

**DETERMINACION DE LA CONCENTRACION
ADECUADA DE NITRATO PARA INCREMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD, EL CONTENIDO DE
CARBOHIDRATOS Y MINERALES EN TOMATE**

EDILBERTO GONZALEZ RAYA

TESIS

Presentada como requisito parcial

Para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

en Horticultura

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”



Programa de Graduados

Buenavista, Saltillo, Coahuila. México

Junio de 2002.

18792

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**DETERMINACION DE LA CONCENTRACION ADECUADA DE NITRATO
PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD, EL CONTENIDO DE
CARBOHIDRATOS Y MINERALES EN TOMATE**

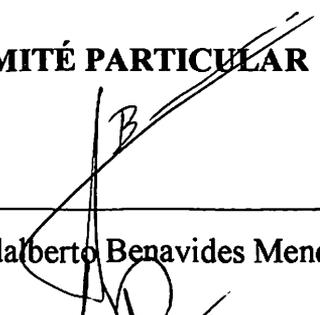
TESIS POR: EDILBERTO GONZALEZ RAYA

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como
requisito parcial para optar al grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**

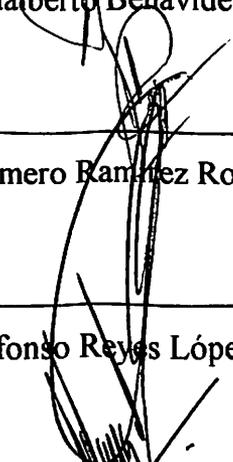
COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:



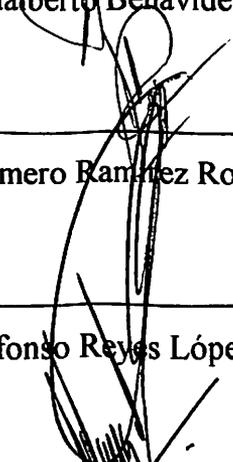
Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Asesor:



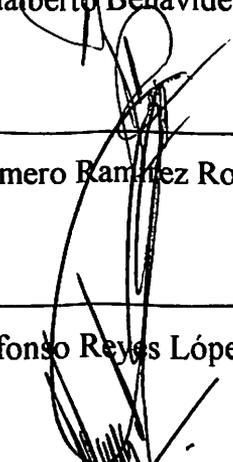
Dr. Homero Ramirez Rodriguez

Asesor:

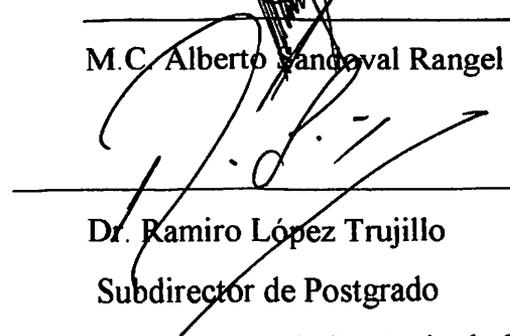


Dr. Alfonso Reyes López

Asesor:



M.C. Alberto Sandoval Rangel



Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenvista, Sakillo, Coahuila, Junio de 2002.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS NUESTRO SEÑOR, por permitirme tener vida, salud y bienestar para ver concluir otra meta más en vida; así como a la Virgen de San Juan y de Guadalupe, por cuidar y ayudar a mi familia siempre.

A mi " ALMA TERRA MATER " y al personal Docente del Departamento de Horticultura por los conocimientos brindados durante el transcurso de la carrera, proporcionándome todos los elementos para enfrentarme a la vida profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por brindarme el apoyo económico durante mi carrera en Posgrado.

El más sincero agradecimiento por la disposición, apoyo, consejos y sincera amistad que siempre me brindo el Dr. Adalberto Benavides Mendoza quien con su experiencia, sugerencias y opiniones aportadas, permitieron la culminación del presente trabajo.

Al Dr. Alfonso Reyes López por la confianza y el apoyo brindado en la asesoría de la presente investigación.

Al Dr. Homero Ramírez Rodríguez por la acertada ayuda y revisión de la presente investigación.

Al Ing. Alberto Sandoval Rangel, por su sincera Amistad, apoyo y ayuda oportuna en la revisión de la presente Investigación.

A mis compañeros tesisistas, Gabriela Rodríguez y Jorge L. Juárez por la ayuda y confianza que depositaron en mí, para llevar acabo este trabajo.

A las Laboratoristas: Dora Elia, Laura Duron, Mildred, la Maestra Laura y al Químico Antonio del Depto. de Nutrición Animal; además del personal del área secretarial y del área de Invernaderos.

A mis compañeros de la Maestría en Horticultura, por su amistad y espíritu positivo de superación.

A todas las personas que de forma involuntaria escapan de mi memoria, ayudándome y apoyando mi estancia en la universidad.

GRACIAS.

DEDICATORIAS.

Con Eterno Amor a mi Madre:

Blanca E. Raya Razo.

Que es la mujer que más quiero y me ha querido en la vida; a quien le debo lo que soy y lo que seré; porque siempre ha estado a mi lado cuando más la necesito, con su apoyo infinito, cariño, amor y comprensión, y que con su sacrificio ha inculcado en mí el espíritu de superación, teniendo como muestra la culminación de una más de mis metas, para quien le ofrezco como ofrenda de lo mucho que se merece y porque ha logrado hacer de mi un hombre de provecho.

A mi Padre:

Edilberto González A.

Al hombre de figura fuerte, pero de mirada triste, de pies y manos de camino viejo, y expresión sincera, a quien quiero y respeto y que gracias a su apoyo me ayudó a concluir una carrera profesional.

A mis Hermanos:

Diana Estela y Juan Luis

Por el cariño que nos tenemos y para quien espero ser un buen ejemplo como hermano mayor.

A mi Abuelita :

Aurora Razo Canchola

Que ha sido el pilar principal del sustento de la gran familia que ahora formamos y por mostrarnos el valor del sacrificio.

A mis Tías:

Rosa Linda, Ma. Isabel, Ana María y Alma Delia.

Con cariño y respeto, a las que han sabido educarme y me han inculcado valores familiares, además de brindarme apoyo, comprensión y algunas veces de un regaño para volverme al camino del bien. Por demostrarme que a través del sacrificio y dedicación se pueden obtener las metas que uno se proponga.

A mi Novia:

Gabriela Rodríguez R.

Con todo mi amor a la mujer que me ha enseñado el valor de la vida al lado de su pareja, por escucharme e impulsar mis sueños, por estar conmigo en mis tristezas y alegrías, por motivarme a seguir luchando y alcanzar las metas que uno se proponga.

COMPENDIO

DETERMINACION DE LA CONCENTRACION ADECUADA DE NITRATO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD, EL CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS Y MINERALES EN TOMATE

POR:

EDILBERTO GONZALEZ RAYA

MAESTRIA

HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Junio 2002.

Dr. Adalberto Benavides Mendoza –Asesor-

Palabras Clave: *Lycopersicon esculentum*, Nitrógeno, Fertilización, Cultivo en Invernadero, Calidad Nutricional.

El presente estudio se desarrolló con el objetivo de determinar el efecto de la concentración de nitrato sobre la calidad nutricional de la fruta así como sobre el crecimiento y acumulación de nutrientes minerales de dos cultivares de tomate, uno tipo bola y otro saladette. Se utilizó un sistema de cultivo sin suelo con peat moss como sustrato aplicando soluciones nutritivas con 150, 350, 550 y 750 ppm de NO_3^- . Se determinó la producción total de fruta por planta, la producción y reparto selectivo de biomasa fresca y seca de tallos, hojas, frutos y raíces. Asimismo se determinó la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn y Fe en los tejidos vegetativos de la planta.

En la fruta se determinaron los mismos minerales así como la concentración de almidón, azúcares totales y azúcares reductores.

Los resultados indicaron que la producción de fruta por planta fue mayor al aplicar la solución nutritiva de 350 ppm de NO_3^- con 7.36 y 7.8 kg de fruta por planta para el cultivar tipo bola y saladette, respectivamente. En cuanto a la acumulación de biomasa fresca y seca en las diferentes estructuras de las plantas los resultados indicaron que el rango óptimo se encuentra entre 350 y 550 ppm de NO_3^- . Por otro lado, los mejores valores de contenido de nutrientes minerales en la fruta se obtuvieron con 350 ppm de NO_3^- . Respecto a la acumulación de almidón en la fruta, este compuesto aumentó en el cultivar tipo bola al elevar el NO_3^- , mostrando poco efecto en el saladette. En ambos cultivares la mayor cantidad de azúcares en la fruta se presentó con 350 ppm de NO_3^- . Se discute la utilidad de la manipulación de la concentración de nitrato como herramienta para aumentar la calidad y la producción de fruta.

ABSTRACT

DETERMINATION OF NITRATE CONCENTRATION TO INCREASE YIELD, CARBOHYDRATES AND MINERAL CONTENT IN TOMATO

By

EDILBERTO GONZALEZ RAYA

MAESTRO EN CIENCIAS

HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Junio 2002.

Dr. Adalberto Benavides Mendoza –Adviser-

Key Words: *Lycopersicon esculentum*, nitrogen, plant fertilization, greenhouse culture, nutritional quality.

This study was carried out with the objective of determining the effect of the nitrate concentration on fruit nutritional quality, plant growth, and mineral content in shoots and roots of two tomato cultivars grown in peat moss. Four NO_3^- concentrations (150, 350, 550, 750 mg l^{-1}) were evaluated in terms of plant response. Fruit production, fresh weight and dry matter of leaves, stems, roots and fruits, were determined. In addition the content of N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn in leaves and root tissues was evaluated. Likewise mineral and carbohydrate content in fruit tissues were determined. The results indicated that highest fruit production occurred with NO_3^- at 350 mg l^{-1} , giving 7.36 kg

plant⁻¹ and 7.8 kg plant⁻¹ of fruit for “Winner” and “Yaqui” cultivars, respectively. Fresh weight and dry matter showed the higher accumulation in the range between 350 and 550 mg l⁻¹ of NO₃⁻. On the other hand, higher levels of mineral nutrients in fruit tissues were observed with 350 mg l⁻¹. Concerning the accumulation of starch in the fruit, it increased in Winner cultivar upon elevating the nitrate level, showing little effect in Yaqui cultivar. In both cultivars the higher level of sugars in the fruit were observed with nitrate at 350 mg l⁻¹. This data is discussed in relation to nitrate concentration management as a useful tool to manipulate fruit yield and quality.

