

T-16/58

T
16
103

UNIVERSIDAD DE GRANADA

**FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA VEGETAL**

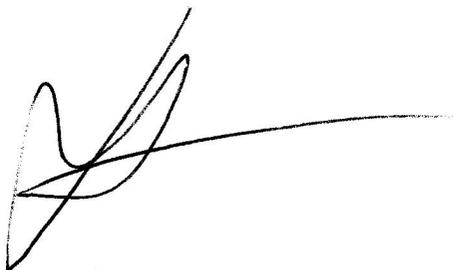
**DIFERENCIAS NUTRICIONALES DE ALGUNAS VARIETADES DE
TOMATE CRECIDAS BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO**

**TESIS DOCTORAL
LAILA AHAMMAD**

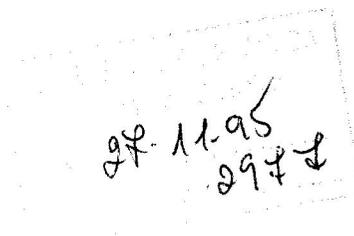
Granada, Noviembre 1995

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA	
GRANADA	
Nº Documento	01968891X
Nº Copia	121241466

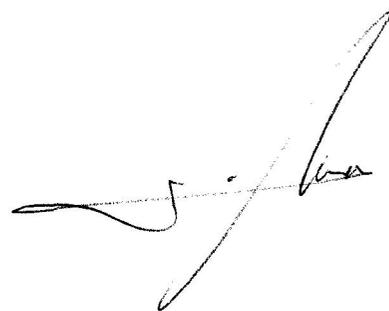
Memoria presentada para aspirar el grado de doctor en ciencias biológicas por la licenciada LAILA AHAMMAD, titulada "Diferencias nutricionales de algunas variedades de tomate crecidas bajo condiciones de invernadero", que ha sido realizada en el departamento de biología vegetal de la facultad de ciencias de la Universidad de Granada, bajo la dirección del Profesor Dr. Luis María Romero Monreal.



Fdo. Dr. LUIS M^a ROMERO MONREAL.



27-11-95
2972



LAILA AHAMMAD

Aspirante al grado de Doctor

Granada, Noviembre de 1995



UNIVERSIDAD DE GRANADA
20 NOV. 1995
COMISION DE DOCTORADO

	PAGINA
1.- Objetivos.....	1
2.- Introduccion.....	3
2.1.- Respuesta a los nutrientes.....	4
2.1.1.- Nitrogeno.....	4
2.1.2.- Fosforo.....	5
2.1.3.- Potasio.....	6
2.1.4.- Calcio y magnesio.....	7
2.1.5.- Micronutrientes.....	8
2.2.- Factores que afectan el crecimiento de las plantas y la respuesta a los nutrientes.....	12
2.2.1.- pH del medio de la raiz.....	13
2.2.2.- Interacciones iónicas.....	14
2.2.3.- Salinidad.....	16
2.2.4.- Fuente de nitrogeno.....	19
2.2.5.- Temperatura y luz.....	22
2.2.6.- Modo de irrigación.....	26
2.2.7.- Variación genotípica.....	29
3.- Material y métodos.....	40
3.1.- Características del invernadero.....	40
3.2.- Especie estudiada.....	40

	PAGINA
3.2.1.- Generalidades.....	40
3.2.2.- Encuadramiento taxonómico y descripción botánica.....	42
3.3.- Características de las parcelas.....	44
3.4.- Parámetros ambientales.....	44
3.5.- Fertilización.....	44
3.6.- Plantas.....	45
3.6.1.- Toma de muestras vegetales y su preparación.....	45
3.6.2.- Análisis del material vegetal seco.....	47
3.6.2.1.- Extracción de los nutrientes totales.....	47
3.6.2.1.1.- Mineralización por vía húmeda con sulfúrico.....	47
3.6.2.1.2.- Mineralización por vía húmeda con nítrico/perclórico.....	48
3.6.2.2.- Extracción de la forma soluble de los nutrientes.....	48
3.6.2.2.1.- Extracción con medio ácido.....	48
3.6.2.2.2.- Extracción con	

	PAGINA
medio acuoso.....	49
3.6.2.2.2.1.- Nitratos.....	49
3.6.2.2.2.2.- Cloruros.....	49
3.6.2.2.2.3.- Sulfatos.....	50
3.6.3.- Análisis del material	
vegetal fresco.....	50
3.6.3.1.- Proteínas solubles.....	50
3.6.3.2.- Aminoácidos solubles.....	51
3.6.3.3.- Pigmentos.....	51
3.6.3.3.1.- Clorofilas.....	51
3.6.3.3.2.- Carotenos.....	52
3.6.3.3.3.- Licopeno.....	52
3.6.3.3.4.- Antocianinas.....	52
3.6.3.4.- Acidez.....	53
3.6.3.4.1.- Acidez iónica.....	53
3.6.3.4.2.- Acidez valorable.....	53
3.6.3.5.- Hidrogeniones y hidróxilos.....	53
3.6.3.6.- Enzimas.....	54
3.6.3.6.1.- Nitrato reductasa	
endógena.....	54
3.7.- Productividad.....	54
3.8.- Análisis estadístico.....	55

	PAGINA
4.- Resultados y discusión.....	56
4.1.- Consideraciones sobre	
el efecto de las variedades.....	57
4.1.1.- Actividad de la nitrato-reductasa,	
compuestos orgánicos nitrogenados y	
acidéz iónica y valorable.....	57
4.1.2.- El Cl, fracciones y	
formas nitrogenadas.....	62
4.2.- Efecto de las variedades	
sobre el contenido foliar.....	71
4.2.1.- Cationes monovalentes	
(K y Na) y sus formas.....	71
4.2.2.- Cationes divalentes: sus formas.....	78
4.2.2.1.- Calcio y magnesio.....	78
4.3.- Aniones.....	83
4.3.1.- Formas y razones	
del azufre.....	83
4.3.2.- Fósforo.....	89
4.4.- Balance iónico.....	92
4.4.1.- Aniones.....	94
4.4.2.- Cationes.....	97
4.4.3.- Equilibrio electrostático.....	98

4.5.- Posibles indicadores	
fisiológicos del nivel iónico.....	102
4.5.1.- Pigmentos foliares.....	102
4.6.- Productividad.....	110
4.6.1.- La producción en Kg/Ha.....	110
4.6.2.- Número de frutos por Ha.....	113
4.6.3.- Evolución de la	
producción y el número de frutos.....	116
4.6.4.- Número de frutos	
cuajados y flores por Ha.....	118
4.6.4.1.- Número de frutos cuajados/Ha.....	118
4.6.4.2.- Número de flores/Ha.....	120
4.7.- Rango óptimo en plantas	
de lycopersicon esculentum.....	121
4.7.1.- Parámetros del N.....	122
4.7.2.- Parámetros del P.....	125
4.7.3.- Parámetros del Mg.....	126
4.7.4.- Parámetros del Ca.....	127
4.7.5.- Algunos nutrientes.....	129
4.7.6.- Balance iónico.....	131
5.- Conclusiones.....	133

6.- Bibliografía.....136

OBJETIVOS

Dada la importancia del cultivo de tomate, nos pareció importante seleccionar, de entre las variedades comerciales o las que van a ser comercializadas de inmediato, aquellas que presentan mejores condiciones de adaptación a las características de cultivo de la zona costera.

En consecuencia, el objeto de este trabajo fue utilizar el diagnóstico foliar para establecer, en cada una de las variedades estudiadas, una serie de parámetros nutricionales en relación con la cosecha, y ver las analogías y diferencias entre las variedades en cuanto a estos parámetros y productividad, para llegar a identificar la o las variedades que se han adaptado mejor que otras.

Por otra parte se sabe que el análisis foliar ayuda a una correcta interpretación del efecto de la fertilización, y poder relacionar entre nutriente aplicado y concentración de nutriente en la hoja para cada una de las variedades estudiadas.

INTRODUCCION.

la manipulación del suministro de los nutrientes, es esencial para obtener altas producciones y buena calidad del fruto. Las plantas de Tomate como otras plantas crecen moderadamente bien si los niveles de nutrientes no están por debajo de un rango adecuado para el crecimiento y la buena producción.

2.1.- RESPUESTA A LOS NUTRIENTES.

2.1.1.- NITROGENO.

La respuesta a la aplicación de nitrógeno depende no solo del contenido inicial del nitrógeno si no también depende de la inmovilización, o de la mineralización, o de la denitrificación al cosechar. la producción aumenta con tratamientos moderados de nitrógeno en invernadero (Winsor, Davies and Massey, 1967) y en campo (Pavlovitch et al., 1965). en algunos estudios las altas producciones fueron obtenidas cuando el suelo contenía al rededor de 140 mg/l (Bar-Yosef, 1977). La respuesta al Nitrógeno depende también de la forma de nitrógeno aplicado, muchos estudios han demostrado que la nutrición con amonio como única fuente de nutrición es nociva para el crecimiento de muchas plantas (Benett et al., 1964; Goyal et al., 1982; Pill and Lamberth., 1977). la adición de nitratos alivia el efecto inhibitor de amonio sobre el crecimiento (Goyal et al., 1982; Ota and Yamamoto., 1989). La

combinación de amonio y nitrato para la nutrición de muchas plantas da por resultado un grán creciminto vegetativo que cuando está nutrida por alguna de las dos formas amonio o nitrato (Edwards and horton.,1982; Gashaw and Mugwira.,1981; Hartman et al.,1986; Shrader et al.,1972).Las concentraciones de los nutrientes en las hojas también fueron afectadas por la forma de nitrógeno aplicada (NO_3^- o NH_4^+), las concentraciones de N, P, Mg, Cu y Fe fueron aumentadas por la nutrición por NH_4^+ , mientras que las concentraciones de Ca, K, Zn y Mn disminuyeron y lo contrario ocurió con la nutrición con NO_3^- (MD. Serna, R. Borrás, F. Legaz y E. Primo-Millo.,1992).

2.1.2.- FOSFORO.

La respuesta al fósforo aplicado, depende del estado de este en el suelo y aumentos significativos en la producción de plantas de Tomate, fueron obtenidos en un suelo con un bajo contenido del fósforo disponible en respuesta a las aplicaciones de 800 y 2400 Kg/Ha de superfosfatos (Feigin y Sagiv.,1974).

Fuertes aplicaciones de Fósforo pueden disminuir la producción. La deficiencia de fósforo redució el número de yemas a florecer y retardó la antésis (Menary y Van. Staden.,1976). Se han demostrado cambios en el número, peso, volumen y diámetro de la raíz bajo estrés de fósforo (christie,E.K.,1975; Rossell, S.,

1981). El fósforo total de la raíz y el diámetro medio disminuyeron, mientras que la superficie de la raíz aumentó bajo condiciones de estrés de fósforo (Marina Garcia y Jocelyne Ascencio.,1992).

Se ha encontrado una disminución en el crecimiento de las plantas de Soja y Judia que crecieron bajo estrés de fósforo y agua (G. N. Al. Karaki, R. B. Clarck, G. Y. Sullivan.,1995).

La evaluación de la eficiencia de fósforo, ha sido usada para, identificar las especies y variedades con diferentes grados de tolerancia a bajo nivel de fósforo en el suelo.

