

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



**RESPUESTA DE CUATRO CONCENTRACIONES DE NITRATO
EN DOS CULTIVARES DE TOMATE**
(Lycopersicon esculentum, Mill)

POR

JORGE LUIS JUÁREZ RIVERA

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México
Mayo del 2002**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

**RESPUESTA DE CUATRO CONCENTRACIONES DE
NITRATO EN DOS CULTIVARES DE TOMATE**

(Lycopersicon esculentum, Mill)

POR

JORGE LUIS JUÁREZ RIVERA

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. Jurado examinador como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobado por:

Dr. Adalberto Benavides Mendoza
PRESIDENTE DEL JURADO

M.C. Alberto Sandoval Rangel
SINODAL

Dr. Homero Ramírez Rodríguez
SINODAL

M.C. Reynaldo Alonso Velasco
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Mayo del 2002

DEDICATORIAS

A mis padres:

Sr. Arnulfo Juárez Vega y Sra. Eloina Rivera Segura. Les doy las gracias por darme la vida y por ser unos padres que aman con todas sus fuerzas a sus hijos. Quienes me apoyaron incondicionalmente en mi superación profesional y personal. Así como servirme como el más grande ejemplo de lucha, tenacidad y valor ante los retos de la vida. Gracias por aconsejarme y guiarme para ser una persona íntegra

A mis hermanas:

Griselda: por todo el amor que me ofreces, los consejos que me has dado y los ánimos que me has brindado.

Sonia: por el cariño y amor que me tienes. Espero servirte de buen ejemplo.

A mi novia:

Con todo el amor que le tengo, te dedico este pequeño logro a ti Verónica Elizabeth, que me haces tan feliz. Eres una persona más especial en mi vida, gracias por haber llegado a mi vida justo en el momento que más te necesitaba gracias mil gracias.

A los señores:

Emilio Hernández Santos, Alicia Márquez de Santos, Ebelia Hernández de Martínez, por el gran cariño y afecto que me han dado durante todo este tiempo.

A mis amigos de Generación XCII:

Por la amistad que me brindaron en el tiempo que estuvimos juntos, las convivencias que compartimos y los momentos que disfrutamos. En especial a Ernesto, Héctor Pancho, Jorge, Josué, Erandi y Filomeno.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater por permitirme realizarme como persona y profesionalmente.

A el Dr. Adalberto Benavides Mendoza por guiarme, aconsejarme y motivarme en el área de nutrición vegetal.

Al M.C. Alberto Sandoval Rangel por los consejos prácticos en la redacción de mi trabajo para titulación.

Al Dr. Homero Ramírez Rodríguez por la disposición y accesibilidad que tubo para con la realización de mi tesis.

Al Ingeniero Edilberto Gonzáles Raya y su novia por permitirme formar parte de su proyecto y permitirme hacer mancuerna con ustedes en la realización del trabajo que llevamos en conjunto.

A la señora Olga Ramírez Morales por toda su paciencia, hospitalidad, y afecto que brindó durante mi estancia en Saltillo.

Y sobre todo a mis padres por haberme tenido confianza y paciencia todos estos años, por impulsarme a superarme, sin ustedes no seria quien soy ahora

INDICE GENERAL

DEDICATORIAS.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
INDICE GENERAL.....	III
INDICE DE CUADROS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	V
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo	2
General.....	2
Objetivos	2
Específicos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
La Nutrición Vegetal.....	4
Funciones del Nitrógeno en la Planta.....	5
Nitrógeno: Deficiencia y Exceso Nutricional.....	7
Formas de Absorción y Transporte del Nitrógeno por las	8
Plantas.....	8
Sitios de Asimilación de Nitrato.....	9
Proceso de la Reducción de Nitrato.....	10
Conversión de Amonio en Compuestos Orgánicos.....	11
Correlaciones entre las Funciones de la Raíz y la Parte Aérea	12
en la Absorción de Minerales.....	12
Tráfico de Compuestos Nitrogenados durante los Estadios	13
Vegetativo y Reproductivo.....	13
La regulación del nitrato en el metabolismo y crecimiento de	14
las plantas.....	14
Cultivos Hidropónicos del Tomate y la Nutrición con Amonio	15
Fertilizantes Nítricos.....	16
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
Establecimiento del Experimento.....	17
Manejo del cultivo.....	17
Siembra.....	17
Manejo de Plántas.....	18
Manejo Fitosanitario.....	18
La Fertilización y Riego Postransplante.....	18

El Diseño Experimental y Tratamientos.....	19
Parámetros Evaluados.....	1
Variables morfológicas.....	19
Rendimiento.....	21
Biomasa fresca de la planta.....	21
Biomasa seca de la planta.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
Variables Morfológicas.....	23
Altura de la Planta.....	23
Diámetro del Tallo Basal.....	23
Desarrollo de la Floración.....	23
Numero de Racimos.....	24
Numero de Frutos.....	24
Rendimiento.....	25
Producción de Frutos.....	25
Biomasa Fresca de la Planta.....	28
Peso Fresco De Hojas Mas Tallo.....	28
Peso Fresco De Frutos.....	29
Peso Fresco Aéreo Total.....	29
Peso Fresco de Raíz.....	29
Peso Fresco de Raíz Mas Parte Aérea.....	30
Biomasa seca de la Planta.....	32
Peso Seco de Tallos mas Hojas.....	32
Peso Seco de Frutos.....	33
Peso Seco Aéreo Total.....	34
Peso Seco de Raíz	34
Peso Seco Total.....	35
CONCLUSIONES.....	35
RESUMEN.....	36
.....	
LITERATURA CITADA.....	37

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Pagina
4.1 Variables Morfológicas en dos Cultivares de Tomate bajo Diferentes Concentraciones de Nitrato en la Solución Nutritiva.....	25
4.2 Rendimiento de Fruto por Planta En Dos Cultivares.....	27
4.3 biomasa En dos Cultivares De Tomate.....	31
4.4 Peso Seco En dos Cultivares De Tomate.....	32

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pagina
A.1 Interrelación Entre Algunos Procesos Fisiológicos Entre Raíces Y Partes Aéreas.....	13
B.1 Rendimiento de dos Cultivares en Respuesta a Cuatro Concentraciones de Nitrato en la Solución Nutritiva.....	27

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno es parte importante de un gran número de constituyentes de las plantas, muchos de ellos son proteínas, y también forma parte de la molécula de clorofila.

A si mismo son conocidas las sobre fertilizaciones de nitrógeno que se aplican a los cultivos, que aunadas a la lixiviación de los nitratos debido su naturaleza por ser un anion;, repercute en la contaminación de los depósitos acuíferos o mantos freáticos que posteriormente son utilizados para el uso humano.