INDICE DE CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCION	1
Objetivo	3
Objetivos Específicos	3
Hipótesis	4
REVISION DE LITERATURA	5
Nutrición	5
Fertilización	7
Generalidades del Nitrógeno	9
 ARTICULO : LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LA FRUTA Y EL CRECIMIENTO DE LA PLANTÁ DE TOMATE CON DIFERENTES NIVELES DE NITRATO	 15
 CONCLUSIONES	 41
LITERATURA CITADA	42
APENDICE	44

INTRODUCCION

En México, el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es una de las especies hortícolas más importantes, ya que ocupa el primer lugar por su valor de producción y se considera como la segunda por la superficie sembrada, además del sin número de productos que se obtienen de este cultivo. Su importancia hoy en día estriba en la generación e ingreso de divisas para el país. Dada la creciente demanda, se obliga a obtener mejores rendimientos y mejor calidad, por lo tanto es indispensable considerar la nutrición de tal modo que se pueda suministrar en forma adecuada y oportuna los elementos minerales que requieren las plantas y así mismo evitar deficiencias que limiten la producción de nuestros cultivos

Dentro de la nutrición, la fertilización es una herramienta utilizada para complementar y poner a disposición de las plantas, cantidades de nutrientes en forma suficiente, balanceada y oportuna para la obtención de altos rendimientos, además de que ayuda a mejorar la calidad de los productos.

En forma particular, el nitrógeno tiene vital importancia para la nutrición de las plantas. Este elemento para ser absorbido (excepto las leguminosas) debe estar en forma que no sea la elemental (iones NO_3^- y NH_4^+); su importancia estriba en el hecho de ser constituyente de las proteínas, ser parte integral de las moléculas de la clorofila y de otras moléculas.

El nitrógeno se localiza en toda la planta, pero es especialmente importante en los tejidos más jóvenes y tiernos. De hecho el nitrógeno promueve un excesivo crecimiento de hojas y disminuye las reservas de almidón, observándose lo inverso cuando el nivel de fertilización nitrogenada es bajo; además, considerando el tipo de forma química aplicada se ha observado que el peso de frutos se reduce significativamente cuando el nitrógeno es suministrado en forma de amonio (NH_4^+). Aparentemente el N tiene relación con el transporte de fotosintatos, estando la fotoasimilación de compuestos de C relacionada con la transpiración y siendo el xilema la vía principal de transporte de N hacia las hojas maduras.

Esta relación tiene un efecto final (junto con los otros minerales) en la calidad, rendimiento y vida de anaquel de la fruta, ya que si son aplicadas grandes cantidades de N, la planta produce muchas hojas y pocas frutas; por el contrario, si falta N la cosecha será pobre.

Dentro de las investigaciones hechas sobre el N, se sabe sobre la importancia de este elemento para el crecimiento y desarrollo de la planta, además del efecto en la etapa de fructificación y de la relación posible que existe entre el N/C; pero se requiere establecer como se efectúa este mecanismo y las condiciones en que esta relación se lleva a cabo en el metabolismo de la planta a través de sus diferentes etapas fenológicas, además del efecto que tiene sobre la acumulación inicial de almidón que determina la tasa de expansión de la fruta e impacta la vida de postcosecha, (sobre la calidad y rendimiento de la fruta).

Por ello la presente investigación pretende dar resultados sobre la relación que existe entre el nitrógeno y el carbono dentro del metabolismo de la planta, además de desarrollar mecanismos que permitan conocer los niveles de nitrato, la acumulación y síntesis de carbohidratos, en características tales como rendimiento, calidad y determinar el contenido nutricional de la planta. Por lo anterior, para la realización de la investigación se han propuesto los siguientes objetivos:

Objetivo

Determinar el efecto del nitrógeno, aplicado en forma de nitrato sobre el crecimiento y acumulación de minerales en la planta y su impacto sobre la productividad y calidad de la fruta.

Objetivos Específicos

- Verificar el comportamiento agronómico y la productividad del tomate bajo diferentes concentraciones de nitrato en la solución nutritiva.

- Determinar el efecto de los niveles de nitrato sobre la acumulación de carbohidratos en la fruta de tomate.

- Verificar la importancia de la acumulación de carbohidratos en sus diferentes formas sobre la calidad y vida de anaquel de la fruta.

- Estudiar el efecto de los niveles de nitrato sobre la acumulación de los restantes elementos minerales en tejidos vegetativos y reproductivos.

Hipótesis

- El metabolismo del carbono, la acumulación y transporte de carbohidratos se verán afectados por la concentración de nitrato en las distintas etapas fenológicas, aplicados con solución nutritiva, asimismo el nitrógeno tendrá efecto al finalizar el ciclo de cultivo en el rendimiento y calidad de la fruta.

- Niveles altos de nitrato, tendrán efecto negativo sobre la concentración y acumulación de carbohidratos en la etapa de cosecha, esto se verá reflejado en la calidad de la fruta.

REVISION DE LITERATURA

Nutrición

La nutrición de los cultivos es un aspecto del proceso de producción estrechamente relacionado con el sistema de la planta y sus componentes. Esta no puede ser entendida y atendida como un fenómeno aislado, sino que debe ser vista en el contexto de un sistema en el cuál hay numerosos factores que interactúan simultáneamente y que son determinantes de las acciones que se deben tomar para mantenerla (Etchevers, 1997).

La nutrición de los elementos nutritivos es un procedimiento de control y balance. Cada elemento es vital en la nutrición de la planta, la falta de alguno solo limitará su desarrollo, porque la acción de cada uno es específica y ninguno puede ser reemplazado por otro. Todos los elementos le sirven a la planta para la construcción de la masa de tejido vegetal.

Para mantener un crecimiento sano de la planta es necesario que esta posea un alto rango de nutrientes disponibles, que a su vez las plantas absorberán los elementos nutritivos en ciertas proporciones, por ello es importante que los nutrientes se mantengan balanceados para satisfacer las necesidades individuales de los cultivos.

Los elementos nutritivos se clasifican en macronutrientes que son: el nitrógeno, fósforo, potasio, carbono, hidrógeno, calcio, magnesio y azufre, y micronutrientes que son: manganeso, cobre, zinc, hierro, molibdeno, boro y cloro (Pinchuk y Garncaz, 1997).

Los problemas nutricionales se caracterizan por un desequilibrio en el desarrollo y fructificación de las plantas, causadas por deficiencias o excesos de nutrientes agregados al suelo o al follaje, los cuales se reflejan directamente en la calidad y producción de los frutos (Fitzpatrick, 1984).

Un suelo puede contener todos los elementos necesarios para la nutrición, pero estos pueden estar en una forma no disponible para la absorción radical; tal es el caso del hierro y el fósforo cuando el suelo es alcalino, en estos casos se realiza una fertilización de estos elementos a nivel foliar, constituyendo una nutrición o fertilización complementaria (Rodríguez, 1982).

Por otro lado no es posible en la práctica obtener buenos rendimientos si no se ponen a disposición de las plantas, cantidades de nutrientes en forma suficiente, para que estos puedan realizar un buen desarrollo y metabolismo que repercuta en grandes producciones de frutas (Calderón, 1983).

Para mantener un adecuado crecimiento de la planta se requiere tomar en cuenta la disponibilidad de los elementos así como el balance de los mismos. Ambas

características dependen de las condiciones de crecimiento así como de las características particulares de cada especie vegetal (Pinchuk y Garncaz, 1997).

Dentro de la nutrición; la fertilización juega un papel muy importante ya que es una técnica que permite dosificar de forma oportuna y precisa los nutrimentos que requieren las plantas para alcanzar altos rendimientos (Huchmuth y Clark, 1991).

Fertilización

Para cualquier cultivo, la fertilización resulta una de las prácticas imprescindibles para conseguir una adecuada regularidad productiva, ya que si bien el suelo es capaz de suministrar en cantidad suficiente algunos de los elementos esenciales para la vida vegetal, en la generalidad de los casos resulta insuficiente para cubrir la demanda de la planta de otros elementos nutritivos. A esta situación debe añadirse que no todas las plantas presentan la misma capacidad para absorber los nutrientes asimilables del suelo (Burgueño, 1997).

La fertilización es sin duda uno de los factores más importantes que afecta la rentabilidad de una plantación. Para ello y en primer lugar, se debe conocer las características físicas y químicas del suelo, de plantación, y la composición del agua del riego, puesto que esta última puede contener algunos elementos beneficiosos como magnesio, potasio, etc., o exceso de algunas sales solubles perjudiciales para el suelo y el cultivo.

A través de dichos datos se podrán conocer los problemas más probables en la nutrición del cultivo. Por otro lado el análisis de las plantas muestran que estas contienen, en proporciones diferentes, cierto número de elementos; que se han puesto en evidencia la presencia de once elementos simples en cantidad relativamente importante, siendo estos:

El Nitrógeno (N), el Oxígeno (O), el Calcio (Ca), el Carbono (C), el Cloro(Cl), el Hidrógeno (H), el Magnesio (Mg), el Fósforo (P), el Potasio (K), el Sodio (Na) y el Azufre (S). Además se encuentran 18 más, en cantidades muy reducidas, el Aluminio (Al), el Arsénico (As), el Boro (B), el Bromo (Br), el Cobalto (Co), el Cobre (Cu), el Estaño (Sn), el Hierro (Fe), el Flúor (F), el yodo (I), el Manganeso (Mn), el Molibdeno (Mo), el Níquel (Ni), el Plomo (Pb), el Silicio (Si), el Titanio (Ti), el Vanadio (V) y el Zinc (Zn). Estos elementos han sido clasificados en dos series: los elementos mayores, formando más del 99% del peso de las plantas, y los oligoelementos (Burgueño, 1997). Los elementos mayores son de un lado, Carbono, Hidrógeno y el Oxígeno. Por el otro, el Nitrógeno, el Calcio, el Magnesio, el Fósforo, el Potasio, el Sodio y el Azufre.

En los oligoelementos, de los 18 elementos encontrados, mediante los análisis, siete solamente tienen una acción determinante en el crecimiento de los vegetales y actúan a nivel trazas: el Boro, el Cloro, el Cobre, el Hierro, el Manganeso, el Molibdeno y el Zinc (Burgueño, 1997).

Generalidades del Nitrógeno

Aunque en la atmósfera de la tierra tiene un 80 por ciento de nitrógeno, este elemento se encuentra a menudo en cantidades reducidas en los organismos, particularmente en las plantas, porque solo ciertos microorganismos son capaces de asimilar el nitrógeno molecular convirtiéndolo en formas utilizables por ellas. De estos microorganismos hay cuatro tipos principales: microorganismos simbióticos, que viven en las raíces de ciertas plantas; ciertas bacterias del suelo de la vida libre heterotrófica; bacterias fotosintéticas, y algunas algas fotosintéticas verde-azul (Bidwell, 1990).