2.1.3.- POTASIO.

El potasio es el catión más abundante de las plantas, juega un papel importante en las células, está implicado en el mantenimiento de la estructura de las enzimas, en la síntesis de las proteínas y mantenimiento del balance electrostático y la turgencia (Lüttge y Clarkson., 1989). Aumentos en los niveles de potasio mejoran todos los aspectos de la calidad del fruto (Winsor.,1966; Winsor y Long.,1967; Winsor y Long.,1968; Shafshak y Winsor.,1964; Davies y Winsor.,1967).

Hay niveles críticos internos de potasio por debajo de los cual el crecimiento disminuye rápidamente. La producción máxima puede ser obtenida con niveles moderados de potasio de la

solución nutritiva (Lingle y Lorenz.,1969).

Hay una relación entre la absorción de los nitratos y la del potasio (Kikby y Knight.,1977; Jarvis et al.,1990). Para todas las plantas, el potasio actua como un contra-ion para el transporte de los nitratos (Armstrong y Kirkby.,1979; Jeschke et al.,1985). se ha demostrado que la adición de potasio a la solución nutritiva altera la acumulación de calcio y magnesio en las raices, pero la concentración de magnesio fué más afectada que la del calcio (David Brauer.,1994).

2.1.4.- CALCIO Y MAGNESIO.

Desde casi 20 años se conce que el calcio y el magnesio son dos competidores mutuos para su absorción por las raices de las plantas (Ferguson, I.B. and, D.T. Claracson.,1976; Lazaroff, N. and, M.G. Pitman.,1966; Maas, E.V. and, G. Ogata.,1971; Moore, D.P, R. Overstreet, and L.Jacobson.,1960; Schwartz, S. and B. Bar-Yosef.,1983). En general la absorción de magnesio por las raices es más sensible a ser inhibida por el calcio que aquella del calcio por el magnesio.

El calcio juega un papel importante en la regulación de las respuestas celulares a cambios debidos al ambiente y al crecimiento (Marrne,D.,1985), la omisión del calcio de la solución nutritiva reduce el crecimiento de la planta y el número

de hojas formadas. Aumentos de los niveles de calcio en el suelo arenoso (PH:5.5) disminuye suavemente la producción (Marterns., 1963).

Un inadecuado suministro de magnesio puede reducir el crecimiento (Hipp and Gerard.,1969) y la producción del fruto (Adatia and Winsor.,1971).

Se ha demostrado que aumentos de los niveles de calcio y magnesio en el suelo puede implicar un significativo aumento en el contenido de calcio y disminución de potasio en las plantas y también se mostró un aumento en el contenido de la vitamina C en los frutos, mientras la reducción en los contenidos de azúcares disminuyó (J. M. Peñalosa, C. Cadahia, M. J. Sarro, and A. Masaguer.,1994).

2.1.5.- MICRONUTRIENTES.

La acumulación de los metales pesados han aumentado con las actividades del hombre y la industria. La contaminación del suelo en todo el mundo, ha sido estudiada por muchos autores (Mitchell et al., 1978; John. M. K., 1972; Rappaport et al., 1988.). La deficiencia o exceso de algún metal esencial puede afectar el balance mineral y el contenido orgánico que retrasa el crecimiento de las plantas (Rosen et al., 1977.).

La toxicidad del cinc disminuyó el contenido de la clorofila

en las hojas y el coeficiente de la fotosíntesis (Hampp. R. K., 1966.), cuando el contenido las proteínas disminuyó con la alta concentración de cinc (Porter et al., 1981.). Kalyanaraman et al., 1994, mostraron que las bajas concentraciones de cinc aumentaron el contenido de K y disminuyeron los contenidos de Ca, Mg, Na, Fe, Cu y Mn. También se ha demostrado que las bajas concentraciones de cinc aumentaron el peso seco de las hojas, mientras que las altas concentraciones mostraron su disminución (Kalyanaraman. S. B. et al., 1993.). La acumulación excesiva de cinc afecta el balance mineral que implica una disminución de la clorofila, aminoácidos esenciales y carbohydratos (Amar Singh., 1978.).

Los cambios en la concentración de la clorofila inducidos por los metales pesados explicarán la reducción de Fe (Lingle et al., 1963.). La disminución en el contenido de Fe con un exceso de Mn, Cu, Zn y Co disminuyó la actividad de la catalasa en cebada, mientras que la actividad de la peroxidasa no fue reducida (Agarwala et al., 1977).

Genótipos sensibles de avena (*Avena Sativa*) que crecieron en un suelo calcáreo bajo una deficiencia de Fe pueden mostrar unas manchas cloróticas que se han visto en campo y en invernadero (Ocumpaugh. W. R. et al., 1992).

La deficiencia de molibdeno produce en las plantas una mal formación de las hojas, acompañada de una clorosis y necrosis marginal (Jungk et al., 1970; Winsor y Adams., 1987). Los síntomas pueden ser más características de las hojas de una edad intermedia (Jungk et al., 1970), o puede que aparezca inicialmente en las hojas jóvenes (Royle. S., 1984 as cited by Winsor y Adams., 1987).

La omisión del cobre de un sustrato de turba tenía un pequeño efecto sobre el crecimiento o la calidad del fruto, pero redució la producción hasta 11% (Adams et al., 1978 b.) y 25% (Adams., 1978 a.).

La cantidad de boro requerida para el crecimiento normal de las plantas está relativamente cercana al nivel tóxico, y el rango entre la deficiencia y la toxicidad del boro en las plantas es pequeño comparado con otros elementos (Eaton., 1944; Nable., 1990). Se demostró que la toxicidad de boro de las plantas en el sur de Australia (Cartwright et al., 1984) dió por resultado una reducción en la producción de cebada de 17% debido a las altas concentraciones de boro en el suelo. se ha demostrado que el boro afecta la absorción de los elementos esenciales. El aumento del boro en el medio de cultivo aumenta los contenidos de calcio en los tejidos de la planta (Minarik. C. E. et al., 1939; Parks. R.

Q. et al., 1944.), mientras que las plantas deficientes en boro mostraron una disminución de calcio en la planta (Salinas. M. R. et al., 1981.), pero hubo otros autores que mostraron que no hay cambios para muchos elementos incluido el calcio a diferentes niveles de boro en el medio de cultivo (Clark et al., 1981.).

La deficiencia de boro implicó un aumento en el contenido de azúcares en los tejidos de las plantas (Cresswell et al., 1973.), y también una disminución en el contenido de RNA (Cresswell et al., 1973; Shkol'nik et al., 1964.) que dió por resultado una suspensión del crecimiento de la raíz que es uno de los primeros síntomas de la deficiencia de boro. El contenido de la clorofila también aumentó con las bajas concentraciones de boro (Fawzia. S. et al., 1994.).

La primera evidencia de la toxicidad de manganeso fue observada en 1909 en Hawaii (Schlichting. E. et al., 1988.). Bajo toxicidad de manganeso las hojas jóvenes de soja que contenían 1.53 mg/g p. s. de manganeso se arrugaron y mostraron manchas cloróticas mientras que las viejas que contenían 2.80 mg/g p. s. mostraron manchas marrones en la superficie de las hojas, estas últimas han sido identificadas como síntomas de toxicidad de manganeso; esta toxicidad no afectó el peso seco de las hojas viejas pero sí disminuyó severamente aquel de las hojas jóvenes

(Sun-ho Wu., 1994). Se ha demostrado también que la longitud, el peso seco y fresco de las raíces de las plantas disminuyeron con el aumento de la concentración de manganeso (R. E. Wilkinson., 1994.). La toxicidad de Mn ha sido reconocida como un importante factor limitando el crecimiento de las plantas en suelos ácidos. Diferentes especies y variedades difieren en cuanto a la tolerancia al Mn. Otros nutrientes como el Fe, Ca y Mg existentes en el medio de crecimiento pueden modificar la absorción del Mn (Chinnery y Harding., 1980; Maas et al., 1969.). El efecto del Mg en el medio nutricional es aliviar la toxicidad de Mn (Löhnis., 1960; Hecht-Buchholtz et al., 1987.) y también la alta concentración de Mg en los tejidos de la planta mejora la tolerancia a la alta concentración de Mn. Se ha demostrado también que el aumento del suministro de Mg en el medio nutricional disminuye la absorción del Mn (Elamin y Wilcox., 1986 a; 1986 b; Maas et al., 1969.) y esto gracias a la competición de los dos cationes divalentes en el transporte.

2.2.- FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS Y LA RESPUESTA A LOS NUTRIENTES.

Entre los distintos factores que afectan el crecimiento y la respuesta a los nutrientes destacamos los siguientes.

2.2.1.- PH DEL MEDIO DE LA RAIZ.

Los suelos ácidos (<PH 4.8) son nocivos para el crecimiento de las plantas (Clark., 1982; Foy., 1983; Foy., 1984.), estos suelos se caracterizan por la alta concentración de H^+ , Mn^{2+} y Al^{3+} como también por las deficiencias en Ca^{2+} , Mg^{2+} y PO_4^{3-} (Foy., 1984.). EL aumento de PH en el sustrato reduce la disponibilidad de fósforo, boro, cobre, manganeso y cinc, mientras la disponibilidad de molibdeno está reducida bajo condiciones ácidas.

Mahler y Mcdole (1978.), demostraron que los suelos ácidos afectaron la producción de lentejas (*Lens culinaris* L.), guisantes (*Pisum sativum* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.); Schubert et al (1990 a.) demostró que a un nivel bajo de PH (PH 4.5 y 5.4), la fijación de N, producción por materia seca y el rendimiento de las plantas fueron significativamente bajos que a PH alto (6.2 y 7). Se ha demostrado que [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] respondió al exceso de H^+ por la reducción del crecimiento de la raíz y del tallo (Wilkinson y Duncan., 1989a, b). Se ha demostrado también que todos los parámetros de trigo (*Triticum aestivum* L.) que crecieron bajo diferentes niveles de PH disminuyeron cuando la concentración de H^+ aumentó de un PH 6 a 4, también se redució

la longitud de la raiz y del tallo (Johnson y Wilkinson., 1992.).

A un PH bajo del suelo las altas concentraciones de Mn han sido encontradas tóxicas para la sandia, esta toxicidad fue reducida con aplicaciones suplementales de Ca y de Mg (Elamin y Wilcox., 1986; Sundstrom et al., 1983.), y también bajos niveles de Ca a causa del PH bajo en el suelo tenia un efecto negativo sobre el crecimiento de la raiz, producción, expresión de sexo, fruto y la composición química en sandia (Water y Nettles., 1960a, b.). Se observó también que el número de las raices aumentó con el aumento del PH de 4 a 5, en algunas variedades de sandia, pero su peso seco disminuyó (Aimin et al., 1994.).

2.2.2.- INTERACCIONES IONICAS.

Las interacciones iónicas de los nutrientes, que incluyen un cambio en la concentración de un elemento en el tejido de la planta causado por otro, es bastante común. La interacción puede ocurrir durante la captación de los iones, durante la translocación y la acumulación en los tejidos o en el metabolismo.

El abastecimiento del nitrógeno en forma de NH_4^+ es antagónico a otros cationes, pero cuando se abastece en forma de NO_3^- puede competir con otros aniones, por ejemplo PO_4^{3-} .