En las soluciones nutritivas utilizadas en cultivos hidropónicos comerciales, el nitrato y amonio son las dos formas en que se aplica el nitrógeno, además se tiene conocimiento de la toxicidad del amonio cuando se suministra en exceso a las plantas, por esta razón se prefiere el nitrato como fuente principal o inclusive como única fuente de nitrógeno.

Consideramos que para abatir los excesos de nitrógeno aplicados como fertilizante y por consiguiente la contaminación que causan, es necesario precisar los requerimientos adecuados para los cultivos, y conocer los efectos específicos en este caso del nitrato sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo del tomate en hidroponía.

Para este estudio se eligió el cultivo del tomate por ser la hortaliza mas importante en México y la que mas se cultiva bajo estos sistemas de producción.

Por lo anterior el presente trabajo se realizo con el **Objetivo** de:

Determinar el efecto de la concentración de nitrógeno, aplicado en forma de nitrato sobre la productividad y morfología de la planta. Así como encontrar la dosis adecuada de nitrato en solución nutritiva para la producción de tomate en el sistema de cultivo sin suelo.

Objetivos Específicos

- ❑ Evaluar diferentes concentraciones de nitrato sobre el rendimiento de fruto.
- ❑ Estudiar las respuestas de las variables agronómicas de la planta frente a las diferentes concentraciones de nitrato.
- ❑ Encontrar las dosis más adecuadas de nitrato.

REVISIÓN DE LITERATURA

La Nutrición Vegetal

La nutrición de los cultivos es un aspecto del proceso de producción estrechamente relacionado con el sistema 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 cual hay numerosos factores que interactúan simultáneamente y que son determinantes de las acciones que se deben de tomar para mantenerla (Etchevers, 1997).

Los tres objetivos principales que se propone el estudio de la nutrición mineral de las plantas son: la determinación de los elementos que las plantas necesitan para su desarrollo, estudiar los síntomas de la desnutrición provocada en la planta por la ausencia de determinados elementos y por las condiciones nutritivas óptimas de cada uno de los elementos esenciales y el equilibrio que ha de existir entre los diferentes elementos (Bonner, 1970).

Funciones del nitrógeno en la planta

El nitrógeno es el nutriente más importante para la planta de tomate. Si hay un exceso, a la planta produce muchas hojas y pocas frutas. Si falta el nitrógeno la cosecha será pobre puesto que él tomate consume altas cantidades de nitrógeno (Reiners, 1995).

El crecimiento vegetativo de las plantas superiores consta de formación de nuevas hojas, tallos y raíces, implicando una intensa actividad meristemática. Dado que los tejidos meristemáticos tienen un metabolismo de proteínas muy activo, los fotosintatos transportados a estos sitios son usados predominantemente en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas; la nutrición de nitrógeno controla grandemente la tasa de crecimiento de la planta (Mengel *et al.*, 1979).

El nitrógeno afecta el crecimiento y rendimiento de acuerdo con la forma en la que se encuentre disponible para la planta. En este sentido (Hartman *et al.*, 1986) encontraron que cuando la planta entra en un estado de floración y desarrollo del fruto, el número de frutos formados por cada inflorescencia no es influido por la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, pero el peso de los frutos se reduce significativamente cuando el N es suministrado en forma de NH_4^+ .

El principal efecto del nitrógeno sobre el crecimiento de las plantas es a través del área foliar (tamaño de la fuente) que a través de la tasa de asimilación neta (actividad de la fuente) (Greenwood, 1976).

Niveles elevados de nitrógeno promueven un excesivo crecimiento de hojas y disminuye el nivel de reservas de almidón, observándose lo inverso cuando el nivel de fertilización nitrogenada es bajo (Warening, 1975).

El déficit de N ejerce un efecto restrictivo sobre el crecimiento a través de la reducción del área foliar (tamaño de la fuente). Al reducirse la tasa de elongación foliar, bajo condiciones limitantes de N, se reduce la velocidad de acumulación de materia seca y, consecuentemente, el crecimiento de la planta (Mengel *et al.*, 1979).

Los compuestos nitrogenados NO_3^- y NH_4^+ constituyen la mayor parte del peso seco de la savia del xilema y el grupo de constituyentes secundarios después de carbohidratos de la savia del floema. El fluido del xilema tiene una relación C/N usualmente en el rango de 1.5 a 6; en contraste la razón C/N en el floema varía de 15 a 200, siendo la sacarosa el principal carbohidrato presente (Pate, 1980).

Nitrógeno: deficiencia y exceso nutrimental

Las plantas que contienen una cantidades mínimas nitrógeno que limitan su crecimiento muestran síntomas de deficiencia tales como clorosis general, especialmente en las hojas más antiguas. (Salisbury, 1992).

Las hojas más jóvenes permanecen verdes por más tiempo, ya que reciben formas solubles de nitrógeno provenientes de las hojas más antiguas. Aunque algunas plantas como el tomate muestren una coloración púrpura causada por pigmentos de antocianina. (Salisbury, 1992).

Las plantas que crecen con un exceso de nitrógeno casi siempre tienen hojas de color verde oscuro y abundante follaje, por lo común con un sistema radical de tamaño mínimo y, por consiguiente una elevado cociente parte aérea/raíz. (La proporción inversa es frecuente cuando hay deficiencia de nitrógeno)(Salisbury, 1992).

El exceso de nitrógeno también hace que los tomates se partan cuando maduran. La floración y la formación de semillas en varios cultivos agrícolas se ven retardadas por el exceso de nitrógeno (Salisbury, 1992).

En tomate con los cultivares Vendor, Kosei, Parabel y Cantatos, desarrollados con las concentraciones de nitrógeno(115,243 y 443 ppm de N) en solución nutritiva. El rendimiento de fruto comercial por un periodo de ocho semanas de cosecha, estuvo relacionada cuadráticamente a la fertilización nitrogenada:115, 243 y 443 ppm de N que produjeron 2.9, 3.3 y 2.3 kg/planta, respectivamente (Caron *et al.*, 1992).

Formas de absorción y transporte del nitrógeno por las plantas

Prácticamente, nitrato y amoniaco son las dos formas de nitrógeno presentes en el suelo y utilizadas por las plantas. Ambas pueden ser tomadas y metabolizadas por las plantas, sin embargo la mayor parte de las plantas prefieren el nitrato que es el mas rápidamente asimilado (Haiquim, 1998).

La absorción mas generalizada por las plantas es en forma de nitrato y amonio sin embargo el nitrógeno en esta forma no puede ser directamente empleado por la planta, sino que debe reducirse hasta amoniaco, antes de que pueda ser incorporado a los compuestos nitrogenados de la planta (Devlin y Smith, 1986).

Las plantas cultivadas y muchas especies nativas absorben la mayor parte del nitrógeno en forma de NO_3^- , debido a que el NH_4^+ , es oxidado a NO_3^- con mucha rapidez por bacteria nitrificantes sin embargo, comunidades clímax de coníferas y pastos absorben casi todo el nitrógeno en forma de NH_4^+ debido a que la nitrificación es inhibida por un pH bajo del suelo o por taninos y compuestos fenólicos (Haynes y Goh, 1978).