Con la excepción del Carbono, del Hidrógeno y del Oxígeno, el Nitrógeno es el elemento más importante en los organismos vivos y se encuentra en compuestos tan esenciales como son las proteínas, los ácidos nucleicos, algunos de los reguladores del crecimiento de la planta y en muchas de las vitaminas; e interviene en muchas de las reacciones bioquímicas que integran la vida (Devlin y Smith, 1986).

El nitrógeno es el elemento de constitución de proteínas que son los compuestos fundamentales de la materia viviente en general, es pues esencial para el crecimiento de los vegetales. De todos los elementos es el único que no existe en la roca madre. El Nitrógeno existe en abundancia en la naturaleza bajo dos estados: el estado libre, en la atmósfera de la cuál constituye 4/5 partes. El estado combinado, bajo forma mineral u orgánica; la forma mineral es el alimento base de la planta y bajo la forma orgánica, la planta no puede absorberlo directamente (Burgueño, 1997)

El papel que desempeña el nitrógeno en el suelo es para el desarrollo y productividad de la planta, se menciona que una adición de nitrógeno en el suelo con diferencias casi siempre duplica, triplica, etc., la intensidad de crecimiento (Papadakis, 1960).

El nitrógeno tiene vital importancia para la nutrición de las plantas y su suministro puede ser controlado por el hombre. Probablemente el papel más importante del nitrógeno en las plantas es su participación en las estructuras protéicas. Además el nitrógeno se encuentra en moléculas tan importantes como las purinas, pirimidinas, porfirinas y coenzimas, es parte integral de las moléculas de clorofila (Tisdale y Nelson, 1979).

El nitrógeno presenta alta movilidad interna en la planta, moviéndose de los tejidos viejos hacia los más jóvenes de acuerdo a las necesidades de crecimiento. Cuando existe deficiencia de dicho elemento se presenta un amarillamiento y senescencia prematura de las hojas maduras como síntoma característico de dicha deficiencia (Bonnet, 1968). Por el contrario cuando este elemento se encuentra en concentraciones elevadas ocasiona que el grosor de la pared celular se vea disminuido y por lo tanto la formación de hojas y tallos sean menos fuertes y más succulentos, además trae consigo la elevada concentración hídrica en las vacuolas, facilitando el ataque de plagas y enfermedades. (Lagarda, 1984).

La mayor parte de las plantas absorben nitrógeno existente en el suelo en forma fijada. Las formas de nitrógeno que se encuentra a disposición de la planta pueden distribuirse en cuatro grandes grupos: nitrógeno en forma de nitrato, nitrógeno en forma amoniacal, nitrógeno en forma orgánica y nitrógeno molecular. Muy pocas plantas son capaces de utilizar las cuatro formas de nitrógeno (Webster, 1959).

Aunque la mayoría de las plantas utilizan la forma de nitrato del nitrógeno, varias plantas pueden asimilar la forma amoniacal y ciertas formas de nitrógeno orgánico. La utilización del nitrógeno molecular queda limitada a unos pocos grupos que se encuentran entre las formas inferiores de vida vegetal. Por otro lado el nitrógeno no puede ser absorbido por la mayoría de las plantas, dicho elemento debe ser absorbido en forma diferente que el nitrógeno elemental (N_2), la forma más común de asimilación por las plantas es el ión (NO_3^-) nitrato y (NH_4^+) amonio, estas formas de asimilación son transformadas en el interior de la planta en compuestos más complejos y finalmente transformarlos en proteínas (Tisdale y Nelson, 1982).

Al igual que otros elementos el nitrógeno presenta rangos de concentración óptima. Estudios realizados en tomate demuestran que si se presenta un exceso de N, la planta produce muchas hojas y pocas frutas, si por el contrario llega a faltar este elemento la cosecha será pobre puesto que el tomate consume altas cantidades de nitrógeno (Reiners, 1995).

Generalmente el nitrógeno es transportado por el xilema en forma de aminoácidos o nitrato, mientras que el floema transporta principalmente aminoácidos y péptidos. El fluido del xilema tiene una relación C/N usualmente en el rango de 1.5 a 6, indicando la importancia de este tejido en la conducción de compuestos ricos en N. En contraste la razón C/N en el floema varía de 15 a 200, siendo la sacarosa el principal carbohidrato presente (Pate, 1980).

Con respecto a la relación del nitrógeno con el carbono se sabe que existe una estrecha interacción entre el transporte de N con nitrato y el transporte de fotosintatos. Esta relación depende de la activación nitrato-dependiente de las quinasas foliares de la PEPc y la SPS. La fosforilación de dichas enzimas da lugar a modificaciones en el cociente sacarosa/aminoácidos de los fotosintatos. Dada la conocida actividad de los carbohidratos como señalizadores y mensajeros, es de esperarse que los cambios en el mencionado cociente aminoácidos/sacarosa generen respuestas morfológicas diferenciales de importancia (Champigny y Foyer, 1992).

Del mismo modo el nitrógeno influye en gran medida en el crecimiento y rendimiento de acuerdo con la forma en la que se encuentra disponible para la planta. En este sentido se ha encontrado que cuando la planta entra en un estado de floración y desarrollo de fruto el número de frutos formados por cada inflorescencia no es influido por la razón $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, pero el peso de los frutos se reduce significativamente cuando el N es suministrado en forma de NH_4^+ (Hartman, 1986).

En trabajos hechos en tomate con los cultivares Vendor, Kosei, Parabel y Cantatos, desarrollados con distintas concentraciones de nitrógeno en la solución nutritiva mostraron que el rendimiento de fruto comercial por un periodo de ocho semanas de cosecha, se relacionó cuadráticamente con la fertilización nitrogenada, pero el rendimiento se vio afectado con excesivas cantidades de nitrógeno (Caron *et al.*, 1992).

En otro trabajo Chung *et al.* (1994) encontraron que el peso del fruto por racimo aumentó con el incremento del nitrógeno. En el cultivar de tomate Nve., desarrollado con diferentes proporciones de nitrógeno, desde el inicio del desarrollo del fruto hasta la cosecha el nitrógeno incrementó el rendimiento (Avakyan *et al.*, 1993).

Por otro lado, la calidad de la fruta se ha encontrado que es determinada en gran medida por la pared celular del fruto formada de Ca y K, el primero estabiliza al ácido poligalacturónico y el potasio, es el mineral más abundante y junto con los nitratos y fosfatos, constituyen el 93 por ciento de las sustancias minerales del tomate (Chamarro, 1995).

En experimentos con cuatro cultivares, con frutos en sus cuatro estadios de maduración (verde, verde sazón, rosado y rojo). Se midieron los cambios cualitativos en los polimeros de pectina neutral de las paredes celulares. Se estableció una correlación

directa entre la firmeza del fruto y el límite de contenido de Ca. El límite mayor en el contenido de calcio inhibió la actividad de la poligalacturonasa, el límite inferior promovió dicha actividad (Kakhana y Kriviela, 1988).

En otros trabajos se ha encontrado que el contenido de carbohidratos no estructurales en las etapas tempranas del crecimiento del fruto tiene efecto sobre el tamaño final, el contenido de azúcares y la vida de postcosecha de la fruta (Schaffer y Preteikov, 1997).

Dado que dicho nivel de carbohidratos es dependiente del balance N/C es de esperarse una correlación entre la disponibilidad de nitratos con las características bioquímicas y la calidad de los frutos (Schaffer y Preteikov, 1997).

LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LA FRUTA Y EL CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE TOMATE CON DIFERENTES NIVELES DE NITRATO.

Nutrient composition and tomato plant growth on various nitrate levels

Edilberto González-Raya¹, Adalberto Benavides-Mendoza¹, Homero Ramírez-Rodríguez¹, Valentín Robledo-Torres¹, Ratikanta Maiti², Alfonso Reyes López¹, Antonio Francisco Aguilera-Carbo³, Laura Olivia Fuentes-Lara³, Rosa Elia Margarita Hernández-Valencia¹

¹ Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila. 25315 México. Tel. (844)411-0303 Email: abenmen@uaaan.mx

²Departamento de Biología y Química, Universidad de la Americas, Cholula, 72820, México.

³Departamento de Nutrición y Alimentos, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló con el objetivo de determinar el efecto de la concentración de nitrato sobre la calidad nutricional de la fruta así como sobre el crecimiento y acumulación de nutrientes minerales de dos cultivares de tomate, uno tipo bola (Winner) y otro saladette (Yaqui). Se utilizó un sistema de cultivo sin suelo con peat moss como sustrato aplicando soluciones nutritivas con 150, 350, 550 y 750 ppm de NO_3^- . Se determinó la producción total de fruta por planta, la producción y reparto selectivo de biomasa fresca y seca de tallos, hojas, frutos y raíces.

Asimismo se determinó la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn y Fe en los tejidos vegetativos de la planta. En la fruta se determinaron los mismos minerales así como la concentración de almidón, azúcares totales y azúcares reductores. Los resultados indicaron que la producción de fruta por planta fue mayor al aplicar la solución nutritiva de 350 ppm de NO_3^- con 7.36 y 7.8 kg de fruta por planta para los cultivares “Winner” y “Yaqui” respectivamente. En cuanto a la acumulación de biomasa fresca y seca en las diferentes estructuras de las plantas los resultados indicaron que el rango óptimo se encuentra entre 350 y 550 ppm de NO_3^- . Por otro lado, los mejores valores de contenido de nutrientes minerales en la fruta se obtuvieron con 350 ppm de NO_3^- . Respecto a la acumulación de almidón en la fruta, este compuesto aumentó en el cultivar tipo bola al elevar el NO_3^- , mostrando poco efecto en el saladette. En ambos cultivares la mayor cantidad de azúcares en la fruta se presentó con 350 ppm de NO_3^- . Se discute la utilidad de la manipulación de la concentración de nitrato como herramienta para aumentar la calidad y la producción de fruta.

Palabras clave: nitrógeno, fertilización, cultivo en invernadero, calidad nutricional.

SUMMARY

This study was carried out with the objective of determining the effect of the nitrate concentration on fruit nutritional quality, plant growth, and mineral content in shoots and roots of two tomato cultivars grown in peat moss. Four NO_3^- concentrations (150, 350, 550, 750 mg l^{-1}) were evaluated in terms of plant response. Fruit production,

fresh weight and dry matter of leaves, stems, roots and fruits, were determined. In addition the content of N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn in leaves and root tissues was evaluated. Likewise mineral and carbohydrate content in fruit tissues were determined. The results indicated that highest fruit production occurred with NO_3^- at 350 mg l^{-1} , giving $7.36 \text{ kg plant}^{-1}$ and $7.8 \text{ kg plant}^{-1}$ of fruit for “Winner” and “Yaqui” cultivars, respectively. Fresh weight and dry matter showed the higher accumulation in the range between 350 and 550 mg l^{-1} of NO_3^- . On the other hand, higher levels of mineral nutrients in fruit tissues were observed with 350 mg l^{-1} . Concerning the accumulation of starch in the fruit, it increased in Winner cultivar upon elevating the nitrate level, showing little effect in Yaqui cultivar. In both cultivars the higher level of sugars in the fruit were observed with nitrate at 350 mg l^{-1} . This data is discussed in relation to nitrate concentration management as a useful tool to manipulate fruit yield and quality.