Altas concentraciones de NH_4^+ -N reduce la absorción de algunos

nutrientes, notablemente Ca y Mg (Kafkafi, Walerstein y Feigenbaum., 1971). El aumento del contenido de NO_3^- en la solución nutritiva disminuyó marcadamente el nivel de CL en las plantas jóvenes de tomate (Kafkafi, Valoras y Letey., 1982).

El K puede afectar la utilización del N. Barker y Bradfield (1963.), observaron que altos niveles de potasio redujeron el contenido de los aminoácidos libres en los tejidos de la planta de maíz, cuando se aplicó altos niveles de nitrógeno.

Para algunos experimentos de invernadero, (Dibb y Welch., 1976.), observaron una disminución en la producción con un aumento de la razón N/K, especialmente cuando la mayoría del N se aplicó como NH_4^+ . Al contrario los experimentos en campo indicaron que alto nivel de K disminuyó la producción con un nivel bajo o limitado de nitrógeno sin tener en cuenta la fuente de nitrógeno (Luecking et al., 1983; Ebelhar et al., 1987; Mackenzie et al., 1988; Malzer y Randall., 1991.).

Karlen et al (1987.), demostraron que la acumulación excesiva de K redujo la producción y que el K interfirió en la absorción de nitrógeno.

La deficiencia de Mg es probablemente el desorden nutricional más común de las plantas de tomate y está exacerbado por los altos niveles de nitrógeno y potasio, la pérdida de la

cosecha debido a la deficiencia de Mg fue de 5% a bajos niveles de nitrógeno, pero aumentó a 20% cuando aumentamos los niveles de nitrógeno (Adatia y Winsor., 1971.). El contenido de Mg en las hojas disminuye con el aumento del nivel de K aplicado (Adatia y Winsor., 1971.).

En una solución nutritiva, se ha encontrado una correlación negativa entre los contenidos de fósforo y de magnesio en las hojas (Hipp y Gerard., 1969.).

Muchas interacciones entre cobre, hierro, manganeso y cinc han sido presentadas, aumentos en los niveles de Mn disminuyó el contenido de Fe en las hojas (Gerloff, Stout y Jones., 1959.).

Otte et al (1989) revelaron que la deposición de Fe sobre las raíces puede afectar la absorción de Zn por tres mecanismos, también se encontró que la acumulación de Fe y Al en la rizósfera puede bloquear la absorción de fósforo y afectó el crecimiento de la planta (Wang et al., 1991.). Se ha demostrado también que la acumulación de Fe en la rizósfera causó una baja absorción de Si, P y Ca por la planta (Wang et al., 1994.).

2.2.3.- SALINIDAD.

En casi todas las superficies del mundo, los agricultores deben usar el agua salino para regar sus cultivos, porque las adecuadas aplicaciones del agua no salino estan limitadas; el uso

nutritiva disminuyó el peso fresco de las plantas de tomate y la producción del fruto. La producción de las plantas de tomate que crecieron bajo estrés salino fue reducida de 10% para cada aumento de la salinidad de 1.5 mS/cm en el suelo (Shalvehet y Yaron., 1973.).

Se ha demostrado también que el aumento de la salinidad en la solución nutritiva con el aumento de las cantidades de Na⁺ y de Cl⁻, incrementó los contenidos de hierro y de cinc en las plantas de tomate cuando la producción por materia seca disminuyó (Maas, Ogata and Garber., 1972.).

El estrés salino disminuyó la absorción de NH₄⁺ y de NO₃⁻ en judía (*Phaseolus Vulgaris* L.) (Frota y Tucker., 1978).

Abdul-Kadir y Pauselen (1982.) demostraron que la salinidad retardó el crecimiento en trigo y disminuyó el contenido de nitrógeno en toda la planta. Se ha presentado una reducción de 46% en el peso seco de las hojas, 36% en las raíces y 25% en los tallos en plantas tomate, las mismas reducciones se observaron para la absorción de nitrógeno bajo estrés salino (Al-Rawahy et al., 1992.).

Wahab y Zahran (1981.), encontraron que el contenido de nitrógeno fue más inhibido por el estrés salino que el crecimiento. Otros autores no observaron ninguna reducción en el

contenido de nitrógeno (Singleton., 1983; Weil y Khalil., 1986.).

En Vicia Faba, la salinidad del medio de cultivo disminuyó la fijación de nitrógeno (Yousef y Sprent., 1983.), esta fijación de nitrógeno fue más sensible al estrés salino que la asimilación de amonio (Cordovilla et al., 1994.).

La salinidad disminuyó el crecimiento y la producción del fruto, mientras que incrementó simultáneamente la concentración de iones en las hojas de la planta. El Na⁺ y Cl⁻, acumulados por causa del estrés salino, fueron más altos en las hojas maduras, mientras que la acumulación de prolina fue más alta en las hojas jóvenes que en hojas maduras (Sami Soliman y Doss., 1992.).

2.2.4.- FUENTE DE NITROGENO.

La productividad de las plantas aumenta dramáticamente con la disponibilidad de nitrógeno en el suelo (Goh y Haynes., 1986.). Las dos formas de nitrógeno disponibles en el suelo pueden tener unos efectos diferentes sobre las plantas. A altas concentraciones el amonio impide el crecimiento de la raíz más que el nitrato (Bennett et al., 1964; Ganmore-Neuman y Kafkafi., 1980; Magalhaes y Wilcox., 1983; Chaillo et al., 1986.), mientras que a bajas concentraciones, el crecimiento de la raíz bajo nutrición con amonio iguala o supera aquel bajo nutrición con nitratos (Cox y Reisenauer., 1973; Ruffy, Raper y Jackson., 1983;

Peet et al ., 1985; Allen y Smith., 1986; Macduff et al., 1987; Anderson, Tekey y Rayburn., 1991.). Se ha demostrado que las altas concentraciones de amonio inhiben el crecimiento de la planta (Wilcox et al., 1985.), mientras que a bajas concentraciones (20 a 60 μ M), el amonio puede estimular el desarrollo de la planta (Cox y Reisenauer., 1973.).

La inhibición del crecimiento fue relacionada con la deficiencia mineral inducida por el amonio (Barker et al., 1973.). Se ha observado que las plantas de trigo crecieron mejor con aplicaciones combinadas de amonio y nitratos (Cox y Reisenauer., 1973; Centry et al., 1989; Gashaw y Mugwira., 1981; Wang y Below., 1992.).

Se observó que la forma de nitrógeno afecta también el balance iónico y el contenido de poliaminas en las plantas de tomate. La diferencia entre cationes y aniones (C-A) fue baja en las plantas que crecieron con nitratos y lo mismo ocurre para los ácidos orgánicos. Se indicó también que la baja concentración induce un pequeño aumento en el contenido de poliaminas libres, esto posiblemente está involucrado en la estimulación del crecimiento (J. Gerendas y B. Sattelmacher., 1990.).

La nutrición de las plantas con amonio si la comparamos con la del nitrato dió por resultado bajas concentraciones de Ca, Mg

y K pero, altas concentraciones de aniones, especialmente fosfatos (Barker y Maynard., 1972; Blair et al., 1970; Cox y Reisenauer., 1973; De classen y Wilcox., 1974; Edwards y Horton., 1982; Gashaw y Mugwira., 1981; Hartman et al., 1986; Kirkby y Mengel., 1967; Pill y Lamberth., 1977; Shelp., 1987).

La nutrición con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, aumentó el PH y los contenidos de Ca y K del suelo, pero redució la concentración de Mg si la comparamos con la nutrición con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, la concentración de Mg resultó baja en los tejidos de la planta cuando se trató con fertilizantes que contienen Ca, K, o Na. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ aumentó el contenido de Ca en la planta pero redució la concentración de N, mientras que $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ redució los contenidos de Ca y P en la planta (Xie et al., 1995.). Se ha demostrado también que $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ aumentó el nivel de Ca en hoja y fruto en manzano (Greene y Smith., 1979.). $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ aumentó la disponibilidad de Al en el suelo cuando tenía un pequeño efecto sobre el Mn, También se ha observado que $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ aumentó la concentración de Al y Mn en hojas, raíces y tallos mientras que las plantas tratadas con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2+\text{KNO}_3$, NaNO_3 contenían relativamente baja concentración de Al y Mn. La concentración de Fe en hojas fue aumentada en las plantas tratadas con NaNO_3 o $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2+\text{KNO}_3$, solo el nivel de Fe en las raíces pero no en los otros tejidos fue más

alto con el tratamiento de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ que con otros tratamientos de N. La concentración de Zn fue alta en todos los tejidos de la planta tratada con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. (G. A. Cummings., 1995.).

2.2.5.- TEMPERATURA Y LUZ.

En condiciones controladas, el tomate requiere un suelo a una temperatura más alta que 12°C para la absorción de los nutrientes y el crecimiento vegetativo (Cannell et al., 1963; Martin y Wilcox., 1963.). La absorción de fósforo apareció muy limitada por la baja temperatura del suelo (Lingle y Davis., 1959; Tiessen y Carolus., 1963.). Un suelo a temperatura inferior a 12°C redució la concentración de nitrógeno en el tallo, pero permaneció a 80% o más que aquella de las plantas que crecieron en un suelo caliente (Ganmore-Neumann y Kafkafi., 1980; Cannell et al., 1963.).

Bajo condiciones controladas la absorción del fósforo fue más sensible a la temperatura de la raíz que aquella del nitrógeno (Cornillon., 1974; Lingel y Davis., 1959; Locasio y Warren., 1960.).

Las concentraciones de nitrógeno y magnesio en las hojas fueron muy afectadas por la baja temperatura del suelo que puede reflejar cambios en la distribución de la actividad de la nitrato reductasa, la baja temperatura del suelo aumentó esta actividad

en las raíces de las plantas de tomate (Cornillon., 1988.).

La inhibición de la absorción del nitrógeno dependió de la forma de nitrógeno disponible, NH_4^+ o NO_3^- (Ganmore-Neumann y Kafkafi., 1980.).

En un suelo con una baja temperatura, el crecimiento de la planta fue más inhibido que la absorción de los nutrientes (Tiessen y Carolus., 1963.). En algunos invernaderos el calentamiento del suelo a 25°C aumentó el crecimiento y la producción, pero los efectos sobre las concentraciones de los nutrientes de la planta fueron suaves (Gosselin y Trudel., 1983; Papadopoulos y Tiessen., 1987.)

Las altas temperaturas de noche y día causan reducciones drásticas en la floración y la firmeza del fruto de las plantas de tomate (Abdalla y Verkerk., 1968; Kuo et al., 1979; Rudich et al., 1977.), en el tamaño del fruto, y en su calidad (El Ahmadi y Stevens., 1979a; Hanna y Hernandez., 1982; Iwahori y Takahashi., 1964; Levy et al., 1978.) y en la fertilidad del polen de muchos genótipos de las plantas de tomate (Fenny et al., 1991.).

La absorción total de potasio, calcio y magnesio fue disminuida a una temperatura de la raíz de 13°C (Chu y Toop., 1975.), mientras que los contenidos de fósforo, potasio,

magnesio, cobre, hierro y manganeso de las hojas aumentó cuando la temperatura de la solución nutritiva fue aumentada (Maher., 1978.).