Sitios de asimilación de nitrato

Las raíces de algunas especies pueden extraer todo el nitrógeno que necesitan a partir de NO_3^- mientras que las raíces de otras especies dependen de las partes aéreas para obtener el nitrógeno orgánico. La mayor parte la reducción de NO_3^- ocurre en el sitio de absorción (raíz o parte aérea) (Salisbury 1992).

Las cantidades relativas de NO_3^- y nitrógeno orgánico en el xilema dependen de las condiciones ambientales. Incluso plantas que por lo común no traslocan mucho NO_3^- lo hacen si se proporcionan al suelo grandes cantidades de este ión, o si las raíces se encuentran bajo condiciones de bajas temperaturas (Andrews, 1986). En estas condiciones, la reducción de NO_3^- en raíces no puede seguir el compás contra el paso del transporte de nitrito hacia las partes aéreas. Por lo

tanto hay reducción de nitrato a amonio en hojas y tallos, en especial durante días soleados (Andrews, 1986).

Proceso de la reducción de nitrato

El proceso global de la reducción de NO_3^- a NH_4^+ es dependiente de energía y se resume en la reacción siguiente:



El número de oxidación de nitrógeno cambia de + 5 a -3. El continuo incremento de pH podría resultar letal para las plantas si estas no tuviesen forma de reemplazar dichos iones H^+ (Raven y Smith, 1976)

La primera reacción es catalizada por la nitrato reductasa (**NR**).

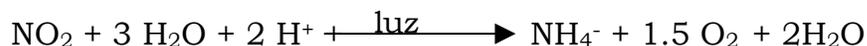
Los productos son nitrito (NO_2^-), NAD^+ (o NADP^+) y H_2O :



Reducción de nitrato a iones amonio

La segunda reacción del proceso global de la reducción del nitrato implica la conversión de nitrito a NH_4^+ , el nitrito que se origina

en el citosol por la acción de la NR (nitrato reductasa) se transporta a los cloroplastos en las hojas o a los protoplastidos en las raíces, donde se realiza una subsiguiente reducción a NH_4^+ catalizada por la nitrito reductasa.



Conversión de Amonio en Compuestos Orgánicos

Ya sea que el NH_4^+ se absorba directamente del suelo o que se produzca por reducción de NO_3^- o por fijación de nitrógeno dependiente de energía, no se acumula en ningún sitio del vegetal. El amonio es, de hecho muy toxico (Givan, 1979) quizá debido a que inhibe la formación de ATP en cloroplastos y mitocondrias al actuar como agente desacoplante. Al parecer todo el NH_4^+ primero se convierte en el grupo amida de la glutamina. Esta reacción da como resultado ácido glutámico, ácido aspártico y asparagina. (Farquhar *et al.*, 1980).

En hojas maduras la glutamina se forma a partir de ácido glutámico y NH_4^+ que se produce cuando empieza a aumentar la degradación de la proteína. Después se le transporta, vía floema, a hojas más jóvenes o a raíces, frutos o flores, donde el nitrógeno se neutraliza. Por último la glutamina se incorpora directamente a las proteínas de todas las células como uno de los 20 aminoácidos. (Salisbury, 1992).

Correlaciones entre las Funciones de la Raíz y la Parte Aérea en la Absorción de Minerales

Se han observado correlaciones excelentes entre la rapidez de crecimiento de la parte aérea y la rapidez de absorción de nitrógeno, fósforo, y potasio. Las tasas de respiración de las raíces a través del tiempo en ocasiones están muy correlacionadas con las tasas de fotosíntesis (con un máximo cerca del medio día). La respiración radical se ha correlacionado con la velocidad de translocación de azúcares hacia las raíces. La absorción máxima de iones nitratos y amonio se correlacionan con las tasas fotosintéticas máximas, excepto que la absorción se retrasa unas cinco horas, lo cual sugiere la necesidad de transporte de carbohidratos y respiración radical durante este periodo de retraso.

Las correlaciones no demuestran una causa y efecto, pero en una planta en crecimiento la interdependencia de las actividades de raíz y parte aérea parecen obvias.

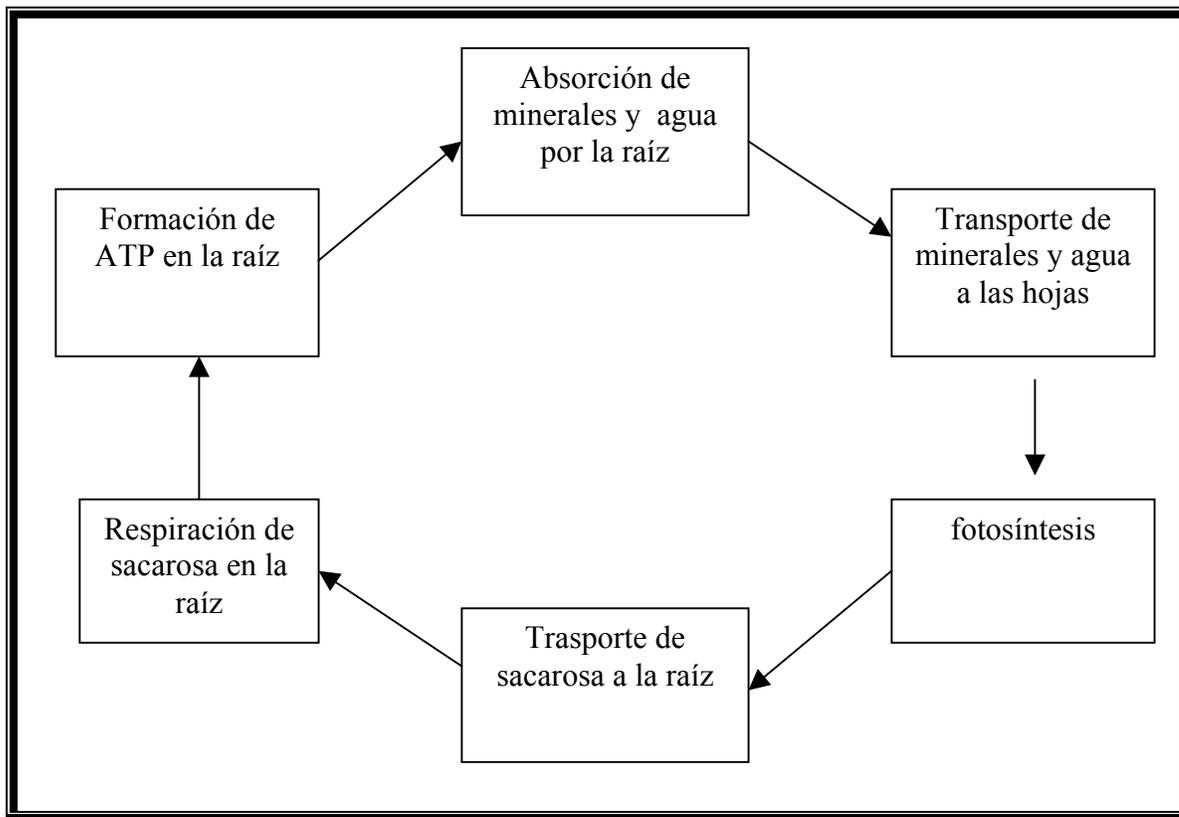


Figura 2.1. Esquema de la relación entre el transporte de minerales y la translocación de fotosintatos. (modificado de Starr, C. y R. Taggart.1989).