Index Words: nitrogen, plant fertilization, greenhouse culture, nutritional quality.

INTRODUCCION

El nitrato (NO_3^-) es la principal fuente de nitrógeno (N) para la mayoría de las especies cultivadas. El nitrato es, además de una molécula nutriente que aporta N a la planta, un compuesto señalizador (Trewavas, 1983) que regula el metabolismo del carbono (Scheible *et al.*, 1997a; Stitt, 1999), la homeostasis hídrica y la turgencia celular (Seginer *et al.*, 1998; Cárdenas-Navarro *et al.*, 1999), modifica la morfogénesis de las plantas (Scheible *et al.*, 1997b; Zhang y Forde, 2000) y cambia la absorción y

acumulación de otros elementos minerales (He *et al.*, 1999). Este papel dual de la molécula de NO_3^- , como nutriente y compuesto señalizador, se debe tomar en cuenta tanto al planificar la concentración como la oportunidad de aplicación de un fertilizante que aporte nitrato.

Cuando se cultiva en suelo el N puede aportarse en forma de nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). En cambio, al utilizar sistemas hidropónicos o semihidropónicos es recomendable utilizar el NO_3^- como única fuente o fuente principal de N en la solución nutritiva (Kafkafi, 1990; Duffy y Défago, 1999). Tanto el déficit como el exceso de nitrato tienen un impacto negativo sobre las plantas disminuyendo la producción de fruta (He *et al.*, 1999), aumentando la susceptibilidad a los insectos plaga (Jauset *et al.*, 2000) y a los patógenos (Duffy y Défago, 1999) o bien afectando negativamente la calidad nutricional de los productos cosechados (Maynard *et al.*, 1976). Por ello es importante definir la concentración de nitrato que se utilizará en una solución fertilizante, de tal forma que el valor seleccionado optimice en conjunto el crecimiento y vigor de la planta, la producción total de fruta, la calidad sensorial y nutricional de la fruta así como la vida de poscosecha de la fruta.

Un componente importante de la calidad nutricional y del sabor de la fruta del tomate es el contenido de carbohidratos. Esto hace deseable el lograr manipular la economía de los azúcares y almidones de la fruta a través de diferentes estrategias (Schaffer *et al.*, 1999). Sin embargo, el estatus de carbohidratos de la fruta es una función compleja de caracteres genéticos y ambientales. Se sabe que en los tejidos vegetativos la disponibilidad de nitrato (Seginer *et al.*, 1998) en la solución nutritiva

tienen un impacto profundo sobre la producción y acumulación de carbohidratos. Sin embargo, se dispone de poca información que indique de que manera la disponibilidad de nitrato modifica la acumulación de azúcares y almidones en la fruta.

El estudio aquí reportado tuvo como objetivo determinar el efecto de la concentración de NO_3^- en la solución nutritiva sobre el crecimiento, la producción de fruta, acumulación de minerales en los tejidos vegetativos y acumulación de minerales y carbohidratos en la fruta de dos cultivares de tomate, uno tipo bola y otro saladette, desarrollados en un sistema de cultivo semihidropónico con peat moss como sustrato.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo experimental se realizó en el invernadero número 3 del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México durante el verano y otoño del 2000.

El invernadero es de tipo colombiano, con cubierta de polietileno, ventilación zenital pasiva y cortinas movibles. Los cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* (L.) Mill.) utilizados fueron Winner (tipo bola) y Yaqui (tipo saladette), ambos con hábito de crecimiento determinado. Se utilizó como fuente de nutrientes minerales una solución Douglas modificada de tal forma que aportó diferentes concentraciones de NO_3^- (Cuadro 1).

Las semillas fueron sembradas en charolas germinadoras de poliestireno expandido con 200 cavidades utilizando Peat Moss (Sunshine 3) como sustrato. Las plántulas fueron desarrolladas hasta contar con cuatro hojas verdaderas, fueron trasplantadas el 5 de junio del 2000 en macetas de 20 litros utilizando peat moss como sustrato. Las plantas fueron sometidas al manejo habitual de poda de formación a dos tallos así como tutoreo, este último desde los 30 días después del trasplante. El manejo fitosanitario fue el normalmente utilizado para el tomate de invernadero siguiendo las indicaciones de los fabricantes de cada producto utilizado. La fertilización postrasplante se realizó con las soluciones nutritivas Douglas ya descritas que aportaron distintas concentraciones de NO_3^- a las plantas. Dichas soluciones fueron aplicadas 2 veces por semana añadiendo 1.5 litros por maceta en la etapa vegetativa y de 2.5 litros por maceta en floración y producción de fruta. Cuando se requirió, se aplicaron de uno a dos riegos complementarios únicamente con agua añadiendo 1.5 litros por maceta.

Cuadro 1. Concentración de nitrato en unidades de ppm y mM en cada solución nutritiva y algunas propiedades químicas de las mismas. Las fuentes de N son nitrato de calcio y nitrato de potasio.

<i>Solución</i>	<i>Concentración de NO_3^- (ppm)</i>	<i>Concentración de NO_3^- (mM)</i>	<i>pH</i>	<i>C.E. (mS cm^{-1})</i>	<i>Relación Ca/K</i>
A	150	2.42	7.4	13.64	1.02
B	350	5.65	7.31	13.66	1.01
C (Testigo)	550	8.88	7.22	13.78	1.00
D	750	12.10	7.43	16.1	1.01

El diseño experimental utilizado fue uno completamente al azar con cuatro concentraciones de nitrato como tratamientos, dos cultivares de tomate y 10 repeticiones, totalizando 80 plantas. Adicionalmente fueron añadidas plantas orilleras en maceta con el objetivo de amortiguar las diferencias en la humedad relativa entre las plantas. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

Características morfológicas. Fueron determinadas la altura de las plantas de la base al ápice del tallo, el diámetro del tallo a dos centímetros de altura sobre la corona, el número de nudos desde la corona hasta la última bifurcación en el ápice del tallo principal. La evaluación y registro de estas variables comenzó el 29 de junio del 2000, mediando 15 días entre cada evaluación. Posterior al inicio de la floración se contaron asimismo el número de racimos florales, el número de frutos amarrados por planta y el número total de frutos por planta realizando estas evaluaciones a los 41, 56 y 90 días después del trasplante.

Producción de fruta. Se determinó la cantidad de fruta producida por planta del 9 de septiembre al 2 de diciembre del 2000. Los frutos fueron cosechados al llegar al punto de rayado, contados y pesados en una balanza granataria.

Biomasa y Análisis de Minerales. En las etapas vegetativa (37 días después del trasplante), posterior al inicio de floración (78 días después del trasplante) y al final de la cosecha (180 días después del trasplante) fueron seleccionadas por sorteo dos plantas de cada cultivar por tratamiento. En ellas se determinó la biomasa fresca y seca de las hojas, tallos, frutos y raíz. Esta última fue lavada y cribada cuidadosamente para separarla del sustrato en la maceta. Las muestras fueron secadas en una estufa a 60° C

hasta obtener peso constante para ser pesadas en una balanza analítica. Los análisis del contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu) se llevaron a cabo en los tejidos vegetativos aéreos (tallo + hojas), en la fruta y en la raíz, siguiendo los procedimientos de análisis de tejidos descritos por Fick et al. (1976). Para determinar el N los tejidos secos fueron molidos y pesados para posteriormente someterse a digestión ácida con ácido sulfúrico a 200° C. Para evaluar la concentración de N se realizó un análisis microkjeldhal. Para los restantes minerales la digestión ácida de los tejidos se llevó a cabo con ácido nítrico y perclórico a la temperatura mencionada. La evaluación del P fue por medio de colorimetría con un fotocolorímetro Spectronic 20 Genesys. Para los restantes elementos la evaluación se realizó con un espectrofotómetro de absorción atómica 2380 de Perkin Elmer.

Contenido de Minerales y Carbohidratos en la Fruta. Se colectaron 4 frutos en etapa de rayado en dos de las repeticiones de cada tratamiento y se congelaron inmediatamente a -5° C. Ya congelados los frutos fueron liofilizados. Las muestras fueron entonces analizadas en el laboratorio corriendo dos repeticiones de cada una de ellas, reportándose el promedio de las mismas. Se usó la determinación colorimétrica de azúcares totales y almidón siguiendo la técnica descrita por Dubois et al. (1956). Por su parte los azúcares reductores fueron determinados aplicando la técnica descrita por Miller (1959). Los análisis estadísticos univariados consistieron en transformación de los datos cuando así fue requerido, análisis de varianza y separación de medias con la prueba de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas. La altura de planta no fue modificada por la concentración de nitrato en el cultivar Yaqui (Cuadro 3), mientras que en el cultivar Winner se encontró tendencia a su incremento conforme aumentó el nitrato disponible. Para el diámetro del tallo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para ambos cultivares mostrándose, en ambos casos, tendencia a incrementar el diámetro en respuesta a la mayor concentración de nitrato. El número de nudos en el tallo principal prácticamente no mostró cambio frente al nitrato en el cultivar de tipo bola, en cambio para el de tipo saladette se determinó un aumento promedio de un nudo en el tallo principal al comparar la concentración más baja de nitrato frente a la más alta.

El número promedio de frutos amarrados y el número promedio de frutos por planta mostraron también respuestas diferenciales entre los dos cultivares (Cuadro 3). Lo anterior refleja un buen cuajado en flores polinizadas, es decir, es un indicador de la habilidad de la planta para retener la fruta en sus primeras etapas de crecimiento. En el cultivar Winner esta variable no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de concentración de nitrato pero, en concordancia con lo reportado por He *et al.* (1999), mostró disminución al elevarse el NO_3^- . Por otra parte, en el cultivar Yaqui se encontró una diferencia, estadísticamente significativa, de casi 10 frutos más amarrados por planta en la concentración de 750 ppm al compararlo con la concentración de 150 ppm. El número promedio de frutos por planta, es un indicador de la habilidad de la planta para mantener en el largo plazo cierta cantidad de frutas. En este caso el cultivar Winner mostró una respuesta significativa y positiva frente a la concentración de nitrato,

mientras que el cultivar Yaqui no presentó diferencia significativa. La diferencia entre cultivares pudiera indicar que tanto la dinámica de emisión de estructuras reproductivas como el reparto de recursos hacia el mantenimiento de la fruta son dependientes tanto del genotipo como de la disponibilidad de nitrato. Al respecto, es probable que la diferencia entre el promedio del número de frutos amarrados y el del número de frutos por planta en el cultivar Yaqui sea un reflejo de la competencia entre frutas dentro de la misma planta (Stephenson, 1981).

