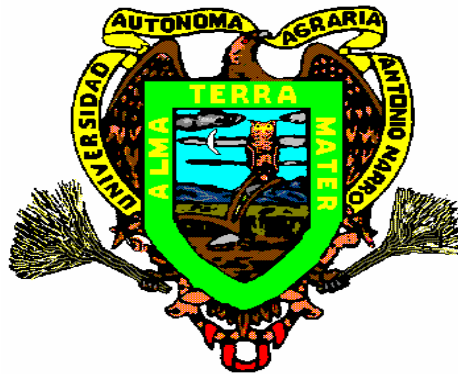


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE NITRATO SOBRE LAS
CARACTERÍSTICAS DE LOS TEJIDOS CONDUCTORES DE TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

Por: **GABRIELA RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ**

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

Ingeniero en Agrobiología

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2002.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE NITRATO SOBRE LAS
CARACTERÍSTICAS DE LOS TEJIDOS CONDUCTORES DE TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

POR:

GABRIELA RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

T E S I S

**QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

**Dr. ADALBERTO BENAVIDES MENDOZA
PRESIDENTE DEL JURADO**

**M.C. FRANCISCA RAMÍREZ GODINA
SINODAL**

**BIOL. Ma. EUGENIA DEMESA ECHEVERRÍA
SINODAL**

**Ing. EDILBERTO GONZÁLEZ RAYA
ASESOR EXTERNO**

**Dr. REYNALDO ALONSO VELASCO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA.**

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNIO 2002

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme vida y salud para poder llegar a la culminación de mis estudios profesionales.

A mi “ALMA MATER” y su personal docente por brindarme la oportunidad de formarme profesional y personalmente.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza , por el apoyo y disposición para la realización de este trabajo de investigación.

A la Biol. Ma. Eugenia Demesa E. Por el apoyo y confianza que me brindó durante toda la carrera y por la asesoría para la culminación de este trabajo de investigación.

A la M.C. Francisca Ramírez Godina, por su apoyo y sugerencias brindadas para la realización del trabajo de investigación.

A la laboratorista Leticia Portos por el apoyo que me brindó para la realización del trabajo en el laboratorio de citogenética.

A mis compañeros de la primera generación de Ingenieros en Agrobiología, por esa amistad que siempre existió entre todo el grupo.

DEDICATORIAS

A la memoria de Raúl Rodríguez, mi padre, porque sé que donde quiera que se encuentre se siente contento por haber alcanzado una de mis metas.

Con todo respeto y admiración a mi madre Olivia Rodríguez, por ese apoyo incondicional y por creer siempre en mí.

Al Sr. Adolfo Sepúlveda por todo el apoyo que nos ha brindado desde que llegó a nuestra familia.

A mis hermanos René, Vero y Saúl, por ese apoyo moral y por ese amor tan grande que siempre ha existido entre nosotros aunque no estemos juntos.

A los pequeñines de la familia, Raúl, Paúl, Erubey y Olivia que son la alegría de la familia.

A mi novio Edilberto Gonzáles R. por todos estos años de amor y felicidad, y por haber sido siempre el apoyo más grande que tuve en la Universidad, por esos consejos, regaños, pero sobre todo por alentarme siempre a ser mejor. Siempre estarás en mi corazón.

DIOS LOS BENDIGA

RESUMEN

Este trabajo forma parte de un estudio en donde se verificaron los cambios anatómicos, morfológicos, de productividad de la planta de tomate, y además la calidad de su fruto, con varios niveles de aplicación de nitrato en la solución nutritiva. Se realizó para ello un experimento en invernadero con dos cultivares de tomate, uno tipo bola y otro saladette, los cuales fueron desarrollados en cuatro diferentes concentraciones de nitrato. Como resultado de dicho estudio se observó que tanto los contenidos de minerales como de carbohidratos no estructurales fueron modificados de manera significativa en los tejidos vegetativos y en la fruta, en respuesta a la concentración del nitrato, en ambos cultivares (González-Raya, et al., 2001). Se determinó entonces que la concentración óptima de nitrato es la de 350 ppm frente a las de 150, 550 y 750 ppm. Los resultados del presente estudio indicaron que la disponibilidad de nitrato modificó la anatomía de los tallos, pecíolos y pedúnculos en tomate. Estos cambios se asociaron asimismo con cambios positivos en la productividad, la morfología y el contenido de minerales y carbohidratos en la fruta y tejidos vegetativos (González-Raya, et al., 2002). En particular, más que los tejidos vasculares, el tamaño relativo de la médula mostró cierta asociación con la productividad de fruta.

Para el caso del cortex, y aunque cada cultivar mostró diferencias en tallos, pedúnculos y pecíolos, la respuesta general fue de aumento en el volumen de este tejido al incrementar la disponibilidad de nitrato. La médula mostró menor sensibilidad aunque cierta tendencia a disminuir el volumen en los tres órganos.

En cuanto al volumen de los tejidos vasculares (sobre todo el de los vasos y fibras de xilema) este manifestó tendencia negativa frente a la concentración de nitrato (cuadros 4.1, 4.2 y 4.3). La misma tendencia fue obtenida al comparar el tamaño del lumen de los vasos de xilema (Cuadros 4.4, 4.5 y 4.6).