Tráfico de Compuestos Nitrogenados durante los estadios Vegetativo y Reproductivo

En plantas herbáceas, existe una extensa recirculación de nitrógeno de las raíces a las hojas y viceversa. Es probable que esto sea importante para dirigir el nitrógeno a los sitios de uso más intenso y así impedir que cualquier parte del vegetal tenga deficiencia de dicho elemento (Millard, 1988).

Esta transferencia extensiva de nitrógeno de los órganos vegetativos a las flores y semillas se acompañan de un decremento en la velocidad de captación de nitrógeno del suelo cuando comienza el crecimiento reproductivo así trigo y avena pueden absorber 90% del nitrógeno necesario para madurar antes de que alcance la mitad de su crecimiento. (Millard, 1988).

En plantas herbáceas perennes, gran parte de nitrógeno en el floema se desplazan hacia las hojas y raíces después de que se han satisfecho las demandas de la semilla. Se desconoce cuanto de este nitrógeno llega por el floema desde el suelo y cuanto proviene de las hojas maduras. (Salisbury, 1992).

La Regulación del Nitrato en el Metabolismo y Crecimiento de las Plantas

La fertilización del nitrato lleva a los niveles mas altos de aminoácidos y proteínas, además aumenta el crecimiento; sobrelleva cambios en el metabolismo del carbono que incluye aumentos en lo niveles de ácidos orgánicos y reducción de los niveles de almidón. Este nutrimento tiene efectos en la morfología de la raíz así como la disminución en cuanto a la proporción de la relación raíz/parte aérea, y la alteración de la arquitectura de la raíz. La floración puede ser

retardada en caso de exceso de nitrógeno. Estos cambios de largo alcance remarcan la importancia del papel que juega señalando los mecanismos que regulan el metabolismo y desarrollo en respuesta a la disponibilidad de nitrógeno.

El nitrato y la regulación de asignación de la raíz/parte aérea y la arquitectura de la raíz

Niveles altos de nitrato alto inhiben preferentemente el crecimiento de la raíz, mientras lleva a una disminución de la proporción de raíz/parte aérea y reduce la producción de raíces laterales. La aplicación local de nitrato a las raíces de plantas limitadas de nitrógeno, lleva consigo la proliferación localizada de raíces laterales.

Cultivos hidropónicos del tomate y la nutrición con amonio

La planta de tomate es propensa a la toxicidad de amonio y los síntomas incluyen una tasa reducida de crecimiento y daño foliar, así como un descenso en la absorción de calcio y magnesio. Plantas expuestas a nutrición con amonio como única fuente de nitrógeno, desarrollan síntomas típicos de toxicidad con pudrición en el fruto (Hoff *et al.*, 1974). Estos síntomas típicos incluyen plantas pequeñas y deformes con hojas verdes muy oscuras y pobremente desarrolladas, y sistema radicular atrofiado.

Teóricamente el amonio podría ser utilizado mas eficientemente que el nitrato. Si las plantas tomaran solo amonio, no necesitarían convertir el nitrato a amonio dentro de la célula lo cual requiere energía. Sin embargo esto no es posible ya que el nitrógeno al ser suministrado en forma de amonio, las reacciones toxicas de la acumulación de amonio anularían el potencial de eficiencia de asimilación.

Fertilizantes nítricos

Los fertilizantes de potasio (KNO_3 , 13.4 % N y 44.2% de K_2O), y de calcio(15% N, 27.0 % CaO), se hidrolizan rápidamente en el suelo y liberan NO_3^- que es utilizado directamente por las plantas. Estos fertilizantes son neutros. (Fassbender y Bordemisza , 1987).

La desnitrificación biológica que ocurre en algunos suelos, especialmente en condiciones de altas temperaturas y humedad pueden afectar a los fertilizantes nítricos del suelo produciendo grandes perdidas de nitrógeno. (Fassbender y Bordemisza , 1987).

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento del Experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el periodo comprendido verano a invierno del 2000, bajo condiciones de invernadero, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, sita en Buenavista, Saltillo, Coah., con una altura de 1743 msnm., este sitio dispone de un clima tipo: BS₀ kx'(e) que se describe como seco, templado con verano fresco, con una temperatura media anual de 12-18°C, y una precipitación media anual de 303.9 mm, con lluvias en verano.

Características del invernadero.-El invernadero es de tipo colombiano con cubierta de polietileno, ventilación cenital pasiva.

Manejo del Cultivo

La siembra

Las semillas de los dos cultivares dos variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), Winner (tipo bola) y Yaqui (saladette), de hábito de crecimiento determinado se sembraron en charolas de 200

cavidades en el invernadero numero tres del Departamento de Horticultura.

El manejo de las plantas

Las plantas fueron transplantadas el día 5 de junio del 2000 cuando contaron con cuatro hojas verdaderas, y fueron puestas en cubetas de 19 litros; el sustrato utilizado fue Peat Moos Sunshine No. 3. las plantas de tomate se sometieron al manejo convencional de poda de formación a dos tallos así como tutoreo, esta ultima practica comenzó desde lo 30 días de transplante.

El manejo fitosanitario

Fue el normalmente usado para tomate bajo invernadero de acuerdo a las instrucciones de las etiquetas de los productos químicos.

La fertilización y riego postransplante

Se emplearon cuatro soluciones nutritivas del tipo Douglas con diferentes concentraciones de (150, 350, 550 y 750 ppm) de NO_3^- . Tales tratamientos se aplicaron dos veces por semana durante todo el ciclo, y las raciones fueron 1.5 litros de solución por maceta por riego en la

etapa vegetativa y de 2.5 litros por maceta por riego en estado de floración y producción de fruta. En casos necesarios por alta temperatura se añadieron de uno a dos riegos de agua sin solución con cantidades de 1.5 litros por maceta.

El diseño experimental

Fue del tipo completamente al azar con cuatro tratamientos, en dos cultivares de tomate y 10 repeticiones por planta por concentración, en total 80 plantas, cabe mencionar la existencia de plantas orilleras para aminorar el efecto de baja humedad relativa sobre las plantas de la periferia.