Se ha observado que cuando se aumentó la temperatura del aire, se aumentó también el contenido del cinc en las hojas especialmente a altos niveles de cinc (Fawzi y Ormrod., 1975.).

Las altas temperaturas por la noche (21°C) aumentó los contenidos de calcio y sodio en las hojas pero redució la del fósforo (Gosselin y Trudel., 1983.).

A altas temperaturas las plantas que crecieron con bajo nivel de nitrógeno mostraron una caída de flores y desarrollaron una deficiencia de nitrógeno más temprana que aquellos que crecieron con una temperatura normal (Abdalla y Verkerk., 1970.). La forma de nitrógeno aplicada a las plantas de trigo ejerce un efecto sobre su crecimiento y desarrollo (Botella et al., 1993a.) y también se observó que la absorción de amonio y de nitratos está afectada por la salinidad, estado nutricional de la planta y la luz. Se ha observado que la absorción de nitratos aumenta con la luz (Nobel., 1969.), lo mismo ocurre para la actividad de la nitrato reductasa (Rao y Rains., 1976 b.)*, se demostró también que la luz pudo disminuir la absorción inicial de los nitratos pero tenia poco efecto sobre aquella de amonio

de la nitrato reductasa en muchos tejidos de la planta como la acumulación de los nitratos es más alta bajo luz que en la oscuridad (Aslam., 1970; Aslam et al., 1973; Beevers et al., 1965; Calvin y Atkins., 1974; Jordan y Huffaker., 1972; Stulen., 1974.).

En plantas de tomate se observó un aumento de la actividad de la nitrato reductasa cuando los niveles de luz aumentaron de 125 a 250 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (Larouche et al., 1989.).

Blom-Zandstra y Lampe (1985) demostraron una disminución en la concentración de nitratos y un aumento en los ácidos orgánicos y azúcares como resultado del aumento de los niveles de luz. La actividad de la nitrato reductasa de las plantas fue alta debido al aumento de los niveles de luz, mientras no hubo una diferencia significativa para el peso fresco entre los diferentes tratamientos de la luz (Gaudreau., 1995.).

También se ha demostrado que los altos niveles de luz aumentaron la síntesis de las proteínas, absorción y transporte de los nitratos (Schrader y Thomas., 1981.).

Para las Plantas que crecieron en la oscuridad y que se le han suministrado solamente nitratos, disminuyó solo la absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, las plantas que crecieron con amonio acumularon más nitrógeno, fósforo y

potasio cuando la oscuridad aumenta (Magalhaes y Wilcox., 1983.), mientras que la luz aumentó la absorción del nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, el contenido del manganeso en las hojas y la producción del fruto (Tremblay, Trudel y Grosselin., 1984.).

2.2.6.- MODO DE IRRIGACION.

La respuesta a los nutrientes puede ser modificada por el modo de irrigación. Con el de riego por aspersion que consiste en aplicar agua a la superficie del terreno, rociándola a la manera de una lluvia ordinaria, se ha encontrado una acumulación de sal cuando regamos con agua suavemente salina (1.22ms/cm) (Sammis, Weeks and Hanson., 1979.), y ademas cuando se regó con agua que dispone de una conductividad electrica alta se puede producir algún tipo de deshidratación en las hojas.

Otros estudios con agua más salina (3.6ms/cm, Cl=820 mg/l), mostraron que el riego por aspersion comparado con la irrigación por goteo redució la producción de una variedad de tomate al rededor de 50%, debido a la toxicidad por la sal y a las hojas secas (Cornat et al., 1973.).

El riego por goteo es un modo de aplicación de agua a las plantas altamente eficiente y extremadamente útil, con este tipo de riego los nutrientes pueden ser lixiviados de la zona del

suelo que está cerca del punto de donde sale el agua, y también el volumen de las raíces de esta zona puede reducirse debido a la alta frecuencia de aplicación de agua (Bar-Yosef et al., 1980; Goldberg et al., 1971; Persaud et al., 1976; West et al., 1979.), y como resultado el estrés de los nutrientes en las plantas de cultivo especialmente en suelo arenoso fue alto.

Un aumento en la maduración de tomate y Altas producciones de tomate (Bar-Yosef y Sagiv., 1982.), patata (Singh et al., 1978.) y sandia (Elmstrom et al., 1981; Singh y Singh., 1978.), fueron obtenidas con la aplicación de nitrógeno por la irrigación por goteo (Miller et al., 1981.), lo mismo ocurre con el potasio cuando se aplicó por la técnica de riego por goteo.

La aplicación de nitrógeno y potasio o solamente de nitrógeno por medio de la irrigación por goteo dió por resultado altas concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en fruto que con la aplicación de potasio, la concentración de potasio en el fruto con la aplicación de N+K o de N por medio de la irrigación por goteo fueron respectivamente 4.4% y 4.11%, mientras que con K fue de 3.99% (Dangler y Locascio., 1990.).

Se ha observado que la producción disminuyó de 25.4 t/ha a 16.3 t/ha y que la calidad del fruto mejoró, cuando el porcentaje de la aplicación de N+K o de N con el riego por goteo aumentó de

50% a 100%, entonces las altas producciones de fruto de buena calidad fueron obtenidas con 50% de aplicación de N+K por medio de la irrigación por goteo (Dangler y locascio., 1990.).

Con el modo de riego por surcos solo se necesita mojar una parte de la superficie, lo que reduce las pérdidas de la evaporación, disminuyendo la formación de costras en los suelos arcillosos y haciendo posible el cultivo del suelo poco tiempo después de regar. Con este método la salinidad es muy baja por debajo de los surcos y aumenta al máximo en el punto medio entre los surcos (e. g. Oster, Hoffman and Robinson., 1984.).

En algunas localidades, las condiciones naturales del suelo, así como la topografía son favorables a la aplicación directa del agua al terreno, inmediatamente por debajo de su superficie, lo que se conoce con el nombre de riego subterráneo. En algunos de estos terrenos de riego subterráneo, se ha producido una disminución de su productividad por causa de los elementos salinos y alcalinos transportados por capilaridad, desde las aguas salobres subyacentes, hasta la superficie del terreno, esta reducción de la productividad ha hecho necesario suspender el riego subterráneo y aplicar riegos por aspersion a grandes extensiones.

2.2.7.- VARIACION GENOTIPICA.

Los niveles de los nutrientes elementales en el suelo pueden oscilar entre deficientes y tóxicos; a su vez, las plantas pueden ser nutriente-eficientes o nutriente-ineficientes para la absorción de un ión, y pueden ser tolerantes o intolerantes al exceso de este. Las plantas eficientes son aquellas que responden al estrés por deficiencia nutritiva al inducir unas reacciones bioquímicas que ponen el elemento a disposición de la planta; las plantas ineficientes son aquellas que no disponen de tal mecanismo. Se ha mostrado que los genótipos o variedades dentro las especies difieren acusadamente en cuanto a su absorción, distribución, transporte, acumulación y eficiencia de los nutrientes.

Algunos estudios revelaron mecanismos de diferencia genotípica para el uso del nutriente, variando de un gen para el potasio en judía (Shea et al., 1967.) a diferencia de muchos genes entre genótipos eficientes y ineficientes para el potasio en plantas de tomate (Makmur et al., 1978; Figdor et al., 1989.), que bajo estrés de potasio las plantas eficientes produjeron 79% más materia seca que las plantas ineficientes (Makmur et al., 1978.), para el nitrógeno en tomate, que bajo estrés de nitrógeno, las plantas que usaron el nitrógeno eficientemente produjeron hasta 45% más materia seca por unidad de nitrógeno

absorbido comparado con las plantas ineficientes (O'Sullivan et al., 1974.) y para el fósforo en judía (Whiteaker et al., 1976.); se ha observado también un aumento en el peso seco de 77% para las plantas eficientes que las plantas ineficientes que crecieron a bajo nivel de fósforo (Goltman, Gerloff y Gabelman., 1982.).

Hoener y De Turk (1938), notaron una asimilación y absorción diferentes de nitrógeno entre las variedades de maíz (*Zea mays* L.), con altas y bajas concentraciones de proteínas y han sugerido que que esto podría ser debido a que las plantas de mayor concentración proteica, tenían mayor capacidad enzimática de la nitrato reductasa para reducir los nitratos que aquellas de baja concentración de proteínas. Se ha demostrado que la síntesis de la nitrato reductasa es adaptativa (Brown y Jones., 1976.), y se ha sugerido que la actividad de la nitrato reductasa puede servir como índice del metabolismo nitrogenado (Hageman et al., 1961.). Lal et al (1978), encontraron diferencias entre genótipos en el desplazamiento del nitrógeno desde las partes vegetativas de la planta de trigo hacia el grano. Hay et al (1953), observaron que la proporción de nitrógeno desplazado hacia el interior de los granos de maíz, antes y después de la fase de llenado del grano, era bajo control genético. Por ejemplo una variedad transportó 56% de nitrógeno

hacia el grano en comparación con el 43% de la otra variedad. También se ha demostrado que las plantas eficientes de tomate produjeron al rededor de 40% más de peso seco que las plantas ineficientes (O'Sullivan et al., 1974.).

Se ha observado diferencias entre genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en cuanto a la absorción de fósforo y el crecimiento en suelo con aporte limitado de fósforo (Clark et al., 1977.) y en solución nutritiva (Clark et al., 1978.). La absorción y desplazamiento de fósforo difieren marcadamente entre genótipos de plantas de judía (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas en solución nutritiva con una aporte limitado de fósforo, se notó también diferencias para las plantas cultivadas con fósforo alto (Rice., 1974.).

Variedades de maiz, sembradas en suelo con bajo nivel de calcio y magnesio, mostraron importantes diferencias entre genótipos en cuanto a su capacidad de crecer con bajos contenidos de estos dos nutrientes (Clark y Brown., 1974.)

Diferencias fenotípicas en la eficiencia del calcio han sido presentadas para ser asociadas a diferencias genotípicas en la absorción, transporte y distribución de calcio (Marschner., 1986.). Genótipos de tomate mostraron una marcada diferencia en su tolerancia al estrés de calcio (Giordano., 1982.).

Los pesos secos totales producidos por los genótipos eficientes fueron 30% más de lo que produjeron los genótipos ineficientes (Li y Gabelman., 1990.).

Se ha observado que las plantas deficientes en cinc presentaron un aumento en la acumulación de Fe que se explica en base al equilibrio nutritivo desfavorable (Olsen., 1972.). Así Rosell y Ulrich (1964), registraron un contenido de Fe de 917 mg/g en las partes aéreas de las plantas de la remolcha azucarera Zn-deficiente, cifra que compararon con la de 94 mg/g en las partes aéreas de las plantas Zn-eficientes. En las partes aéreas de las plantas de algodón Zn-deficiente, el contenido de Fe fue de 412 mg/g, mientras que las plantas Zn-suficiente era de 94 mg/g (Brown y Jones., 1977.). Ellis (1965.) observó que la variedad de judía Sanilac era más susceptible a la deficiencia de cinc que la variedad Saginaw.