Producción de Fruta. Esta mostró una tendencia de tipo cuadrática con la máxima respuesta para ambas variedades en 350 ppm de nitrato (Cuadro 2). El mismo efecto fue observado en el tomate cultivado en suelo (Andersen et al., 1999), por lo que parece ser una manifestación general frente al nivel de nitrógeno e independiente del sistema de producción. El cultivar Winner de tipo bola mostró baja sensibilidad a la concentración de NO_3^- reflejando una diferencia no significativa de 1.2 kg de fruta por planta entre el más bajo y alto de los tratamientos con 150 y 350 ppm de nitrato. El cultivar Yaqui de tipo saladette presentó mayor sensibilidad al NO_3^- en la solución nutritiva, mostrando una diferencia estadísticamente significativa de 3.3 kg de fruta por planta entre los tratamientos de 150 y 350 ppm. Para ambas variedades el nivel de NO_3^- superior a 350 ppm en la solución nutritiva no fue efectivo en inducir mayor producción. Una respuesta parecida fue reportada por He *et al.* (1999) quienes encontraron que el mayor aporte de nitrato al tomate cultivado en otoño e invierno se traduce en menor número de frutos amarrados y menor rendimiento comercial. Por otro lado, la concentración recomendada de NO_3^- para producción de tomate en sustrato inerte en invernadero es de 630 hasta 850 ppm (Portree, 1996). Asimismo, Jauset et al. (2000)

aunque no determinaron la producción de fruta, reportaron que incluso valores tan bajos como 84 ppm de nitrato en la solución nutritiva no indujeron síntomas de deficiencia de N en plantas de tomate bola cultivados en sustrato inerte. Los resultados en este trabajo indican que es posible disminuir la concentración de nitrato en la solución nutritiva, hasta llegar a un valor ubicado entre 150 y 350 ppm, sin afectar sensiblemente la producción de fruta de los cultivos de tomate desarrollados en el período de verano y otoño. Esta disminución en el nitrato implica menor costo de fertilización así como menor aporte de nitrato residual a los mantos freáticos.

Biomasa Fresca y Seca. En ambos cultivares se observó menor acumulación de biomasa fresca en tallos y hojas al aplicar la solución con baja concentración de nitrato (Cuadro 4). La biomasa fresca de tallos y hojas se elevó al aumentar el NO_3^- ; sin embargo, cuando esta fue superior a 350 ppm, no mostró respuesta estadísticamente significativa a pesar de que ambas variables mostraron el valor máximo en 550 ppm de nitrato. Por otra parte, a pesar de la gran diferencia entre cultivares para la biomasa de tallos y hojas, mostrando por ejemplo casi 200 g más de tejido foliar el cultivar Winner en comparación con el Yaqui, no se presentó gran disparidad entre el peso de los frutos o de la raíz entre los dos cultivares utilizados. En cuanto a la respuesta de estas últimas variables frente al nitrato no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas a excepción del peso de la fruta en el cultivar tipo bola, que mostró un máximo en 550 ppm. La biomasa radical presentó tendencia a disminuir conforme se aumentó la concentración de nitrato, respuesta ya descrita por Brouwer (1962). Se sabe que la alta disponibilidad de nitrato a partir de una fuente difusa, como una solución nutritiva, inhibe el crecimiento de la raíz, disminuyendo el cociente raíz/tallo así como la

frecuencia de raíces laterales (Stitt, 1999). Se conocen dos vías de transducción por medio de las cuales el NO_3^- modula la ramificación y crecimiento de las raíces: la primera es estimuladora sobre la cantidad de pelos radicales y responde al contacto directo con NO_3^- , la segunda es inhibitoria sobre la emisión de raíces laterales secundarias (no afectando la raíz o raíces primarias) y depende al parecer de una señal sistémica cuya intensidad se relaciona con la cantidad de nitrato absorbido por la planta (Zhang y Forde, 2000).

La acumulación de materia seca en tallos y hojas fue dependiente de la concentración de nitrato (Cuadro 5). En el tomate la cantidad de biomasa seca aérea vegetativa depende la radiación interceptada (Andriolo *et al.*, 1998) y a su vez esta eficiencia en la captura de radiación es función del área foliar y la concentración de N en las hojas (Verhoeven *et al.*, 1997). Los resultados indican que para el cultivar tipo bola el óptimo de nitrato en la solución nutritiva se encuentra en los 550 ppm, mientras que en el tipo saladette la acumulación de biomasa seca en tallos y hojas responde linealmente al nitrato aunque parece mostrar una asíntota en las 750 ppm.

La respuesta del peso seco de los frutos frente al nitrato fue diferente a la exhibida por tallos y hojas (Cuadro 5), mostrando ambos cultivares una tendencia de tipo cuadrático con un óptimo en 550 ppm de NO_3^- . Andriolo *et al.* (1998) describieron una manifestación cuadrática análoga en tomates tipo bola sin poda de tallos secundarios, pero en ese caso para el reparto selectivo de biomasa entre la fruta y el tallo+hojas (es decir, el cociente del peso seco de la fruta y el peso seco aéreo total). Los mismos autores indicaron un valor menor al 40 % de la biomasa seca aérea total en los

frutos, mientras que nuestros datos indican que la fruta contabilizó más del 46% y hasta un 62% de la biomasa seca aérea total, mostrando entonces mayor eficiencia de reparto.

En cuanto al peso seco de la raíz no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, si bien se observó una tendencia, contraria a la del peso fresco de la raíz, hacia la acumulación de mayor cantidad de materia seca conforme aumentó el nitrato disponible. Es probable que este resultado indique la presencia de una mayor cantidad de biomasa seca dirigida hacia la formación de pelos radicales (Zhang y Forde, 2000), estructuras con alto contenido de materia seca pero con muy poco aporte al peso fresco de la raíz. En cuanto al porcentaje de reparto de biomasa seca hacia la raíz (el cociente del peso seco de la raíz y el peso seco total) esta fue menor al 10% y disminuyó al aumentar la concentración de nitrato. De nuevo aquí parece reflejarse el efecto inhibitorio del nitrato sobre el desarrollo de raíces secundarias.

Contenido de Minerales. La concentración de N total en los tejidos aumentó en conformidad con la disponibilidad de NO_3^- en la solución nutritiva, respuesta análoga a la descrita por Darnell y Stutte (2001). En los tejidos foliares la respuesta fue lineal y significativa para ambos cultivares (Cuadro 6). En cambio el contenido de N en la fruta (Cuadro 7) mostró una tendencia cuadrática sin diferencias significativas para el cultivar Winner, pero estadísticamente significativas para el Yaqui, con una máxima concentración de N en la fruta al aplicar la solución con 550 ppm de nitrato. En la raíz las diferencias en el contenido de N fueron no significativas (Cuadro 8), aunque mostraron tendencia a aumentar al aplicarse las soluciones con mayor concentración de NO_3^- .

Los valores descritos de concentración de N total en los tejidos foliares del tomate se encontraron dentro de los rangos normales para esta especie. Darnell y Stutte (2001) reportaron resultados de N total en distintos tejidos de plantas de fresa desarrolladas en hidroponía con soluciones nutritivas con niveles similares de nitrato. Los autores encontraron prácticamente las mismas tendencias que las aquí descritas para el tomate, si bien los valores de acumulación de N en los tejidos, sobre todo en la fruta, fueron más bajos en las plantas de fresa.

La concentración de fósforo en todos los tejidos disminuyó en ambos cultivares al aumentar el nivel de nitrato en la solución nutritiva. Para el cultivar Winner los resultados fueron estadísticamente significativos a excepción de los obtenidos para los tejidos de la fruta, mientras que para el cultivar Yaqui todos los resultados fueron estadísticamente no significativos. Es posible suponer que esta respuesta negativa del fósforo sea consecuencia de la bien conocida incompatibilidad entre este elemento y el calcio. Ya que una de las fuentes de nitrato aportaba también calcio entonces los cambios observados pudieran referirse a este último elemento. Sin embargo, no se encontró correlación entre las concentraciones de calcio, tanto en la solución nutritiva como en los diferentes tejidos, y los respectivos niveles de fósforo en los tejidos. En cuanto a la cantidad de potasio en los diferentes tejidos no se observaron diferencias significativas en alguno de los cultivares, tampoco se observó alguna tendencia consistente de este elemento a excepción de la fruta en donde la concentración de potasio disminuyó al aumentar la concentración de nitrato (Cuadro 7).

El calcio en la fruta mostró tendencia negativa frente al nivel de nitrato. Las diferencias fueron significativas en el cultivar Yaqui y no significativas en el Winner. Los tejidos foliares y de la raíz mostraron la respuesta contraria, manifestando mayor acumulación de calcio al aumentar la concentración de nitrato. Estas respuestas no se mostraron estadísticamente significativas, a excepción de los valores de calcio en la raíz del cultivar Winner.

El magnesio mostró cambios mínimos entre los diferentes tratamientos y cultivares, la única tendencia con diferencias estadísticamente significantes se encontró en los tejidos foliares del cultivar Yaqui en donde el mayor nivel de nitrato se asoció con menor concentración de Mg. Por su parte el cobre en los tejidos foliares mostró tendencias contrarias en los dos cultivares utilizados, exponiendo el cultivar tipo bola cierta disminución al aumentar el nitrato, mientras que el cultivar tipo saladette exhibió un incremento estadísticamente significativo en el cobre foliar al aumentar el nivel de NO_3^- . No se obtuvieron respuestas consistentes relativas a la concentración de cobre en la fruta y la raíz, exceptuando que en el cultivar Winner fue posible ver diferencias estadísticamente significativas con tendencia de tipo cuadrática con un máximo entre 350 y 550 ppm de nitrato (Cuadro 8).

