. Ichisaka. 1947. Rapid chemical soil and plant test. Soil Science 64(3): 227-243.

A P E N D I C E

APENDICE

TABLA 7. Análisis de varianza del número de ramas.

	G.L.	S.C.	V	Fc	F(.05)
Tratamiento	11	384.944	34.99	7.14**	1.92
Error	60	294.330	4.90		
Total	71	679.277			

TABLA 8. Análisis de varianza del número de inflorescencias.

	G.L.	S.C.	V	Fc	F(.05)
Tratamiento	11	8189.320	744.48	7.63**	1.92
Error	60	5849.330	97.48		
Total	71	14038.650			

TABLA 9. Análisis de varianza del peso fresco.

	G.L.	C.C.	V.	Fc	F(.05)
Tratamiento	11	1813694.000	163881.27	105.95**	1.92
Error	60	933370.000	1556.17		
Total	71	2747064.000			

TABLA 10. Análisis de varianza de la altura de la planta.

	G.L.	S.C.	V	Fc	F(.05)
Tratamiento	11	27866.730	2533.34	0.197	1.92
Error	60	769914.270	12831.904		
Total	71	797781.000			

TABLA 11. Análisis de varianza del peso del fruto.

	G.L.	S.C.	V	Fc	F(.05)
Tratamiento	11	9228.913	838.99	0.966	1.92
Error	60	52105.390	868.42		
Total	71	61334.303			

Coefficiente de variabilidad = 89.82%

TABLA 12. Análisis de varianza del diámetro del fruto.

	G.G.	S.C.	V	Fc	F(.05)
Tratamiento	11	33.035	3.003	0.517	1.92
Error	60	384.420	5.807		
Total	71	381.46			

Coefficiente de variabilidad = 79.60%

TABLA 13. Análisis de varianza del número de frutos.

	G.L.	S.C.	V.	Fc	F(.05)
Tratamiento	11	164.486	14.95	1.81	1.92
Error	60	494.490	8.24		
Total	71	658.986			

Coeficiente de variabilidad = 283.00 %

TABLA 14. Análisis de varianza de la longitud de ramas

	G.L.	S.C.	V.	Fc.	F(.05)
Tratamientos	11	2688222.000	246383.0	8.208**	1.92
Error	60	1786373.000	29772.8		
Total	71	4474595.000			

(**): Nivel de 1 %, diferencia significativa.

(*): Nivel de 5 %, diferencia altamente significativa.

Centro de Información-Biblioteca



38802005310001