Parámetros Evaluados

Variables Morfológicas

El registro comenzó el 29 de junio del año de 2000 con intervalos de 15 días entre cada evaluación.

Con motivo de diferenciar los efectos anatómicos externos de las plantas sometidas se extrajeron las siguientes dos variables:

Altura de planta.- Con una cinta métrica se midieron todas las plantas desde la base del tallo, hasta el ápice de crecimiento de las mismas.

Diámetro del tallo.- A una altura de un centímetro del sustrato con un vernier milimétrico se determinó el diámetro del tallo basal de las plantas.

El objetivo de estudiar estas dos variables en floración fue observar las diferencias morfológicas en la floración y la fructificación de las plantas aquí sometidas. Estas evaluaciones se realizaron a los 41, 56 y 90 días después del transplante.

Numero de racimos florales.- Visualmente se contaron el número de racimos presentes por cada planta.

Numero total de frutos por planta.- Se llevo un registro de los tres muestreos (41,56 y 90 DDT) y se sumaron el total de frutos por planta.

Rendimiento

Con el fin de obtener la máxima producción de fruta en los cultivares seleccionados y la optima cantidad de nitrato en la solución nutritiva se determino la producción total de fruto por planta en cada cultivar por tratamiento.

Producción de frutos.- Del 9 de septiembre hasta el 2 de noviembre se cosecharon los tomates. Los frutos de Winner se cortaron en el índice de rayado y rojo mientras que en el cultivar Yaqui se cortaron cuando tornaron los frutos a rojo. Se pesaron los frutos en una bascula mecánica y se sumaron los datos de los cortes para tener el rendimiento total por tratamiento por planta.

Biomasa Fresca de la Planta

Peso fresco de la planta.- En tres diferentes etapas fenológicas vegetativa (37 DDT), posterior al inicio de floración (78 DDT) y al final de la cosecha se tomaron plantas de cada cultivar por tratamiento, en total ocho plantas, las cuales fueron separadas seccionadas por tallos hojas , raíz, racimos florales y frutos. Inmediatamente se determino el peso fresco.

Biomasa Seca

Peso seco de la planta.-Fueron separadas una planta por cultivar por tratamiento, y seccionadas por raíz, tallo, hojas frutos. Las muestras fueron secadas en una estufa de laboratorio a una temperatura constante de 60° C hasta deshidratarlas completamente, para luego pesarlas en una balanza analítica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables Morfológicas

La altura de la planta.

Esta no fue modificada por la concentración de nitratos en el cultivar Yaqui, mientras que en el cultivar Winner se encontró tendencia al incremento conforme aumentó el nitrato disponible; además se encontró diferencia significativa entre la concentración de 750 y las menores (550, 350, 150 ppm) (Cuadro 4. 1).

Diámetro del tallo.

En el parámetro de diámetro de tallo los resultados insinuaron una disparidad al parecer no relativa con los tratamientos denotando la media mas alta para la concentración de 350 ppm en el cultivar Winner. En lo que concierne a el cultivar Yaqui figura una curva cuadrática con su máximo grosor para las concentraciones de 550 y 750 ppm con 1.46 y 1.50 cm respectivamente. Se encontraron diferencias significativas entre concentraciones para ambos cultivares, se notó una tendencia a incrementar el grosor del tallo en respuesta al aumento de concentración de nitrato (Cuadro 4.1)

Número de racimos florales.

En esta variable el cultivar Winner no manifestó diferencia estadística alguna situado el número de racimos entre 10.77 y 11.03, mientras que para el cultivar Yaqui, este reveló diferencia significativa entre la mínima y la máxima concentración (150 y 750 ppm). Winner fue ligeramente superior a Yaqui en cuanto al número de racimos (Cuadro 4.1).

El número promedio de frutos por planta.

Se notaron diferentes respuestas en los dos cultivares. El cultivar Winner no reveló diferencias significativas entre las diferentes concentraciones. Para lo que toca a Yaqui, las concentraciones de 350, 550 y 750 ppm de nitrato fueron muy superiores a la concentración de 150 ppm, con rango de diferencia de 18 frutos promedio de la concentración mínima contra 26 frutos promedio presentados en la máxima concentración (750 ppm) (cuadro 4.1).

Cuadro 4.1 Valores promedio de variables morfológicas de dos cultivares de tomate manejados bajo diferentes concentraciones de nitrato en la solución nutritiva.

Variedad	Conc. De NO ₃ (ppm)	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)	No de racimos por planta	No. de Frutos por planta
Winner	150	59.93 a	1.44 a	10.77 a	17.02 a
	350	59.51 a	1.55 b	11.26 a	16.34 a
	550	61.15 a	1.45 a	10.56 a	15.70 a
	750	64.57 b	1.64 c	11.03 a	17.42 a
Yaqui	150	59.67 a	1.26 a	9.44 a	18.06 a
	350	60.52 a	1.37 b	10.82 b	24.96 b
	550	59.61 a	1.46 c	10.62 b	25.01 b
	750	60.42 a	1.50 c	11.59 b	26.67 b

Producción de Fruta

Rendimiento

Los dos cultivares obtuvieron su máxima producción en la concentración de 350 ppm (Cuadro 4.2). La variedad Winner obtuvo su máximo rendimiento de frutos en el rango 350 y 550, ppm dando un comportamiento ligeramente cuadrático (ver figura 4.1). Un efecto cuadrático fue observado en tomate cultivado en suelo por (Andersen *et al.* 1999) y así como en hidroponía por Caron *et al.* (1992) reportando estos últimos autores un óptimo de rendimiento en 350 ppm de nitrato. Esto parece indicar que la respuesta aquí reportada es una manifestación general frente a la concentración de nitrógeno e

independiente del sistema de producción. Para ambas variedades niveles superiores de 350 de NO_3^- en la solución nutritiva no fueron efectivas para inducir mayor producción de fruta. 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. No obstante el cultivar Yaqui fue más susceptible a las diversas concentraciones ya que presentó una diferencia significativa de 3.3 kg de fruta por planta entre las concentraciones de 150 y 350 ppm. Mayores concentraciones de nitrato dan lugar a una caída significativa en la producción de fruta por planta. El punto máximo de producción para Yaqui fue levemente mayor que el de Winner con 7.80 y 7.36 kg, respectivamente (Cuadro 4.2).

La concentración recomendada de NO_3^- para tomate en sustrato inerte en invernadero es de 630 hasta 850 ppm (Portree, 1996), sin embargo los resultados del presente trabajo indican que es posible disminuir la concentración de nitrato en la solución nutritiva, hasta rangos ubicados entre 150 y 350 ppm, sin afectar sensiblemente la producción de fruta de los cultivos de tomate desarrollados en el periodo de verano y otoño. Esta disminución de aporte de nitrato involucra menor costo de fertilización así como menor residuos de nitrato a los mantos freáticos.