En trigo, maíz, avena y sorgo, el estrés por deficiencia de Cu afecta más a la fase reproductiva que a la vegetativa (Brown., 1953; Brown y Clark., 1977; Brown y Mcdaniell., 1978; Graves y Sutcliffe., 1974.). Al pasar de la fase vegetativa a la reproductiva las concentraciones de azúcares reductores en las plantas de trigo "Thatcher spring", Cu-deficiente alcanzaron solo la vigésima parte de las concentraciones observadas en plantas

Cu-suficiente (Brown y Clark., 1977.). El trigo Cu-deficiente no puede reducir el cloruro 2,3,5 trifeniltetrezolio (CTT) en las zonas nodales del tallo (Brown., 1954.).

La variedad de maiz Pa36 desarrolló síntomas de deficiencia de Mo cuando se cultivó en un suelo ácido, mientras que la variedad WH no presentó dichos síntomas. En la variedad Pa36, que es Mo-deficiente se observó que los niveles de nitrato eran 5 veces más altos en las hojas superiores de las plantas de 18 días, en comparación con el maiz WH Mo-eficiente, de la misma edad (Brown y Clark., 1974.).

Las concentraciones de Se en las plantas pueden ser diferentes entre las especies, como observaron Mayland et al (1989.) para las plantas que crecieron en un suelo alcalino que contiene niveles de Se de moderados a altos, estas diferencias puede resultar de la profundidad de las raíces especialmente en el subsuelo donde se encuentran grandes cantidades de Se soluble.

La deficiencia de Mn para los cereales fue encontrada en muchas partes del mundo especialmente en suelos calcáreos. Se ha observado que la cebada es menos sensible a la deficiencia de Mn que el trigo y la avena (Nyborg., 1970), entonces es la más preferida en los suelos deficientes en Mn. Plantas de Cebada que han crecido en un suelo deficiente en Mn mostraron una variación

genotípica en cuanto a la producción de grano por materia seca, La variedad Weeah que es Mn-eficiente produjo más que las dos otras variedades Mn-ineficientes, Schooner y Galleon (Huang et al., 1994.).

En estudios nutricionales realizados con arroz, Bari et al (1973.), encontraron que la concentración de Mn fue cuatro veces superior en las hojas de la variedad "Pebifum", en comparación con las dos otras variedades "Bemban" y Sian 29". Se encontró que "Pebifum" era menos resistente que "Sian 29" a los niveles tóxicos de Mn debido al parecer a su baja capacidad de absorción. Efecto análogo se ha visto en variedades de sandía con el nutriente causante era el Cu (Vargas et al., 1986.).

El reconocimiento de las toxicidades de Mn y Al que son factores principales en el el complejo de la acidez del suelo, ha sugerido la posibilidad de selección respecto a la persistencia sobre suelos ácidos, en el sentido de que se haga indirectamente mediante la selección respecto a la resistencia a las toxicidades de Mn y Al (Carter et al., 1975; Reay y Waugh., 1981.).

A pesar de que fueron cultivados en un suelo ácido y tóxico en Mn, la mayoría de las variedades de sorgo crecieron bien (Brown y Jones., 1977 c.). En contraste, de las diez variedades

de soja, las dos variedades Forrest y Bragg resultaron ser las más intolerantes al Mn, mientras que las dos variedades Lee y T203 las más tolerantes (Brown y Devine., 1980.), para determinar si la raíz era un factor que influía la susceptibilidad de la planta a la toxicidad por Mn, las variedades Bragg y Forrest, T203 y Lee fueron cruzadas, se observó que tanto en las plantas madre como en sus progenitores, las hojas contenían aproximadamente 500 mg/g de Mn, y se destacó que las raíces contribuyeron a la tolerancia o intolerancia al Mn.

En un suelo tóxico por Al, se ha cultivado 10 variedades de soja, 15 de algodón y 15 de sorgo. Las diez variedades de soja crecieron bien, sin mostrar síntomas de Al-toxicidad (Brown y Jones., 1977 a.), las 15 variedades de algodón (Brown y Jones., 1977 b.), mostraron un pobre crecimiento, pero sin desarrollar clorosis, en cuanto a las variedades de sorgo (Brown y Jones 1977 c.), 5 mostraron clorosis (Al-intolerantes), y cinco permanecieron verdes (Al-tolerantes). Las concentraciones de Al eran más altas y las de Fe y P más bajas en el sorgo clorótico que en las plantas verdes. Los efectos tóxicos de Al quedaron reducidos o eliminados al elevar el PH del medio de crecimiento, o al añadir P a la solución nutritiva (Foy y Brown., 1963.)

La tolerancia a la sal, parece estar relacionada o bien con

una capacidad para controlar la toma de los iones de Na^+ y Cl^- o bien con la posesión de un alto valor limitante del contenido de Cl^- antes de que aparezca claramente la lesión en la hoja.

Hayward y Wadleigh (1949.) demostraron que las variedades de trébol suceptibles absorbían más Cl^- que las variedades resistentes, mientras que las variedades sensibles de algodón contenían más Na^+ que las tolerantes (Richards., 1954.). EHLIG (1960) mostró que las variedades de uva de mesa tenían diferente contenido de Cl^- antes de que se hiciera la lesión en las hojas. El incremento de la concentración de Na^+ , en respuesta a la aplicación de NaCl en especies tolerantes a las sales es uno de los atributos de los halofitas, ello implica una resistencia del protoplasto al deterioro por la acumulación de las sales sódicas en la savia (Hayward y Wadleigh., 1949.). El NaCl incrementa el nivel de Na^+ y de Cl^- en las hojas de tomate siendo diferente entre las variedades (Phills., 1979.). Los mismos resultados se obtienen para el K y Ca, Fe y Mn, obteniendo una diferencia de peso seco entre las variedades de tomate del 14% .

Taleisnik y Grunberg (1994.), observaron que las dos variedades de tomate "Edkawi" y "Ace", que crecieron bajo tratamiento de salinidad mostraron que el coeficiente de absorción de potasio fue bajo especialmente para la variedad

"Ace". Las razones de selectividad de K/Na fueron más altas en la variedad "Edkawi" que en "Ace", y la diferencia entre estas variedades fue debida a la gran disminución de los contenidos de potasio en todas las partes de la planta observada en la variedad de "Ace". Esta disminución puede que no sea necesariamente debida a la reducción en la absorción de potasio. Esto indica que "Edkawi" tiene una gran capacidad de retener potasio bajo salinidad: una característica que puede contribuir a su tolerancia a la sal. La selectividad K, Na ha sido asociada con la tolerancia a la sal en las plantas de tomate (Cuartero et al., 1992.).

El Níquel está clasificado como un elemento tóxico, el síntoma más común de la toxicidad de Ni es la clorosis férrica (Misha y Kar., 1974.), el desarrollo de las raíces y el crecimiento en general están reducidos, también la absorción de otros elementos, la fotosíntesis y la transpiración están afectadas (Sheoran et al., 1990.). Variedades de judía que crecieron bajo un tratamiento de Ni de 4 mg/L respondieron diferentemente en cuanto a su reducción en la producción por materia seca, la materia seca de la variedad "Carioca", fue reducida de 95%, mientras que la variedad "IAPAR-14" redució su materia seca solo de 70%, esto indica que "Carioca" es menos

tolerante al estrés del Ni (Piccini y Malavolta., 1992.).

Limitar el volumen del suelo donde crecen las plantas ha sido utilizado para aclarar las interacciones raiz y tallo independientemente de otros estreses como son: la irrigación, la sequía y las deficiencias nutricionales (Ben-Porath y Blaker., 1990; Carmi y Heuer., 1981; Carmi et al., 1983; Carmi., 1986; Krizek et al., 1985; Peterson et al., 1984; Peterson et al., 1991; Richards y Rowe., 1977; Robbins y Pharr., 1988; Ruff et al., 1987.). En aquellas investigaciones, la judía (*Phaseolus vulgaris*), el algodón (*Cossypium hirsutum*), el pepino (*Cucumis sativus*), el melocotón (*Prunus persica*), la soja (*Glycine max*), el tomate (*Lycopersicon esculentum*), y el trigo (*Triticum aestivum*) demostraron respuestas variables morfológicas y de crecimiento a las condiciones de limitación para la raiz.

Las variedades de *Cucurbita pepo* L. "Senator" y "Dixie" ambos mostraron a los 17 días una disminución de la superficie de la hoja cuando aumentaron las condiciones de limitación para la raiz, pero hubo una tendencia en la reducción del crecimiento vegetativo para la variedad Senator que para Dixie. El peso seco del fruto fue igual para las dos variedades excepto bajo severas condiciones de limitación para la raiz. La producción de fruto por peso seco fue limitada para las dos variedades cuando el

volumen del suelo era pequeño (D. S. Nesmith., 1993.).

MATERIAL Y METODOS.

En este trabajo se ha realizado el estudio de la nutrición y balance iónico de algunas variedades de tomate más utilizadas en las explotaciones agrícolas de los invernaderos de la provincia de Almería

Los parámetros medidos, fueron valorados en el órgano más sensible a los cambios fisiológicos de las plantas: la hoja.

3.1.- Características del invernadero.

El invernadero donde crecieron las plantas es del tipo "parral" o tienda de campaña, con 2000 m² de superficie y cubierto por polietileno térmico de 400 galgas. Sistema de Ferti-irrigación localizado, con goteros de largo recorrido "inter-lineal" cuyo caudal fue de 4 l/h. Este tipo de invernadero es el más abundante en Almería.

3.2.- Especie estudiada.

3.2.1.- Generalidades.

El tomate es una planta nativa de América tropical, cuyo origen se localiza en la región de los Andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú) (Vavilov., 1951.) y donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres (Chávez., 1980.). La palabra tomate proviene de la voz Náhuatl "Tomatl"; en 1554 fue llevado a Europa, empezando a comercializarse en Estados Unidos hacia el año 1835 (Chávez.,

1980.).

En México el tomate está considerado como la segunda especie hortícola más importante por la superficie sembrada que ocupa, y como la primera por su valor de producción. A esta hortaliza de fruto se le encuentra en los mercados durante todo el año, y se consume tanto fresca como procesada (puré), siendo una fuente rica en vitaminas.

El tomate ocupa un lugar preponderante con relación al desarrollo económico y social de la agricultura a nivel mundial, reportándose que requiere de 140 jornales por hectárea. En lo que respecta a superficie sembrada, existen más de 90000 ha, de las que aproximadamente 33% se sitúan en el estado de Sinaloa.

El tomate es una hortaliza de clima cálido que no tolera las heladas. El rango de temperatura del suelo debe ser de 12° a 16°C (mínima 10°C y máxima de 30°C) y la temperatura ambiente para su desarrollo de 21°C a 24°C, siendo la óptima de 22°C; a temperaturas menores 15°C y mayores de 35°C puede detener su crecimiento. La temperatura óptima para la maduración del fruto es de 18°C a 24°C, si la temperatura es menor de 13°C, los frutos tienen una maduración muy pobre. Asimismo si la temperatura es mayor de 32°C durante el almacenamiento, la coloración roja es inhibida (Licopeno) y los frutos se tornan amarillos. Se afirma

que a temperaturas de 22° a 28°C se obtiene una óptima pigmentación roja.

El tomate está clasificado como una hortaliza tolerante a la acidez, con valores de pH 6.8 - 5.0. En lo referente a la salinidad se clasifica como mediante tolerante, teniendo valores máximos de 6400 ppm (10mmho) (Richards., 1954; Maas., 1984.).