El zinc y el hierro no mostraron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a la concentración en diferentes tejidos. Sin embargo, el valor más alto de Zn en la fruta se obtuvo con la solución nutritiva con 350 ppm de NO_3^- , mientras que para el hierro el óptimo se encontró entre 350 y 550 ppm de NO_3^- . Los promedios para el contenido de hierro foliar se encuentran dentro de los rangos normales reportados para

hortalizas (Benavides, 2000). Respecto a los resultados para la fruta estos son muy interesantes ya que muestran el potencial de aumentar la cantidad de Fe en la fruta manipulando algunos factores como el contenido de nitrato en la solución nutritiva. Asimismo indica que el manejo del N pudiera asimismo apoyar en el incremento de la calidad nutricional de otros vegetales utilizados para el consumo de hojas, tallos o raíces.

Contenido de Carbohidratos en la Fruta. Una vez que los fotosintatos llegan hacia los sitios de utilización vía el pedúnculo de la fruta, la forma química que adquieren (almidón o azúcares hexosas libres de diversos tipos), el balance relativo almidón/azúcares y la concentración de los mismos depende del metabolismo del carbono de la fruta, por lo cual se espera que cualquier factor que modifique la actividad de las enzimas del metabolismo del carbono cambie asimismo la composición de la fruta (Schaffer et al., 1999). Es conocido que en el fruto maduro de tomate hasta un 50% del peso seco consiste de glucosa y fructosa más una pequeña cantidad (~5%) de sacarosa (Davies y Hobson, 1981; Walker y Ho, 1977). Los resultados aquí reportados (Cuadro 9) indican que en la etapa de rayado de la fruta el contenido de azúcares es aún muy bajo, mientras que el nivel de almidón es alto, y que ambos tipos de compuestos son modificados por el contenido de nitrato en la solución nutritiva.

Se ha reportado una relación inversa entre el contenido de nitrato libre en los tejidos y los niveles de azúcares solubles en las plantas (Seginer *et al.*, 1998). Asimismo, los valores altos de nitrato en la solución nutritiva incrementan el contenido de aminoácidos y disminuyen el de sacarosa en *Beta vulgaris* (Winzer et al., 1996). Sin embargo, en la fruta de tomate la mayor disponibilidad de nitrato en la solución nutritiva

no disminuyó la concentración de carbohidratos, a pesar de que la concentración de N aumentó en la fruta al incrementar la disponibilidad de NO_3^- (Cuadro 7). Para el caso del cultivar tipo bola el nivel de almidón aumentó cuando las plantas crecieron con 550 y 750 ppm de NO_3^- , no observándose diferencia entre las concentraciones de 150 y 350 ppm de NO_3^- . El valor máximo de azúcares totales se encontró en 350 ppm de NO_3^- , mostrando una tendencia de tipo cuadrático frente al nivel de nitrato (Cuadro 9). Por su parte la concentración de azúcares reductores evidenció cambios mínimos.

En cuanto al cultivar tipo saladette la respuesta fue prácticamente la misma descrita para el tipo bola al considerar los azúcares totales y los reductores. Sin embargo, en este caso la acumulación de almidón fue distinta, no observándose aumento conforme se incrementó la disponibilidad de nitrato. Por otra parte, aunque no se tiene una respuesta consistente, el máximo de acumulación de almidón en la fruta del cultivar de tipo saladette se obtuvo con 350 ppm de NO_3^- . La síntesis de almidón en la fruta de tomate se presenta a una tasa constante durante todo el desarrollo de la fruta y es dependiente del aporte absoluto y de la tasa de aporte de fotosintatos (N'tchobo et al., 1999). Dicho almidón disminuye en concentración al madurar la fruta y se supone que funciona como almacén para la posterior síntesis de azúcares solubles, por lo cual se ha recomendado que el manejo agronómico y la selección de cultivares contemplen la habilidad para acumular gran cantidad de almidón en las etapas tempranas de crecimiento de la fruta (Schaffer y Petreikov, 1997). Sin embargo, al menos para la etapa de rayado de la fruta en los cultivares utilizados, los resultados en este estudio indican poca relación entre la acumulación de almidón y la concentración de azúcares.

Asimismo se hace evidente la importancia de los niveles de nitrato en la solución nutritiva como determinantes de la concentración de almidón en la fruta.

Se ha descrito con detalle la dinámica de acumulación de carbohidratos en la fruta de tomate en las primeras semanas posteriores a la antesis, reportándose un rápido aumento en los azúcares libres (Wang et al., 1993). El patrón de acumulación en etapas posteriores es poco conocido y se reporta que existen diferencias varietales, además de que parece existir amplia variedad en el género *Lycopersicon* respecto al metabolismo del carbono en la fruta (Schaffer et al., 1999). Los resultados aquí reportados confirman las mencionadas diferencias varietales e indican adicionalmente la posibilidad de manipular dichos patrones de acumulación por medio del manejo de la solución nutritiva. Sin embargo, para el logro de dicho propósito deben realizarse mayor cantidad de estudios dirigidos a entender de que forma el metabolismo del carbono en la fruta es modificado por los factores ambientales y por el manejo agronómico.

CONCLUSIONES.

Fue posible observar diferencias varietales de mayor o menor magnitud en prácticamente todas las variables consideradas sin embargo:

Considerando la producción de fruta por planta para los cultivares tipo bola y saladette la concentración óptima de nitrato en la solución nutritiva fue de 350 ppm.

En cuanto a la acumulación de biomasa fresca y seca los resultados indicaron que el rango óptimo se encuentra entre 350 y 550 ppm de NO_3^- .

Tomando conjuntamente los datos del contenido de P, K, Ca, Mg, Cu, Zn y Fe en la fruta, la solución nutritiva más sobresaliente fue la de 350 ppm de NO_3^- para ambos cultivares.

La respuesta en el contenido de almidón en la fruta fue diferente para cada cultivar: en el cultivar tipo bola se incrementó al elevar el NO_3^- en la solución nutritiva, mientras que el tipo saladette no mostró gran variación entre tratamientos. Para ambos cultivares la concentración de azúcares en la fruta fue más alta con 350 ppm de NO_3^- .

LITERATURA CITADA

- Andersen, P.C., F.M. Rhoads, S.M. Olson, and B.V. Brodbeck. 1999. Relationships of nitrogenous compounds in petiole sap of tomato to nitrogen fertilization and the value of these compounds as a predictor of yield. *HortScience* 34:254-258.
- Andriolo, J.L., N.A. Streck, G.A. Buriol, L. Ludke, and T.S. Duarte. 1998. Growth, development and dry-matter distribution of a tomato crop as affected by environment. *J. Hort. Sci. Biotech.* 73:125-130.
- Benavides, A. 2000. Absorción y asimilación de hierro en las plantas. *CienciaUANL* 3:50-57.
- Brouwer, R. 1962. Nutrient influences on the distribution of the dry matter in the plant. *Netherl. J. Agric. Sci.* 10:399-408.
- Cárdenas-Navarro, R., S. Adamowics, and P. Robin. 1999. Nitrate accumulation in plants: a role for water. *J. Exp. Bot.* 50:613-624.
- Darnell, R.L. and G.W. Stutte. 2001. Nitrate concentration effects on NO₃-N uptake and reduction, growth, and fruit yield in strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125:560-563.
- Davies, J.N. and G.E. Hobson. 1981. The constituents of tomato fruit – The influence of environment, nutrition and genotype. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 15:205-280.
- Dubois, M., K.A. Guilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28:530.
- Duffy, B.K. and G. Défago. 1999. Macro- and microelement fertilizers influence the severity of *Fusarium* crown and root rot of tomato in a soilless production system. *HortScience* 34:287-291.
- Fick, K.R., S.M. Miller, J.D. Funk, L.R. McDowell, and R.H. Houser. 1976. Methods of mineral analysis for plant and animal tissues. University of Florida, Gainesville, Fl. USA.
- Jauset, A.M., M.J. Sarasúa, J. Avilla, and R. Albajes. 2000. Effect of nitrogen fertilization level applied to tomato on the greenhouse whitefly. *Crop Protection* 19:255-261.

- He, Y., S. Terabayashi, T. Asaka, and T. Namiki. 1999. Effect of restricted supply of nitrate on fruit growth and nutrient concentration in the petiole sap of tomato cultured hydroponically. *J. Plant Nutr.* 22:799-811.
- Kafkafi, U. 1990. Root temperature, concentration and the ratio NO_3/NH_4 effect on plant development. *J. Plant Nutr.* 13:1291-1306.
- Maynard, D.N., A.V. Barker, P.L. Minotti, and N.H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron.* 28:71-118.
- Miller, G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. *Anal. Chem.* 31:426-428.
- N'tchobo, H., N. Dali, B. Nguyen-Quoc, C.H. Foyer, and S. Yelle. 1999. Starch synthesis in tomato remains constant throughout fruit development and is dependent on sucrose supply and sucrose synthase activity. *J. Exp. Bot.* 50:1457-1463.
- Portree, J. 1996. *Greenhouse Vegetable Production Guide for Commercial Grower.* British Columbia Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Victoria, B.C. Canada 122 p.
- Schaffer, A.A. and M. Petreikov. 1997. Sucrose-to-starch metabolism in tomato fruit undergoing transient starch accumulation. *Plant Physiol.* 113:739-746.
- Schaffer, A.A., M. Petreikov, D. Miron, M. Fogelman, M. Spiegelman, Z. Bnei-Moshe, S. Shen, D. Granot, R. Hadas, N. Dai, I. Levin, M. Bar, M. Friedman, M. Pilowsky, N. Gilboa, and L. Chen. 1999. Modification of carbohydrate content in developing tomato fruit. *HortScience* 34:1024-1027.
- Scheible, W.R., A. Gonzalez-Fuentes, M. Lauerer, B. Muller-Rober, M. Caboche, and M. Stitt. 1997a. Nitrate acts as a signal to induce organic acid metabolism and repress starch metabolism in tobacco. *Plant Cell* 9:1-17.
- Scheible, W.R., M. Lauerer, E.D. Schulze, M. Caboche, and M. Stitt. 1997b. Accumulation of nitrate in the shoot acts as a signal to regulate shoot-root allocation in tobacco. *Plant J.* 11:671-691.
- Seginer, I., F. Buwalda, and G. Van Straten. 1998. Nitrate concentration in greenhouse lettuce: a modeling study. *Acta Hort.* 456:189-197.
- Stephenson, A.G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 12:253-279.
- Stitt, M. 1999. Nitrate regulation of metabolism and growth. *Curr. Op. Plant Biol.* 2:178-186.