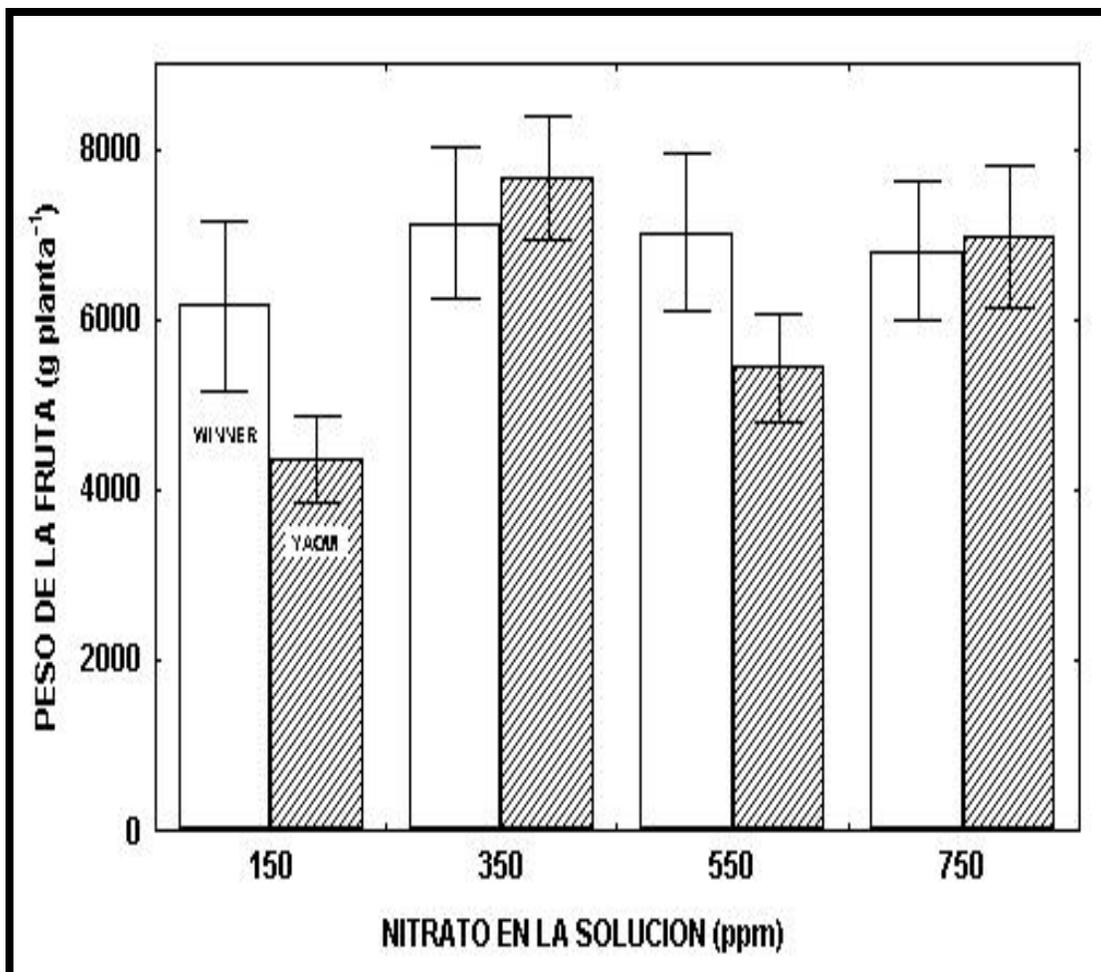


Figura 4.1 Rendimiento de dos cultivares en respuesta a cuatro concentraciones de nitrato en la solución nutritiva.

Cuadro 4.2 Rendimiento de fruto por planta en dos cultivares sometidos bajo cuatro concentraciones de nitratos en la solución nutritiva.

Variedad	Concentración de NO_3^- (ppm)	Producción de fruta Kg/planta
Winner	150	6.17 a
	350	7.36 a
	550	7.19 a
	750	6.54 a
Yaqui	150	4.49 a
	350	7.80 b
	550	5.49 ab
	750	6.91 b

Biomasa Fresca de la Planta

Peso fresco de hojas y tallo

En Winner la biomasa fresca en la concentración de 150 ppm fue estadísticamente inferior a todas las restantes y el máximo fresco lo obtuvo la concentración 750 ppm,. El cv. Yaqui expresó un comportamiento análogo al cv. Winner, pero su máximo resultado fue para la concentración de 550 ppm. En ambos cultivares se observó menor acumulación de biomasa fresca en tallos y hojas al aplicar la solución con baja concentración de nitrato. Una explicación a este efecto es el conocido efecto restrictivo del déficit de N sobre el crecimiento a través de la reducción del área foliar (tamaño de la fuente) (Mengel *et al.*, 1979). La biomasa fresca de tallos y hojas se elevó considerablemente al aumentar el NO_3^- ; sin embargo cuando esta fue superior a 350 ppm de nitrato, no expuso respuesta significativa alguna, a pesar de que ambas variables manifestaron el valor máximo en 550 ppm de nitrato. Por otra parte se nota una gran diferencia entre cultivares para biomasa de tallos y hojas, diferenciándose por ejemplo casi 200 g mas de tejido foliar de el cultivar Winner en comparación con el cv. Yaqui (cuadro 4.3).

Peso fresco en frutos.

Para el cv. Winner solo destacó la concentración de 550 ppm con respecto a las demás concentraciones. Para el cv. Yaqui no hubo diferencia estadística entre tratamientos (Cuadro 4.3).

Peso fresco aéreo

La biomasa aérea en la concentración de 150 ppm fue relativamente menor que las restantes concentraciones; la concentración de 350 ppm fue significativamente igual a la concentración mínima (150 ppm), e igualmente a las concentraciones de 550 y 750 ppm. El máximo peso fue para la concentración de 550 ppm. Tal parece que en acuerdo con Reiners (1995) se confirma que cuando existe un exceso de este nutrimento la planta producirá muchas hojas. No obstante para Yaqui no ocurrieron diferencias estadísticas; aunque si se hace notar la desigualdad en el peso entre concentraciones. (cuadro 4.3).

Peso fresco de raíz

Presento tendencia a disminuir conforme al aumento de la concentración de nitrato, respuesta ya descrita por Brouwer (1962). Se

tiene conocimiento de que la alta disponibilidad de nitrato a partir de una fuente difusa, como una solución nutritiva, inhibe el crecimiento de 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 las 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), pero en concordancia con lo reportado por He *et al.* (1999) este cultivar expuso una disminución al elevarse el NO_3^- . En lo que respecta al cultivar Yaqui, la respuesta en concentración mas baja (150 ppm) estuvo muy por debajo pues se obtuvieron casi nueve frutos menos comparado con las concentraciones de 350, 550 y 750 ppm. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la concentración mas baja (150 ppm) y la restantes (350,550 y 750ppm) (Cuadro 4.3).