El tomate se desarrolla en suelos arenosos y arcillosos, siendo los mejores los arenosos y limo-arenosos con buen drenaje.

3.2.2.- Encuadramiento taxonómico y descripción botánica.

El tomate es una planta anual en su cultivo y puede ser semiperenne en regiones tropicales. Su sistema de raíces es fibroso y robusto, pudiendo llegar hasta 1.8 m de profundidad. Los tallos son cilíndricos en plantas jóvenes y angulosos en plantas maduras; alcanzan alturas de 0.40 a 2.0 m, presentando un crecimiento simpódico.

El racimo floral o inflorescencia está compuesto de varios ejes, cada uno de los cuales tiene una flor de color amarillo brillante. El cáliz y la corola están compuestos de cinco sépalos y cinco pétalos respectivamente. Cada una ó dos hojas se encuentran las flores en plantas de hábito determinado y en las de hábito indeterminado se encuentran cada cuatro hojas.

El fruto del tomate es una baya compuesta por varios

lóculos, pudiendo constar desde dos (bilocular) hasta tres o más lóculos (multilocular); los cultivares comerciales pertenecen al tipo multilocular. El color más común del fruto es el rojo, pero existen amarillos, naranjas y verdes, siendo su diámetro comercial aproximado de 10 cm.

El tomate pertenece a la familia de *Solanaceae*, y su nombre científico más generalizado es *Lycopersicon esculentum* Mill.

- *L. esculentum*. Mill. Var. *grandifolium*. Es el tomate hoja de papa.

- *L. esculentum*. Mill. Var. *validum*. Es el tomate arbusto o erecto.

- *L. esculentum*. Mill. Var. *cerasiferum*. Es el tomate cherry.

- *L. esculentum*. Mill. Var. *pyriforme*. Es el tomate pera.

Las Variedades empleadas de tomate "*lycopersicon esculentum*. Mill." fueron: Bufalo, Corindon, Dombelo, GC-773, GC-775, Nancy, Noa, Sarky, Yunque, Volcani, 617/83 , 2084/81. La elección de estas variedades para nuestro trabajo, se debe a su gran interés económico en la región, unido a su gran sensibilidad respecto a los niveles de fertilizante suministrado, tanto en el margen de deficiencia como en el de toxicidad, hasta el punto que normalmente su productividad varia según la fertilización

realizada.

3.3.- Características de las parcelas.

Se utilizaron 48 parcelas, que corresponden a las diferentes repeticiones y las 12 variedades en estudio .

Las parcelas no presentaban problemas de encharcamiento, ni de arrastre de nutrientes. La superficie de cada una de ellas fue de 20 m², y contenían 10 plantas. El suelo de las parcelas tenía una textura y tipología homogéneas.

3.4.- Parámetros ambientales.

Se midieron las temperaturas máxima, mínima y media a lo largo del ciclo de cultivo, así como los valores de la humedad relativa e intensidad luminosa en el interior y exterior del invernadero. Ha de tenerse muy presente que los valores de humedad representados, corresponden a la media mensual y que algunos valores coinciden con los muestreos. Hemos representado los datos de los diferentes parámetros ecológicos, desde el inicio de los cultivos hasta la recolección de los frutos finales, ya que inciden sobre la marcha del cultivo.

3.5.- Fertilización.

Durante el tiempo que duró la experiencia se aplicó una fertilización de: 200 Kg/ha de N en forma de nitrato amónico (NH_4NO_3), 200 Kg/ha de K en forma de sulfato potásico (SO_4K_2) y 160

Kg/ha de P en forma de ácido fosfórico (H_2PO_4) en todas las repeticiones, 4 por variedad. Así mismo dicha fertilización fue complementada con los macronutrientes y micronutrientes esenciales en forma de sales. Ha sido una fertilización uniforme para todas las variedades de tomate empleadas en este experimento.

3.6.- Plantas.

Un resumen del esquema general desarrollado en este apartado queda reflejado en la figura 1.

3.6.1.- Toma de muestras Vegetales y su preparación.

Las hojas que constituyeron las muestras han sido tomadas de la parte central del tallo, pues éstas tienen un crecimiento que se considera de vigor medio y de una edad fisiológica que corresponde al estado de madurez de la planta entera (Guzmán., 1987.). Fueron rechazadas aquellas hojas (Chapman y Pratt., 1979.), que tenían alteraciones o deformaciones morfológicas, presentaban lesiones de origen mecánico o provocados por plagas, así como un desarrollo insuficiente o síntomas visuales de deficiencia y se despreció el peciolo. La recolección de los limbos foliares, de cada parcela, se realizó con una periodicidad quincenal durante su ciclo biológico hasta 10 días de la recolección de la cosecha.

FIGURA.- 1: Esquema de trabajo de las determinaciones realizadas con el material vegetal.

MUESTREOS: 10 REPETICIONES: 4	MUESTRA DE HOJA.	SUBMUESTRA DE MATERIAL FRESCO.	Proteínas solubles. Aminoácidos solubles. Pigmentos: Clorofila a, b, a+b, carotenos, licopeno y antocianinas. Hidróxilos. Enzima: Nitrato reductasa endógena. Acidéz iónica: (pH). Acidéz valorable.
		SUBMUESTRA DEL MATERIAL SECO.	Nutrientes totales: N, P, K, Ca, Mg, Na y S. Nutrientes solubles: - medio ácido: K, Na, Ca, Mg y P. - medio acuoso: No ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , y NH ₄ ⁺ .
	MUESTRA DE FLORES Y FRUTOS CUAJADOS.	NUMERO DE FLORES: NUMERO DE FRUTOS CUAJADOS:	
	MUESTRA DE FRUTOS..	NUMERO DE FRUTOS: Kg/Ha DE FRUTOS:	- COMERCIALES. - TOTALES. - ESTRIO. - COMERCIALES. - TOTALES. - ESTRIO.

representativo de la parcela estudiada, ya que se recolectaban una hoja por planta. (Sánchez, 1987)

Las hojas de las muestras fueron sometidas a un proceso de lavado, para evitar la contaminación (Wolf, 1982), se hicieron dos submuestras, una de ellas se introdujo en el frigorífico a 4°C durante 24h (Steyn, 1959). Posteriormente, las muestras de la estufa se molieron (Lachica. , 1967.), y se introdujeron en bolsas de plástico para proceder a su análisis.

3.6.2.- Análisis del material vegetal seco.

3.6.2.1.- Extracción de los nutrientes totales.

3.6.2.1.1.- Mineralización por vía húmeda con sulfúrico.

El material vegetal molido, se sometió a una mineralización sulfúrica (Wolf. , 1982), y del mineralizado resultante se tomaron los correspondientes alícuotas en las que se determinaron los siguientes elementos: N, P, K, Na, Ca, Mg, .

El principio sobre el que está basada la determinación de cada uno de los elementos antes señalados es el siguiente:

Nitrógeno: Destilación y valoración simultánea del amoníaco formado al reaccionar el mineralizado de las plantas con Na(OH) (hidróxido sódico), utilizando el método de Bouat y Croucet (1965).

Fósforo: Se basa en la medida colorométrica del azul de

molibdeno, obtenida a partir del complejo fosfomolibdico, utilizando ácido ascórbico como reductor, en presencia de tartrato de potasio y Antimonio (González y Baez, 1972).

Potasio y Sodio: Utilizamos la fotometria de llama, para determinar dichos elementos (Lachica et al. , 1973).

Calcio y Magnesio: La determinación del magnesio se realizó directamente sobre una dilución del mineralizado. En el caso del calcio, la dilución se efectuó con agua de lantano, para evitar interferencias. Ambos elementos se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica (Hocking y pate, 1977).

3.6.2.1.2.- Mineralización por via húmeda con nitrico/perclórico.

Azufre: Fue determinado por medio de una mineralización nitrico/perclórica (V/V) y agua oxigenada en un matraz Kjeldalh. Posteriormente se efectuó la valoración tubimétrica de la suspensión del sulfato bórico ($BaSO_4$) obtenido de la adición del reactivo Tween 80-(goma arábica), en una alicuota del mineralizado. Según el método propuesto por Novozamsky y Van Eck (1977).

3.6.2.2.- Extracción de la forma soluble de los nutrientes.

3.6.2.2.1.- Extracción con medio ácido.

Se realizó una extracción con HCl 1N (Guzmán et al. , 1986).

La razón peso de muestra/volumen del extractante empleada fue de 2/100, y el tiempo de extracción de 30', con agitación vuelta-vuelta. Los micronutrientes se determinaron directamente en el extracto por medio de espectrofotometría de absorción atómica. El resto de los nutrientes, por medio de las técnicas descritas en el apartado 3.7.2.1.1.

3.6.2.2.2.- Extracción con medio acuoso.

Se pesaron 100 mg de material vegetal molido y seco, y se introdujeron en un tubo de ensayo junto con 10 ml de agua destilada, seguidamente se puso en el baño termostaticado a 60°C durante 120', pasado este tiempo, se filtró y en el extracto resultante se medieron NO_3^- , Cl^- y SO_4^{2-} (Cataldo et al., 1975)

3.6.2.2.2.1.- Nitratos.

Del extracto resultante se tomó una alícuota de 0.2 ml y se le añadió 0,8 ml de una solución formada por ácido salicílico, y ácido sulfúrico (5% p/v), para posteriormente adicionar 19 ml de $\text{Na(OH)} 2\text{N}$ y proceder a su cuantificación mediante la medida de intensidad del color a 410 nm frente a una curva patrón de NO_3^- , (Cataldo et al., 1975).

3.6.2.2.2.2.- Cloruros.

Para la determinación del contenido de cloruros presente en la muestra, se usó el método de Koltoff y Kuroda (1951),

modificado por chapman y pratt (1961). A una alicuota del extracto acuoso se añadió un exceso de AgNO_3 en medio nítrico, se preparó por filtración del precipitado de AgCl y se valoró por retroceso con sulfocianuro amónico en presencia de alumbre férrico.

3.6.2.2.2.3.- Sulfatos.

Una alicuota del extracto resultante se introdujo en un matraz y se le añadió 10 ml de una solución de BaCl_2 -Tween 80 y se enrasa el matraz con agua, evitando la formación de espuma. Seguidamente se agita fuertemente y pasados treinta minutos se realiza la lectura turbidimétrica en un espec-trofotómetro con filtro rojo a una curva patrón de (S) azufre (Lachica et al. , 1973).

3.6.3.- Análisis del material vegetal fresco.

Con las submuestras que fueron sometidas a un proceso de enfriamiento, que habian sido lavadas con un detergente no iónico y secadas con papel de filtro, se procedió a su análisis.

3.6.3.1.- Proteínas solubles.

Se pesó 1g de material vegetal fresco y se maceró en 10 ml con tampón fosfato 50 mM (pH 7). Se filtró y centrifugó a 12000 g durante 15. Se pipeteó 0.1 ml del sobrenadamente, posteriormente se añadió 5 ml del colorante Azul de coomasie. Se



agitó por inversión del tubo y pasado un tiempo, entre 5 y 60' se realizó la lectura a 595 nm. Igual procedimiento se siguió con la curva patrón. El resultado se expresó en mg/g peso fresco (Bradford. , 1976).

3.6.3.2.- Aminoácidos solubles.