- Trewavas, A.J. 1983. Nitrate as a plant hormone. In: M.B. Jackson (Ed.). British plant growth regulator group monograph 9. British Plant Growth Regulator Group, Oxford UK, p. 97-110.
- Verhoeven, A.S., B. Demmig-Adams, and W.W. Adams III. 1997. Enhanced employment of the xanthophylls cycle and thermal energy dissipation in spinach exposed to high light and N stress. *Plant Physiol.* 113:817-824.
- Walker, A.J. and L.C. Ho. 1977. Carbon translocation in the tomato: Carbon import and fruit growth. *Ann. Bot.* 41:813-823.
- Wang, F., A. Sanz, M.L. Brenner, and A.G. Smith. 1993. Sucrose synthase, starch accumulation and tomato fruit sink strength. *Plant Physiol.* 101:321-327.
- Winzer, T., G. Lohaus, and H. Heldt. 1996. Influence of phloem transport, N-fertilization and ion accumulation on sucrose storage in the taproots of fodder beet and sugar beet. *J. Exp. Bot.* 47:863-870.
- Zhang, H. and B.G. Forde. 2000. Regulation of *Arabidopsis* root development by nitrate availability. *J. Exp. Botany* 51:51-59.

Cuadro 2. Producción de fruta (kg planta⁻¹) en dos cultivares de tomate bajo diferentes concentraciones de nitrato en la solución nutritiva.

Cultivar	NO ₃ ppm	Producción de fruta (kg planta ⁻¹)
Winner (bola)	150	6.16 a [†]
	350	7.36 a
	550	7.19 a
	750	6.54 a
Yaqui (saladette)	150	4.50 a
	350	7.80 b
	550	5.50 ab
	750	6.90 b

[†] Los promedios seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente (DMS, 0.05)

Cuadro 3. Valores promedio en las variables morfológicas de dos cultivares de tomate desarrollados con diferente concentración de nitrato en la solución nutritiva.

Cultivar	NO ₃ ppm	Altura	Diámetro del tallo	No. de nudos	Frutos amarrados	Frutos por Planta
Winner (bola)	150	59.93 a [†]	1.44 a	12.73 a	17.55 a	18.05 a
	350	59.51 a	1.55 b	12.48 a	16.70 a	24.96 b
	550	61.14 a	1.45 a	12.40 a	15.70 a	25.10 b
	750	64.56 b	1.64 c	12.78 a	16.99 a	26.66 b
Yaqui (saladette)	150	59.66 a	1.25 a	11.79 a	18.18 a	17.02 a
	350	60.52 a	1.36 b	12.44 bc	23.36 b	16.34 a
	550	59.60 a	1.45 c	12.00 ab	24.34 b	15.70 a
	750	59.69 a	1.49 c	12.75 c	27.68 b	17.42 a

[†] Los promedios seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente (DMS, 0.05)

Cuadro 4. Valores (promedio de tres muestreos) de peso fresco (g planta⁻¹) de plantas de tomate fertilizadas con soluciones nutritivas conteniendo distinta concentración de nitrato.

Cultivar	NO ₃ ppm	Tallo	Hojas	Frutos	Aéreo total	Raíz	Total
Winner	150	171.65 a [†]	364.37 a	862.85 a	1630.20 a	77.75 a	1656.11 a
	350	261.55 b	599.08 ab	1017.06 a	2117.48 ab	47.45 a	2133.30 ab
	550	284.22 b	784.35 b	1441.82 b	2825.86 b	60.60 a	2486.06 b
	750	255.85 b	693.90 b	1141.20 a	2539.36 ab	67.10 a	2561.73 ab
Yaqui	150	94.65 a	249.23 a	880.66 a	1408.25 a	75.75 a	1433.50 a
	350	141.67 b	427.90 b	1161.51 a	1984.56 a	77.60 a	2010.43 a
	550	146.85 b	523.82 b	1264.53 a	2371.64 a	55.05 a	2389.99 a
	750	154.97 b	496.63 b	1401.15 a	2410.55 a	44.90 a	2425.52 a

[†] Los promedios seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente (DMS, 0.05)

Cuadro 5. Valores (promedio de tres muestreos) de peso seco (g planta⁻¹) en plantas de tomate fertilizadas con soluciones nutritivas conteniendo distinta concentración de nitrato.

Cultivar	NO ₃ ppm	Peso seco de hojas y tallos	Peso seco de los frutos	Peso seco aéreo total	Peso seco de la raíz	Peso seco total
Winner	150	104.15 a [†]	69.67 a	150.60 a	13.30 a	159.46 a
	350	153.26 b	130.47 ab	240.25 b	14.15 a	249.68 b
	550	217.90 c	149.50 b	317.56 b	13.60 a	326.63 b
	750	180.76 bc	120.80 ab	261.30 b	14.50 a	270.96 b
Yaqui	150	72.05 a	76.92 a	123.33 a	12.75 a	131.83 a
	350	138.50 ab	100.27 ab	205.35 ab	14.27 a	214.86 ab
	550	174.83 b	170.17 b	288.28 b	13.45 a	297.25 b
	750	178.11 b	133.75 ab	267.28 b	15.02 a	277.30 b

[†] Los promedios seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente (DMS, 0.05).

Cuadro 6. Valores (promedio de tres muestreos) de concentración de minerales en los tejidos foliares de dos cultivares de tomate desarrollados con diferente nivel de nitrato en la solución nutritiva.

Cultivar	NO ₃ ppm	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Cu ppm	Zn ppm	Fe ppm
Winner (bola)	150	2.62 a [†]	0.3128 b	14.9067 a	4.3310 a	0.3665 a	20.50 a	174.00 a	89.50 a
	350	2.72 a	0.2558 ab	15.0383 a	4.3877 a	0.3648 a	18.66 a	162.83 a	126.83 a
	550	3.03 ab	0.2700 ab	13.4650 a	5.2787 a	0.3657 a	15.00 a	167.66 a	127.66 a
	750	3.48 b	0.1997 a	13.4383 a	5.4018 a	0.3792 a	18.16 a	157.66 a	65.00 a
Yaqui (saladett)	150	2.93 a	0.3272 a	13.8417 a	5.0525 a	0.3748 b	12.16 a	138.83 a	66.16 a
	350	3.02 a	0.2548 a	11.3083 a	4.0513 a	0.3493 ab	19.50 ab	132.00 a	70.50 a
	550	3.18 ab	0.2747 a	14.0216 a	4.5813 a	0.3397 a	29.16 c	173.33 a	89.33 a
	750	3.58 b	0.2802 a	13.6150 a	4.9325 a	0.3525 ab	22.50 ab	152.83 a	129.16 a

[†] Los promedios seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente (DMS, 0.05)

Cuadro 7. Valores (promedio de dos muestreos) de la concentración de minerales en los tejidos de la fruta de dos cultivares de tomate desarrollados con distintos niveles de nitrato en la solución nutritiva.

Cultivar	NO ₃ ppm	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Cu ppm	Zn ppm	Fe ppm
Winner (bola)	150	2.81 a [†]	0.4098 a	22.2300 a	0.8055 a	0.1475 a	6.00 a	72.25 a	36.25 a
	350	3.21 a	0.4268 a	20.0025 a	0.8885 a	0.1280 a	3.00 a	134.75 a	73.25 a
	550	3.21 a	0.4423 a	17.2798 a	0.7403 a	0.1550 a	6.25 a	63.25 a	44.75 a
	750	3.03 a	0.3365 a	18.1650 a	0.7940 a	0.1255 a	5.50 a	86.00 a	59.00 a
Yaqui (saladete)	150	2.61 a	0.3718 a	21.6775 a	0.9823 b	0.1200 a	5.75 a	75.75 a	21.50 a
	350	2.86 ab	0.2885 a	20.8025 a	0.6095 a	0.1138 a	3.25 a	102.00 a	64.00 a
	550	3.41 b	0.3360 a	19.6750 a	0.7108 ab	0.1333 a	7.50 a	118.50 a	25.75 a
	550	2.81 a	0.3137 a	16.6600 a	0.7045 ab	0.1438 a	4.75 a	106.00 a	27.75 a

[†] Los promedios seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente (DMS, 0.05)

Cuadro 8. Valores (promedio de tres muestreos) de la concentración de minerales en los tejidos radicales de dos cultivares de tomate desarrollados con diferente nivel de nitrato en la solución nutritiva.

Cultivar	NO ₃ ppm	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Cu ppm	Zn ppm	Fe ppm
Winner (bola)	150	2.32 a [†]	0.1558 b	10.9378 a	4.2505 a	0.3998 a	16.50 ab	194.30 a	124.25 a
	350	2.32 a	0.1288 ab	5.5748 a	5.0725 ab	0.3350 a	21.25 ab	210.05 a	824.0 b
	550	2.75 a	0.0965 ab	13.2478 a	4.5203 a	0.3380 a	26.50 b	251.30 a	830.25 b
	750	2.59 a	0.0888 a	7.3700 a	5.7343 b	0.3570 a	15.0 a	201.05 a	655.25 ab
Yaqui saladette	150	2.11 a	0.1353 a	10.2895 a	3.9050 a	0.3995 a	16.50 a	141.55 a	281.25 a
	350	1.91 a	0.1145 a	8.6788 a	4.3345 a	0.3513 a	13.75 a	146.55 a	676.50 ab
	550	2.32 a	0.1350 a	7.8078 a	5.0198 a	0.3543 a	17.0 a	184.05 a	1097.25 b
	750	2.70 a	0.1223 a	11.7988 a	5.1145 a	0.3695 a	16.0 a	146.55 a	426.5 a

[†] Los promedios seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente (DMS, 0.05)

Cuadro 9. Valores promedio del contenido de carbohidratos en la fruta en los dos cultivares de tomate desarrollados con diferente concentración de nitrato en la solución nutritiva. Los datos corresponden a dos repeticiones en el invernadero.

Cultivar	NO ₃ (ppm)	Almidón %	Azúcares reductores %	Azúcares totales %
Winner (bola)	150	36.90 ± 3.67 [†]	0.0722 ± 0.01	6.1988 ± 1.90
	350	35.62 ± 3.37	0.0581 ± 0.01	16.3481 ± 5.39
	550	56.79 ± 5.10	0.0884 ± 0.002	11.6148 ± 3.88
	750	65.24 ± 8.02	0.0702 ± 0.02	2.0617 ± 0.21
Yaqui (saladette)	150	35.72 ± 2.19	0.0824 ± 0.01	14.8917 ± 1.17
	350	42.03 ± 4.27	0.1417 ± 0.03	23.8576 ± 2.09
	550	23.53 ± 1.51	0.0823 ± 0.002	19.0788 ± 1.53
	750	36.04 ± 4.05	0.1803 ± 0.04	20.2166 ± 0.16

[†] Los datos anotados corresponden a la media y el error estándar de la media.