El peso fresco total

Para el cultivar Winner las plantas en la concentración de 150 ppm fueron relativamente menores en peso que las tres restantes, la concentración de 350 ppm fue significativamente igual a la

concentración menor (150 ppm), e igualmente significativa en las concentraciones de 550 y 750 ppm. El máximo peso fue para la concentración de 550 ppm. No obstante para Yaqui no se observó diferencia significativa, aunque si se hace notar la diferencia entre pesos; se nota un incremento de biomasa a partir de los 350 ppm.; sin embargo no ocurrió respuesta significativa alguna en las siguientes dos concentraciones mayores. Lo que indica que se estanca el crecimiento de biomasa en ambos cultivares sin importar el aumento de nitrógeno en la solución nutritiva (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3. Biomasa fresca en dos cultivares de tomate sometidos a cuatro niveles de nitratos.

Variedad	Conc. de NO ₃ ⁻ (ppm)	PF hojas + tallos	PF de frutos	PFA aéreo total (hojas + tallo + fruto)	PFR de raíz	PFT (aéreo +raíz fruto)
Winner	150	767.35a	862.85a	1630.20a	77.75a	1656.12a
	350	1100.42b	1017.07a	2117.49ab	47.45a	2133.31ab
	550	1384.05bc	1441.82b	2825.87b	60.60a	2846.07b
	750	1398.17c	1141.2a	2539.37ab	67.10a	2561.73ab
Yaqui	150	527.59a	880.67a	1408.25a	75.75a	1433.50a
	350	823.05b	1161.52a	1984.57a	77.60a	2010.43a
	550	1107.11c	1264.53a	2371.65a	55.05a	2390.00a
	750	1009.41bc	1401.15a	2410.56a	44.90a	2425.52a

Biomasa Seca de la Planta

Peso seco de tallos y hojas

La acumulación de materia seca en tallos y hojas fue dependiente de la concentración de nitrato. En el tomate la cantidad de biomasa seca aérea vegetativa depende de 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 nitrógeno en las hojas (Verhoeven *et al.*, 1997). Los resultados indican en que para ambos cultivares el óptimo fue de 550 ppm de NO_3^- . Fue más marcada la carencia de nitrato en el cv. Yaqui que para Winner. Para ambos cultivares después de la concentración mas adecuada no se produjeron respuestas considerables, sino que se mantuvo el peso, mientras que en Yaqui la acumulación de biomasa seca en tallos y hojas responde linealmente al nitrato. (cuadro 4.4)

Cuadro 4.4. Biomasa seca en dos cultivares de tomate sometidos a cuatro niveles de nitratos.

Variedad	Concentración NO_3^- (ppm)	PS de tallos mas hojas)	PS fruto	PSA total	PS raíz	PS total Incluye raíz
Winner	150	104.15a	69.68a	150.60a	13.30a	159.47a
	350	153.27b	130.48ab	240.25b	14.50a	249.68b
	550	217.90c	149.50b	317.57b	13.60a	326.63b
	750	180.77bc	120.80ab	261.30b	14.50a	270.97b
Yaqui	150	72.05a	76.93a	123.33a	12.75a	131.83a
	350	138.50ab	100.28ab	205.35ab	14.28a	214.87ab
	550	174.83b	170.18b	288.28b	13.45a	297.25b
	750	178.12b	133.75ab	267.28b	15.03a	277.30b

Peso seco de los frutos.

En respuesta al nitrato el peso de los frutos fue diferente a la exhibida por tallos y hojas, manifestando 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 tallos + hojas (es decir, el cociente del peso de la fruta y el peso seco aéreo total). Los mismos autores indicaron un valor menor al 40% de la biomasa seca total de los frutos, mientras que en el presente trabajo los datos indican que este índice de producción arrojó más de 46% y hasta un 62% de la biomasa seca aérea total, revelando entonces mayor eficiencia de reparto.

Para ambos cultivares no hubo mayor respuesta a partir de la concentración de 350 ppm; siendo notable como en otras variables la carencia reflejada sobre el peso seco del fruto respecto a la concentración más baja de la solución (150 ppm de nitratos) (Cuadro 4.4).

Peso aéreo total

Al parecer existe un patrón de respuesta de la biomasa en cuanto a la carencia de nitratos en la solución nutritiva reflejado sobre la producción de biomasa en general; como se presenta en la concentración de 150 ppm de NO_3^- reflejado en el peso aéreo total y otras variables anteriormente expuestas. El aumento de concentración a partir de 350 ppm no crea cambios significativos ni considerables en la producción de follaje. En concordia con Warening (1975) cuando el nivel de nitrógeno es bajo (Cuadro 4.4).

Peso seco de raíz

En lo que concierne a esta variable no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, si bien se observó una tendencia, contraria a la del peso fresco de la raíz, es decir, hacia la acumulación de materia seca conforme el aumento de nitrato disponible. Es probable que este resultado indique la presencia de una mayor cantidad de biomasa 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, pareciendo esto reflejar el efecto inhibitorio del nitrato sobre el desarrollo de raíces secundarias.(cuadro 4.4)

Peso seco total de la planta

Ambos cultivares mostraron un mismo patrón. La concentración de 150 ppm dio como resultados una disminución en peso seco total. Tal respuesta se le atribuye a la poca cantidad de nitratos en la solución nutritiva; mientras que las respuestas en cuanto las concentraciones de 350, 550 y 750 ppm son estadísticamente iguales para cada cultivar (Cuadro 4.4).

CONCLUSIONES

- ♦ La concentración óptima en la solución nutritiva para la producción de fruta de tomate en los dos cultivares, Winner y Yaqui fue la de 350 ppm de NO_3^- .
- ♦ Respecto a la biomasa fresca y seca el rango óptimo para los cultivares Winner y Yaqui se encuentra entre 350 y 550 ppm de NO_3^- .
- ♦ En cuanto a la producción de fruta de tomate el cultivar Yaqui mostró mayor sensibilidad en la respuesta frente a las diversas concentraciones de nitrato.

Con las conclusiones anteriores se consideran aprobadas las dos hipótesis del nitrato sobre la morfología y rendimiento en la planta de tomate.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrollo con el propósito de determinar el efecto del nitrato sobre el crecimiento y rendimiento de dos cultivares de tomate, uno tipo bola y otro saladette; así como determinar las necesidades adecuadas de nitrato para tomate y consecuentemente reducir la contaminación de los mantos freáticos por fertilizaciones excesivas de nitratos. Se utilizo un sistema de cultivo sin suelo con “peat moss” como sustrato; se aplicaron cuatro soluciones nutritivas con 150, 350, 550 y 750 ppm de NO_3^- . El experimento se realizo bajo condiciones de invernadero. El diseño experimental utilizado fue el de completamente al azar con cuatro concentraciones de nitrato como tratamientos, dos cultivares de tomate y 10 repeticiones , en total 80 plantas. Se determino la producción total de fruta por planta, la producción y reparto selectivo de biomasa fresca y seca de tallos, hojas, frutos y raíces. Los resultados indican 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 mostraron que el rango optimo se encuentra entre 350 y 550 ppm de NO_3^- . El cultivar yaqui fue mas sensible a las concentraciones de NO_3^- .