El método seguido es el propuesto por Moore y Stein (1954). Del extracto anterior se tomaron 0.5 ml y se le añadieron 1,5 ml de reactivo de Ninhidrina. Dicha mezcla se introdujo en un baño de agua a 100°C durante 20. Seguidamente se adicionó 8 ml de propanol al 50 % y a los 10' se procedió a su lectura a 570 nm frente a una curva patrón de glicocola-ninhidrina. Los resultados obtenidos se expresaron en $\mu\text{g/g}$ peso fresco.

3.6.3.3.- Pigmentos.

3.6.3.3.1.- Clorofilas.

El método seguido es el de Hiscox e Israelstam (1979). Dicho procedimiento consiste en sumergir en 20 ml de dimetil-Sulfóxido taleolas de 5 mm de diámetro y un peso total de 500 mg. Todo ello sometido a una temperatura de 65°C durante 60, Pasado dicho tiempo se midió la intensidad de color en un espectrofotómetro frente al correspondiente blanco y a las longitudes de onda indicadas por Arnon (1949). Los contenidos en clorofilas se expresaron en mg de clorofila/g de peso fresco según las

expresaron en mg de clorofila/g de peso fresco según las ecuaciones de Mckinney (1941).

3.6.3.3.2.- Carotenos.

El procedimiento seguido fue el utilizado por Jaspas (1965), y consiste en una lectura realizada en el extracto anterior a una longitud de onda de 502 nm y aplicando la fórmula propuesta por dicho autor. El resultado se expresó en mg de carotenos/g de peso fresco.

3.6.3.3.3.- Licopeno.

Empleamos 30 mg de hoja en discos de 3 mm de diámetro, se colocan en un erlenmeyer con metanol acidificado con HCl, una las taleolas están transparentes, se mide la absorbancia a temperatura ambiente (20°C) a las siguientes longitudes de onda: 487.5 nm y 502 nm. Y se aplica la fórmula correspondiente expresando el resultado en % del total de los carotenos.

3.6.3.3.4.- Antocianinas.

Empleamos 3g de hoja en discos de 5mm de diámetro, se colocaron durante 24h en un erlenmeyer con 30 ml de metanol acidificado con HCl y se leyó la absorbancia en un espectrofotometro a una longitud de onda de 530 nm. y expresándose los resultados en densidad óptica (Bajaj et al. , 1981).

3.6.3.4.- Acidez.

Se pesaron 10g de material vegetal, se maceraron con 25 ml agua desmineralizada y se filtró con papel Albert número 242.

3.6.3.4.1.- Acidez iónica.

En el el liquido resultante del filtrado se midió el PH mediante un PH-metro (Aubert, 1971).

3.6.3.4.2. - Acidez valorable.

Este parámetro se determina mediante una volumetria ácido-base del filtrado con Na(OH) 0.1 N hasta persistencia de un PH 8.2, medido con PH-metro. La acidez valorable se ha expresado con respecto al ácido orgánico mayoritario que suele ser el ácido cítrico y en g/100g de peso fresco (Jarret et al. , 1948).

3.6.3.5.- Hidrogeniones y hidróxilos.

Se pesaron 8g de limbos foliares y se homogeneizaron, en baño frio, con agua desionizada, seguidamente se procedió a filtrar y centrifugar a 17000g durante 20' a 2°C. En las alicuotas respectivas del extracto resultante se valoraron los OH⁻ y H⁺ por medio de una volumetria con K(OH) 0.5 N y Na(OH) 0.8 N respectivamente, utilizando fenolftaleina como indicador. El resultado se expresó en meq/100g de peso fresco (Breteler, 1973).

3.6.3.6.- Enzimas.

3.6.3.6.1.- Nitrato-reductasa endógena (NRe).

El método es el descrito por Harper y Hageman (1972), con las modificaciones pertinentes para poder utilizar la metodología descrita por Bar-Akiva et al (1970).

Se obtuvieron discos de tejido foliar con un diámetro de 5 mm y un peso de 100 mg. Dichos discos fueron incubados durante 120' a 27°C en obscuridad en 5 ml de solución que consistió en 1 ml de tampón fosfato 100 mM (pH 7.5) y 1-propanol al 1% (V/V), más 4 ml de agua destilada. Previamente a la incubación, las muestras fueron sometidas a un proceso de vacío (=20 mmHg) durante 3'. El NO₂ obtenido se valoró prometido del color rojo que se desarrolla al agregar 2 ml de sulfanilamida al 1% (p/v) en HCl 1.5 N y 2 ml de dihidrocloruro de N-(1-naftil)-etilendiamida al 0.02% (p/v) preparada en HCl 0.2, el volumen se ajustó a una cantidad constante y la intensidad del color desarrollado se midió a 540 nm en un espectrofotómetro (Snell y Snell, 1949). Los resultados se expresaron en μ M de NO₂ formados en 60' y por gramo de peso fresco.

3.7.- Productividad.

Se recolectaron solamente los frutos que reunían los requisitos necesarios para ser comerciales. Es decir, solamente

se ha tenido en cuenta la denominada producción económica y no la biológica. La recogida de los frutos se realizó coincidiendo con el muestreo del material vegetal y el rendimiento obtenido se ha expresado en Kg/Ha.

3.8.- Análisis estadístico.

Los resultados analíticos obtenidos han sido tratados estadísticamente: Inicialmente por medio de un análisis de la varianza que fue realizado sobre diez muestreos (M-1, M-2, M-3, ..., M-10) y doce variedades (V-1: Bufalo, V-2: corindon, V-10: Volcani, V-11: 617/83, V-12: 2084/81), para ver si había diferencias entre ellos y posteriormente se realizó la prueba o test del Rango múltiple de Duncan para ver el grado de diferencia existente entre cada muestreo y también el que existe entre cada variedad. Así mismo se realizó el análisis de la regresión lineal entre los parámetros determinados.

RESULTADOS Y DISCUSION.

La ANR endógena nos muestra la diferente capacidad para reducir los NO_3^- acumulados en la vacuola según las variedades. Esta forma de la enzima nos permite deducir que existe una parte de los nitratos que pueden ser utilizados por la hoja en un momento determinado de su ciclo biológico, aunque no existen en el medio de cultivo. Esto se debe a que los órganos aéros tienen una gran capacidad de almacenamiento de aniones, en concreto los NO_3^- , que cuando la demanda de N por parte de los sumideros, es grande removiliza los nitratos vacuolares y los reduce rápidamente en el citoplasma. En la Fig 2, se puede observar las diferencias entre las variedades en la nitrato reductasa, la variedad con máxima actividad se presenta en la V1 (Búfalo) y el mínimo se logra en la variedad V10 (Volcani).

El nivel proteico difiere entre las variedades existiendo grandes diferencias entre el nivel menor para la variedad V10 (Volcani) con un valor de (37.83 mg/g p.f.) y el mayor nivel para la variedad V11 (617/83) con el valor de (47.37 mg/g p. f.) (Fig.3). Para los aminoácidos se logra el nivel bajo en la variedad V2 (Corindon) con el valor de (2.84 mg/g p. f.) y alto en la variedad V5 (GC775) con un valor de (3.69 mg/g p. f.) (Fig.3). Todas las variedades se encuentran bajo condiciones iguales de N y K como ya sabemos que el grado

4.1.- Consideraciones sobre el efecto de las variedades.

4.1.1- Actividad de la nitrato-reductasa, compuestos orgánicos nitrogenados y acidéz iónica y valorable.

El indicador más preciso de la capacidad de integración del N inorgánico en el tejido vegetal está determinado por la actividad de nitrato reductasa (ANR), como ya demostraron (Bar Akiva et al., 1970; y Johnson et al., 1976.), incluso cuando en la rizosfera existe una fuerte presencia de NH_4^+ (Lopez Cantarero., 1992.).

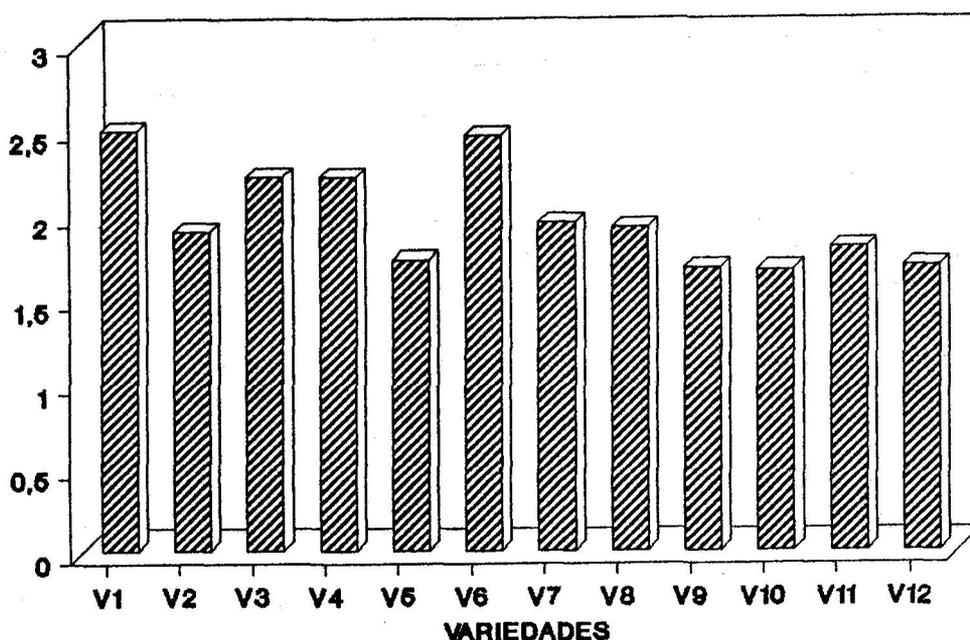


FIGURA.- 2: Efecto de las variedades sobre la nitrato-reductasa endógena foliar expresada en ($\mu\text{M NO}_2^-$ /h/g. peso. fresco.).

de la concentración en el el limbo está muy relacionado tanto con los niveles de N como de K presente en la rizósfera. El K participa muy activamente en la síntesis de las proteínas (Pflüger y Weidemann., 1977.) y induce una mayor formación de proteínas. En el caso de la formación de los aminoácidos se produce un proceso casi análogo, pero con la diferencia de que el K no influye tan directamente en el proceso de la síntesis de los aminoácidos (Pflüger y Weidemann., 1977.).