LITERATURA CITADA

- Avakyan, A. B., Gorbunova, L.P., Gabrielyan, N.A. and Arutyunyan, G.A. 1993. Effect of nitrogen fertilizers on delayed leaf chlorophyll fluorescence, metabolism and productivity on tomatoes. II. Delayed leaf chlorophyll fluorescence in relation to the level of nitrogen nutrition. *Hort. As.* Vol. 63 (9): 6750. U.S.A.
- Bonett, J. A. 1968. *La Ciencia del Suelo*. Editorial Continental.
- Burgueño, H. 1997. *Fertigación. Curso para el Banco de México FIRA VOL I*. Guanajuato, México.
- Calderón, A. E. 1983. *Fruticultura General LIMUSA*. 2ª Edición. México.
- Caron, J., L.E. Paren and A. Gosselin. 1992. Effect of nitrogen and salinity levels in the nutrient solution on the DRIS diagnosis of greenhouse tomato. *Hort. Abs.* Vol.62 (6): 4896. U.S.A.
- Bidwell, R.G.S. 1979. *Fisiología Vegetal*. 1ª. Edición en español. AGT Editor, S.A. México, D.F.
- Champigny, M.L. and C. Foyer. 1992. Nitrate activation of cytosolic protein kinases diverts photosynthetic carbon from sucrose to amino acid biosynthesis. *Plant Physiol.* 100:7-12.
- Chamarro, L. J., 1995. Anatomía y fisiología de la planta. En Nuez F. (Comp.). *El cultivo del tomate*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España pp 79-87.
- Chung, S.J., Seo, B.S. and Lee, B.S., 1994. Effects of nitrogen, potassium levels and their interaction on the growth and development of hydroponically grown tomato. *Hort. Abs.* Vol. 64 (10): 7977. U.S.A.
- Devlin, R. M. 1986. *Fisiología Vegetal*. Editorial OMEGA, S. A. Tercera Edición. Barcelona España. pp 320-321.
- Etchevers, 1997. Citado por Guerrero J. A. 1999. *Evaluación de Cuatro Fertilizantes Nitrogenados en Tomate (Lycopersicon esculentum, Mill), con Acolchado*. Tesis UAAAN, Saltillo Coah. México.
- Fitzpatrick, E. A. 1984. *Suelos, su Formación, Clasificación y Distribución*. 1ra. Edición en Español. Cía. Editorial Continental, S.A. de C.V. México, D.F.
- Hartman, P.L., H.A. Mills and J. Benton J. Jr., 1986. The influence of nitrate ammonium ratio on growth fruit development, and element concentration in "floradel" tomato plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* XX
- Hochmuth, G., 1997. *Calibración de Análisis de Suelo. Productores de Hortalizas*. Julio de 1997.

- Kakhana, B. M., and N. I. Kriviela. 1988. Pectium metabolism and firmness of tomato fruits Hort. Abs. Vol. 58 (5): 2908. U.S.A.
- Lagarda, G.R.A. 1984. Fertilización en Trigo, para diferente reacción de Cultivos en el Río Mayo. Tesis Profesional UACH. México.
- Orozco, M. A. E. 1998. El Jitomate y la Biotecnología. Internet : <http://www.laneta.apc.org/emis/jornada/Agosto98/jitomate.htm>.
- Papadakis, J. 1960. Geografía Agrícola Mundi Salvat Editors. S.A. Barcelona, España.
- Pate, J. S., 1980. Transport and partitioning of nitrogenous solutes ann rev. Plant Physiol. 31:313-340.
- inchuk, D. Y Garncaz M., 1997. Hidroponia. Colegio J.N. Bialik y Nueva Alejandria. Buenos Aires, Argentina. Internet: : <http://www.nalejendria.com/01/bialik/h/hidroponia/hidro15htm>.
- Rodríguez, S.F., 1982. Fertilizantes. Nutrición Vegetal. AGT Editor. México, D.F. p 126.
- Salisbury, B.F., 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V., Nebraska 199, Colonia Nápoles, C.P. 03810 México, D.F.
- Schaffer, A.A. and M. Preteikov, 1998. Sucrose-to-starch metabolism in tomato fruit undergoing transient starch accumulation. Plant Physiol. 113:739-746.
- Tisdale y Nelson, 1979. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Derechos Reservados Montaner y Simón S.A., Editores Aragón, 225 Barcelona-7.
- Webster, G. C., 1959. Nitrogen metabolism in Plants. Row, Peterson and Co., New York.

A P E N D I C E

Figura No.1. Nitrógeno Total en los Tejidos de los dos Cultivares de Tomate, Expresado en Porcentaje.

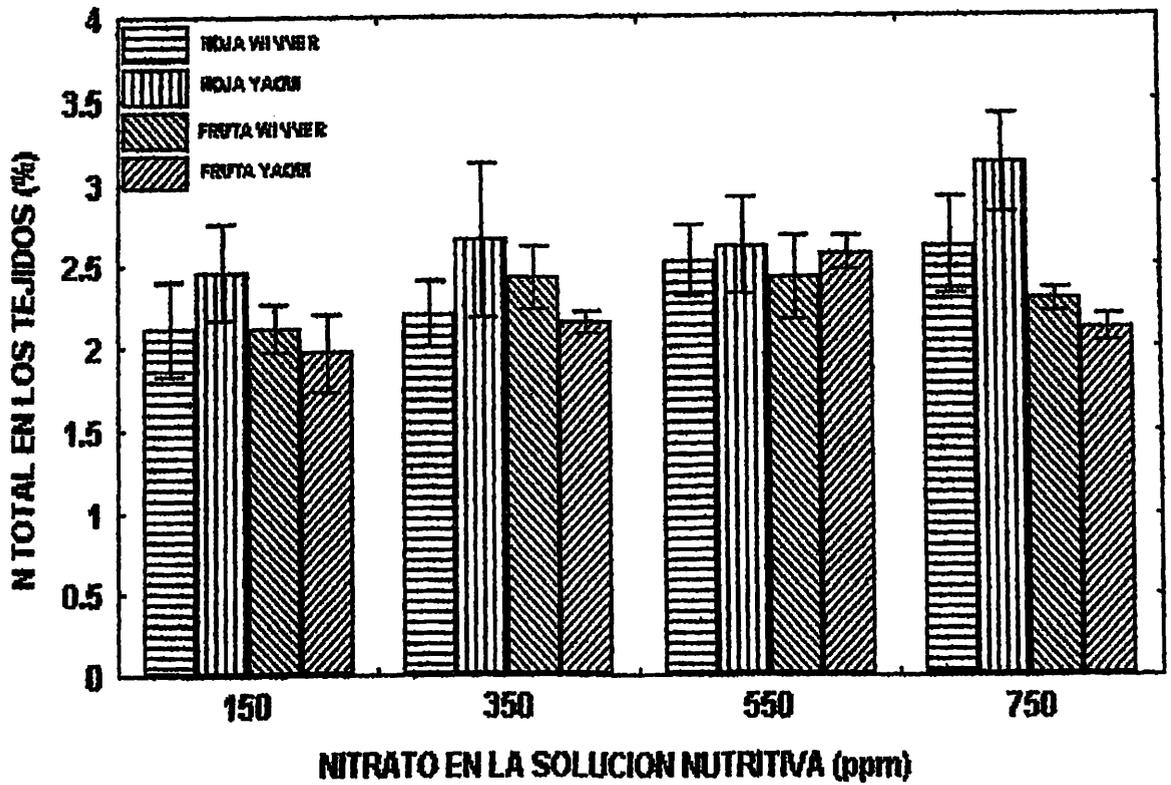


Figura No. 2. Contenido de Carbohidratos en la Fruta, Expresado en Por ciento en los dos Cultivares de Tomate.

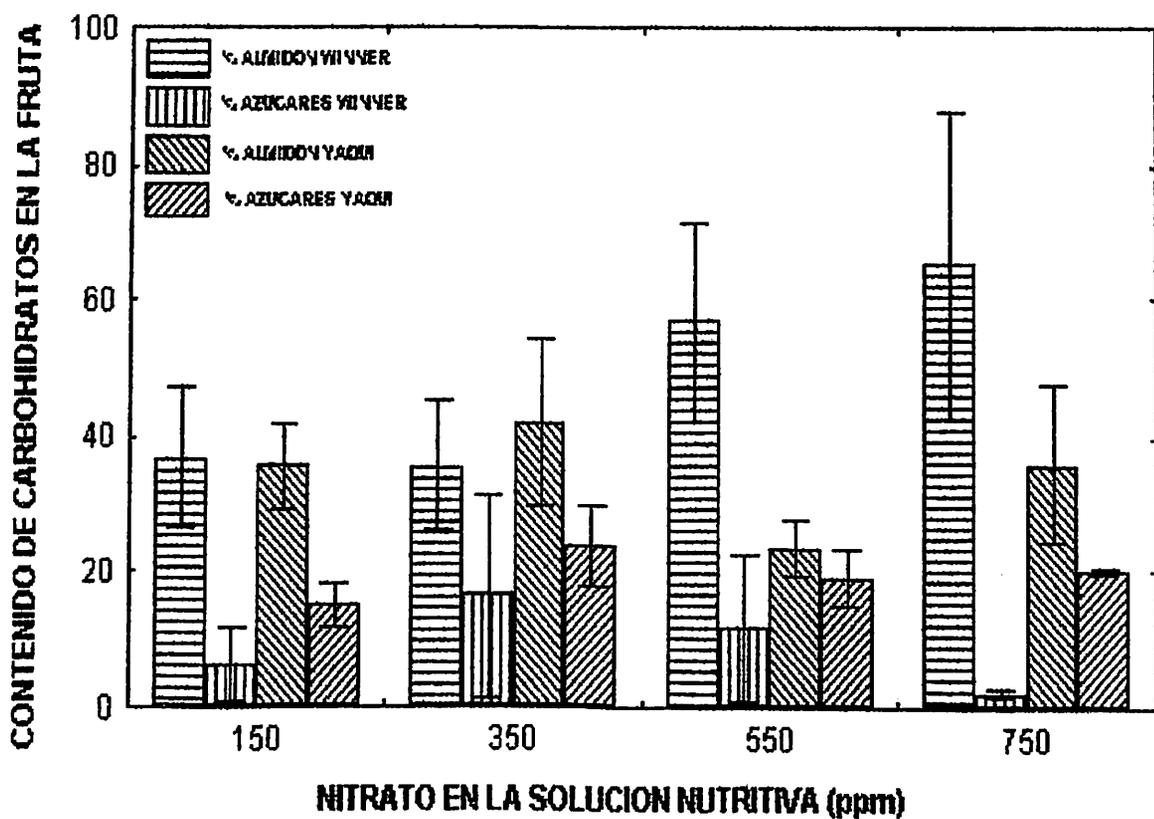


Figura No.3. Peso de la Fruta Fresca, Expresada en gr / Planta en los dos Cultivares de Tomate.