LITERATURA CITADA

- Andersen, P.C., F.M, Rhoads, S. M. Oldson, 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.
- Andrews, M.1986.The partitioning of nitrate assimilation between root and shoot of higher plants. Plant, cell and Environment 9:511-519. Citado por Salisbury, F. B.1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica.
- 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.
- Bonner, J. 1970.Principios de la Fisiología Vegetal. Editorial Aguijar España.
- Brouwer, R. 1962. nutrient influences on the distribution of the dry matter in the plant. Netherl. J. Agric. Sci. 10:399-408.
- Caron, J.,L.E. Parents and A. Gosselin. 1992. Effect of nitrogen and salinity level inn the nutrient solution on the DRIS diagnosisof grenhouse tomato. Hort. Abs. Vol 62 (6): 4896.USA.
- Devlin, Robert, M. 1982. Fisiología Vegetal. Editorial Omega S.A. Barcelona, pp 320-321
- El Financiero, 21 de noviembre de 1998 con información tomada del departamento de Comercio de E. U.
- 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
- Farquhar, G.D., P.M. Firth, R. Wetselaar, and B. Weir.1980.On the gaseous exchange of ammonia leaves and the environment:Determination of the ammonia compensation point. Plant Physiology 66: 710-714. Citado por Salisbury, F.B.1992. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica pp
- Fassbender, H. W. y Bordemisza E.1987.Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Servicio editorial IICA. Costa Rica, pp. 242-243

- García D. R. 1987. Efecto de la salinidad y condiciones limitantes de nitrógeno sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis. UAAAN, Saltillo, Coah. México
- Givan , C. V. 1979. Metabolic detoxification of ammonia in tissues of higher plants. *Phytochemistry* 18: 375-382. Citado por Salisbury, F.B.1994. *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica
- Greenwood, E.A.N. 1976. Nitrogen stress in plants. *Adv. Agron.* 28: 18-35. Citado por García. D. R.1987. Efecto de la salinidad y condiciones limitantes de nitrógeno sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis. UAAAN, Saltillo, Coah. México
- Haiquim Haifa Química de México, S.A. de C.V. 1998. La fertilización en los cultivos hortícola con acolchado plástico.
- Hartman, P.L., H. A. Mills, and Benton J, Jr. 1986. The influence of nitrate: Amonium ratios on growth, fruit development, and element concentration in “Floradel” tomato plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 487-490. Citado por García D. R. 1987. Efecto de la salinidad y condiciones limitantes de nitrógeno sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis. UAAAN, Saltillo, Coah. México
- Haynes, R.J. and K. M. Goh 1978. Ammonium and nitrate nutrition of plants. *Biological Reviews* 53: 465-510. Citado por Salisbury, F.B.1992. *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica pp
- He, Y., S. Terabayashi, T. Asaka, and T. Namaki. 1999. Effect of restricted suply of nitrate on fruit growth and nutrient concentration in the petiole sap of tomato cultured hidroponically. *J. Plant Nutr.* 22: 799-811.
- Hoff, J. E.; Wicox; G.E. & Jones, C.M. 1974. The effect of nitrate and ammonium nitrogen on the free amino acid composition of tomato plans and tomato fruit. *J Amer. Soc. Hort. Sci.* 99 (1) 27-30. Citado por Morgan L. **Artículos Científicos**. El gran debate: amonio vs. nitrato. *Hydroponics & Greenhouses* No 50. PARTE 2 Relación $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$ <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia>.
- Instituto de la Potasa y el Fósforo. 1997. *Manual Internacional de Fertilidad de Suelos*. pp. 91-96, 101-102.
- Maldonado T. R. J . Pineda P y M. A. Vergara S. 1992. Efecto de diferentes relaciones nitrato-amonio sobre la absorción de nutrimentos en el cultivo de jitomate. Citado por Mexicano M. J. Efecto de fuentes de nitrógeno y Fe. Tesis de Maestría. UAAAN. Saltillo, Coah. México.

- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1979. Principles of Plant Nutrition. Second ed. International Potash Institute, Berne Switzerland. Citado por García D. R. 1987. Efecto de la salinidad y condiciones limitantes de nitrógeno sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis. UAAAN, Saltillo, Coah. México.
- Millard, P. 1988. The accumulation and storage of nitrogen by herbaceous plants. *Plant, Cell and Environment* 11: 1-8. Citado por Salisbury, F. B. 1992. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Pate, J. S. 1980. Transport and partitioning of nitrogenous solutes. *Ann. Rev. plant Physiol.* 31: 312-340. Citado por García D. R. 1987. Efecto de la salinidad y condiciones limitantes de nitrógeno sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis. UAAAN, Saltillo, Coah. México.
- Petoseed. 1995. Seed for the world. Petoseed Co. Inc. Breeders-Growers. Cal Grafic. Calif. U. S. A. Citado por Edgardo F.F. 1997. Respuesta de la densidad de población y sistemas de poda sobre rendimiento y calidad de tres genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mil.). Tesis Maestría. UAAAN, Saltillo, Coah. México
- Portree, J. 1996. Greenhouse Vegetable Production Guide for Commercial Grower. British Columbia Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Victoria, B.C. Canadá 122 p.
- Raven, J. A. and F.A. Smith. 1976. Nitrogen assimilation transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulation. *New Phytologist* 72: 415-431. Citado por Salisbury, F.B., 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica.
- SAGARPA., Anuario estadístico de la producción agrícola nacional. 1996. citado por INIFAP Zacatepec. 2001. Etiología de la enfermedad "chino del tomate" (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y alternativas de control en el estado de Morelos. Pp. 1
- Salisbury, F.B., 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. pp. 143, 175, 325-331, 333-336.
- Starr, C. and R. Taggart. 1989. *Biology: the unity and diversity of Life*, fifth edition. Wadsworth, Belmont, Calif. Citado por Salisbury, F.B. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Stitt, M. 1999. Nitrate regulation of metabolism and growth. *Curr. Op. plant Biol.* 2: 178-186.
- Verhoeven, A.S., B. Demmig-Adams, and W.W. Adams III. 1997. Enhanced employment of the xanthophyll cycle and thermal energy dissipation in spinach exposed to high light and N stress. *Plant Physiol.* 113:817-824.

- Wareing, P.F., and J. Patrick. 1975. Source-Sink Relations and the Partition of Assimilates. pp. 481-499.
- Zhang, H. and B.G. Forde. 2000. Regulation of *Arabidopsis* root development by nitrate availability. J. Exp. Botany 51:51-59.