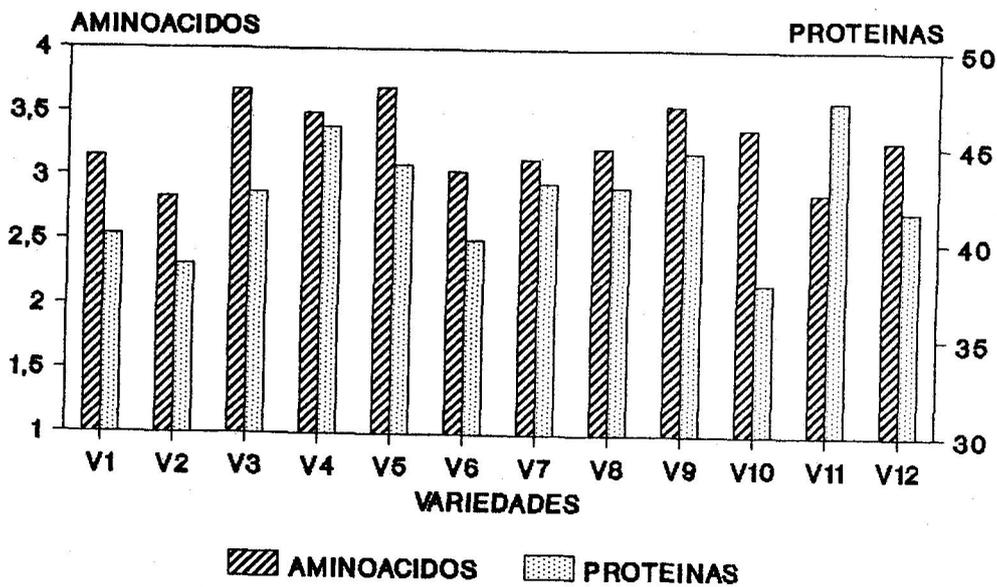


FIGURA.- 3: Influencia de las variedades sobre el contenido foliar de los aminoácodos y proteínas solubles, en mg/g de peso fresco.

En la variedad V2 (Corindon), donde hay poca actividad de la nitrato reductasa ($1.89 \mu\text{M}$ de $\text{NO}_2^-/\text{g/h.}$) (Fig.2), la concentración de los aminoácidos es la más baja y la de las proteínas solubles también es baja comparada con la máxima (38.75 mg/g p.f.) para la variedad V2 (Corindon) y (47.37 mg/g p. f.) para el máximo.

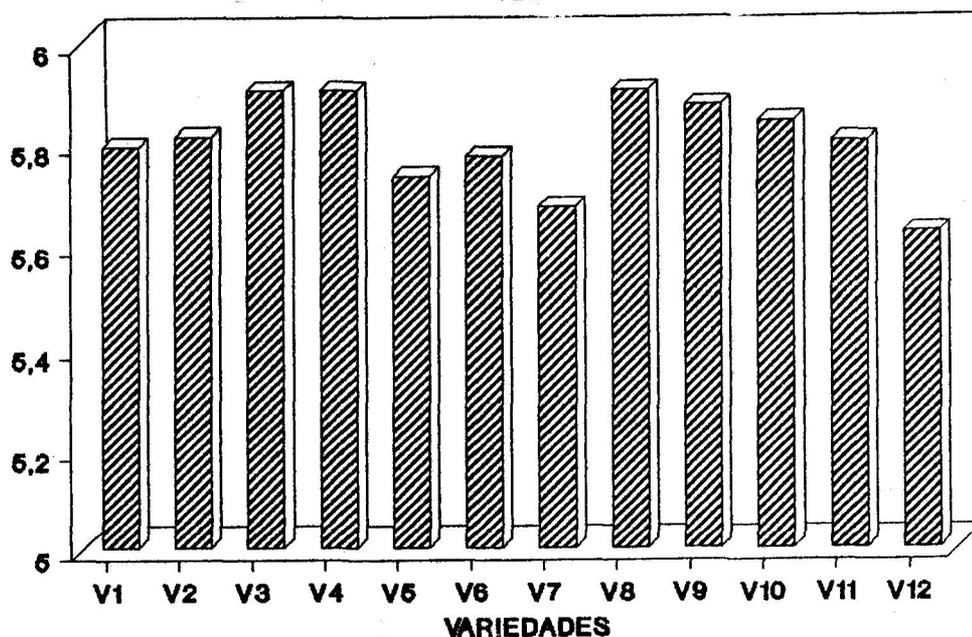


FIGURA.- 4: Efecto de las variedades sobre la acidéz iónica (pH).

El pH del órgano que se estudia: la hoja, es un factor de la buena salud fisiológica de la planta donde no debe haber

una gran diferencia entre las variedades alcanzando el nivel máximo para la variedad V3 (Dombelo) y el mínimo para la variedad V12 (2084/81), 5.905 y 5.623 respectivamente (Fig.4), aunque no haya mucha diferencia entre las variedades, el pH afecta la actividad de las enzimas.

Para la acidéz valorable (Fig.5) también ocurre lo mismo, que no hay mucha diferencia entre las variedades con un máximo de 0.493 para la variedad V4 y un mínimo de 0.387 para la variedad V8.

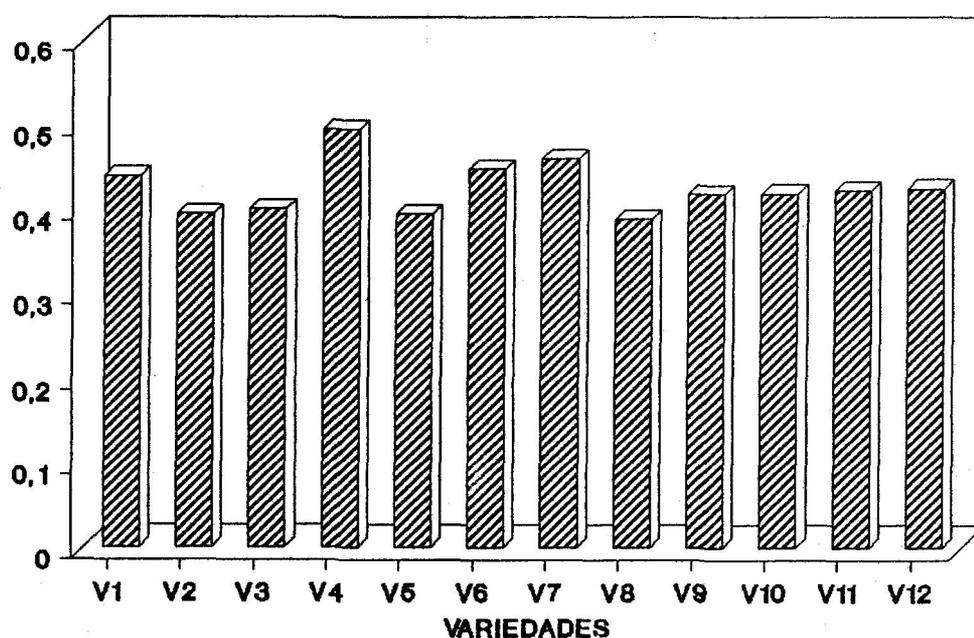


FIGURA.- 5: Efecto de las variedades sobre la acidéz valorable, en g. de ácido cítrico/100 g. de peso fresco.

4.1.2.- El Cl⁻, fracciones y formas nitrogenadas.

El tomate es sensible a la presencia de Cl⁻ y por lo tanto dispone de un mecanismo discriminatorio de Cl⁻ y de NO₃⁻ basándose en que la alta concentración de NO₃⁻ intracelular disminuye considerablemente el influjo de Cl⁻. El Cl⁻ presenta un máximo de (10.43 mg/g p. s.) para la variedad V12 (2084/81) y un mínimo de (9.32 mg/g p. s.) para la variedad V1 (Búfalo) (Fig.6), para casi todas las variedades cuando el anión nitrogenado muestra mayores niveles, el grado de la concentración foliar de Cl⁻ disminuye.

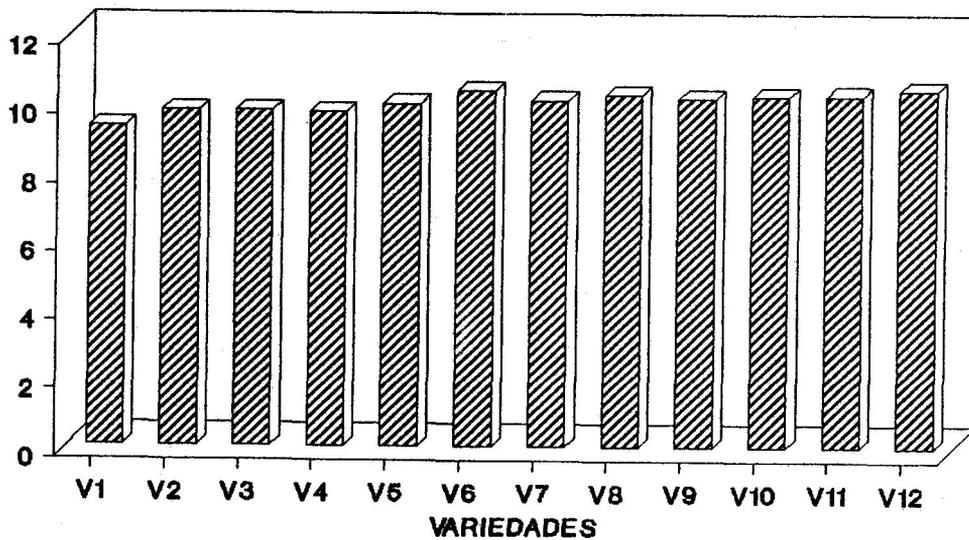


FIGURA.- 6: Efecto de las variedades sobre los cloruros expresados, en mg/g de peso seco.

Por ejemplo la variedad V7 (NoA) que presenta el nivel máximo de NO_3^- (163.95 mg/g p. s.) (Fig.7), se encuentra con un nivel de Cl^- bajo (10.11 mg/g p. s.), el mínimo valor de NO_3^- se presenta en la variedad V2 (Corindon) (143.28 mg/g p. s.) (Fig.7).

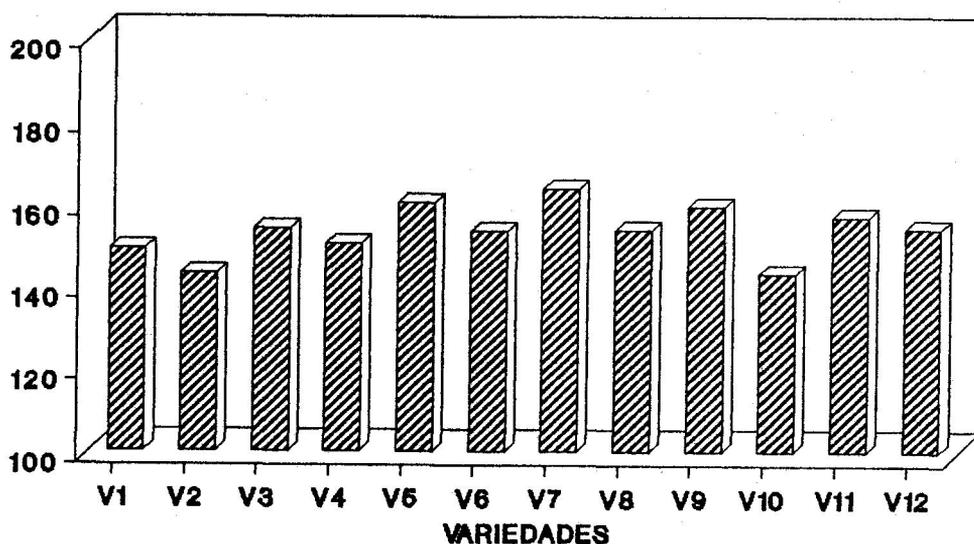


FIGURA.- 7: Efecto de las variedades sobre los nitratos expresados, en mg/g de peso seco.

Para estos dos nutrientes la diferencia entre las variedades es muy grande. La actividad de la nitrato reductasa está regulada por la concentración endógena de los nitratos