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Generalidades del tomate.....	3
Importancia del Tomate.....	4
Requerimientos Climáticos	5
Suelo	6
Riego	6
Características Botánicas y Taxonómicas.....	7
Clasificación Taxonómica.....	8
Estructura Anatómica e Histológica de la Planta.....	8
Cambium Vascular	9
Sistema Fundamental	11

Parénquima	11
Colénquima	13
Sistema Vascular	13
Xilema	13
Floema	14
Algunos Factores que Modifican la Anatomía de la Planta	16
Hierro.....	16
Luz.....	18
Función del Nitrato en la Planta.....	19
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
Localización del Área Experimental.....	21
Descripción de Materiales.....	21
Diseño Experimental	22
Material para trabajo de Microtomía.....	22
Procedimiento	22
RESULTADOS.....	28
DISCUSION.....	55
CONCLUSIONES	58
LITERATURA CITADA	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pag.
4.1 Comparación cualitativa de las estructuras observadas en los cortes de tallo (2.5 x) en los dos cultivares de tomate con diferentes aporte de nitrato.....	52
4.2 Comparación cualitativa de las estructuras observadas en los cortes de pedúnculo (2.5 x) en los dos cultivares de tomate con diferente aporte de nitrato.....	52
4.3 Comparación cualitativa de las estructuras observadas en los cortes de pecíolo (2.5 x) en los dos cultivares de tomate con diferente aporte de nitrato.....	53

4.4	Comparación cualitativa de los vasos de xilema en cortes transversales de tallo (10 x) en los dos cultivares de tomate con diferente aporte de nitrato.....	53
4.5	Comparación cualitativa de los vasos de xilema en cortes transversales de pedúnculo (10 x) en los dos cultivares de tomate con diferente aporte de nitrato.....	54
4.6	Comparación cualitativa de los vasos de xilema en cortes transversales de peciolo (10 x) en los dos cultivares de tomate con diferente aporte de nitrato.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura.		Pag.
4.1	Observaciones realizadas en tallos del cultivar 'Winner' (2.5 x).....	28
4.2	Observaciones realizadas en tallos del cultivar 'Winner' (10 x).....	30
4.3	Observaciones realizadas en pedúnculos del cultivar 'Winner' (2.5x).....	32
4.4	Observaciones realizadas en pedúnculos del cultivar 'Winner' (10x).....	34
4.5	Observaciones realizadas en pecíolos del cultivar 'Winner' (2.5 x).....	36
4.6	Observaciones realizadas en pecíolos del cultivar 'Winner' (10 x).....	38
4.7	Observaciones realizadas en tallos del cultivar 'Yaqui' (2.5 x).....	40

4.8	Observaciones realizadas en tallos del cultivar ‘Yaqui’ (10 x).....	42
4.9	Observaciones realizadas en pedúnculos del cultivar ‘Yaqui’ (2.5x).....	44
4.10	Observaciones realizadas en pedúnculos del cultivar ‘Yaqui’ (10 x).....	46
4.11	Observaciones realizadas en pecíolos del cultivar ‘Yaqui’ (2.5 x).....	48
4.12	Observaciones realizadas en pecíolos del cultivar ‘Yaqui’ (10 x).....	50

INTRODUCCION El cultivo de tomate es de suma importancia, por la superficie de más de 90,000 hectáreas (Valdez, 1996) destinadas para su cultivo a nivel nacional, el valor de su producción y el sinnúmero de productos que se obtienen de él, ocupando un papel preponderante en el desarrollo económico y social de la agricultura a nivel mundial. En nuestro país en 1996-1997 se tuvo una producción de casi 2 millones de toneladas (Orozco, 1998) y un volumen de exportación de 9,652 millones de dólares en febrero de 1999. En suma es el principal cultivo generador de divisas y proporciona empleo a un gran número de trabajadores del campo (Depto. de Comercio de los EUA, 1999). Debido a la gran demanda e importancia de este cultivo, es necesario aumentar el conocimiento y comprensión acerca de cómo la nutrición mineral modifica la productividad y calidad de la cosecha. Dentro de los nutrientes minerales necesarios para el desarrollo de la planta destaca el nitrógeno, tanto en su papel de macronutriente como por su función de modificar el metabolismo, absorción y asimilación de otros elementos. Al respecto es de sobra conocido que el N impacta profundamente la economía del carbono de la planta. Diferentes modelos intentan explicar la relación entre el N y el metabolismo del carbono. Se sabe que tanto la forma química de aplicación como la cantidad de N aplicada modifica la concentración de carbohidratos y aminoácidos, la concentración de importantes proteínas como la RUBISCO y el balance relativo almidón/azúcares. Estas respuestas han sido estudiadas en el nivel molecular así como en diferentes ensayos en cultivos celulares, cámaras de crecimiento, en campo abierto y en invernadero. Sin embargo, bastante menos se sabe acerca del impacto del N en sus diferentes formas químicas sobre los caracteres anatómicos como son la cantidad absoluta y relativa de los tejidos conductores. Considerando esta situación se determinó el siguiente:

Objetivo

- Verificar a nivel histológico, las respuestas de la planta de tomate a los diferentes niveles de nitrato, determinado la relación que existe entre la cantidad, distribución y tamaño relativo de los tejidos conductores y la productividad de la planta.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del Tomate

El Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es miembro de la familia de las Solanáceas (Solanaceae), y por lo tanto, pariente de la berenjena, del pimiento ó chile, y del tabaco. En los trópicos el tomate es una herbácea perenne (hábito de crecimiento indeterminado), pero en latitudes más templadas se cultiva como una planta anual (hábito de crecimiento determinado); debido a lo anterior, la longitud de los tallos varía apreciablemente. Los frutos de tomate son soportados en racimos que portan usualmente de cuatro a ocho frutos. El fruto es una baya carnosa con muchas semillas pequeñas en su interior.

Existen docenas de variedades de tomate, variando ampliamente en tamaño, forma y color. Entre las más comercializadas están:

- Tomate Huaje o Pera: de color rojo brillante y forma ligeramente elíptica.
- Tomate Globo: firme, jugoso y de tamaño mediano.
- Tomate Cherry: pequeño, de casi 2.5 cm. de diámetro, puede ser de color amarillo o rojo.

Los tomates son ricos en vitamina C y contienen cantidades apreciables de vitaminas A y B, potasio, hierro y fósforo. Un tomate mediano posee casi tanta fibra como una rebanada de pan de trigo entero y solamente 35 calorías.

Importancia Económica.

El cultivo del tomate es un buen negocio para México, para los agricultores y proveedores, ya que ha podido satisfacer la demanda en el mercado nacional y a la vez a podido obtener cada vez más divisas, siendo un claro ejemplo de las bondades de una agricultura orientada al mercado de exportación (Hortalizas, Frutas y Flores, 1992).

Puede afirmarse, que aún siendo un producto de alto riesgo, por trabajarse a cielo abierto y la exportación depender en buena medida de lo que sucede en Florida (principal competidor de México), el tomate es el principal logro de exportación de la agricultura mexicana (Hortalizas, Frutas y Flores, 1992).

En México el tomate está considerado como la segunda especie hortícola más importante por la superficie sembrada y como la primera por su valor de producción. A esta hortaliza de fruto se le encuentra en los mercados durante todo el año y se consume tanto fresca como procesada (puré), siendo una fuente rica en vitaminas (Valadez, 1996).

En casi todos los medios comerciales se reconoce el alto valor y la rentabilidad de los productos hortícolas, por ejemplo, en los reportes anuales del servicio Nacional de información de Mercados de 1995, se observa un incremento anual del siete por ciento en promedio entre un total de 28 productos hortícolas, que incluyen los de hojas, tallos, legumbres, frutos, bulbos y tubérculos. El tomate ocupa el primer lugar con más de 40 por ciento de total de las especies exportables (Randolph, 1996).

Requerimientos Climáticos

El tomate (*Lycopersicon esculentum*. Mill.) es un cultivo de temperaturas cálidas y requiere una temporada larga de crecimiento. Es muy sensible al frío y susceptible a heladas; el período más sensible a las temperaturas es durante la floración. Es una planta perenne pero es cultivada como anual. Aunque se considera de día neutral, el tomate no es productivo en días largos si no existe una variación de temperaturas diurnas de al menos 6°C. El máximo crecimiento se logra a una temperatura de 21 a 29 °C durante el día y de 18 a 20 °C durante la noche.

El cultivo es muy sensible a heladas. Las temperaturas superiores a los 25 °C, cuando están acompañadas de humedad elevada y viento fuerte, se traducen en un rendimiento reducido. Las temperaturas nocturnas superiores a los 20 °C, acompañadas de alta humedad y escasa luz solar ocasionan un crecimiento vegetativo excesivo y una mala producción de fruto. Una humedad elevada se traduce en una mayor incidencia de plagas y enfermedades y en la pudrición del fruto. Por ello, son preferibles los climas secos para la producción del tomate.

Suelo

El suelo ideal para la producción del tomate es un limo fértil bien drenado, sin embargo, se han logrado excelentes cosechas en suelos areno-limosos y arcillo-limosos con un óptimo manejo. Debe ser un suelo profundo, ya que el sistema radicular del tomate puede alcanzar hasta 3.0 m. El cultivo es moderadamente sensible a la salinidad del suelo. La disminución del rendimiento para diversos valores de conductividad eléctrica es la siguiente: 0 % para 2.5 mmhos / cm; 10 % para 3.5; 25 % para 5; 50 % para 7.6 y 100 % para 12.5 mmhos / cm. El tomate tolera un amplio rango de pH, sin embargo, el pH ideal es de 6.0 a 6.5.

Riegos

Las necesidades totales de agua después del trasplante, de un cultivo de tomate producido en el campo en 90 a 120 días son de 400 a 600 mm, dependiendo del clima. Los mayores rendimientos de tomate se obtienen mediante un riego frecuente y ligero. En la etapa de fructificación las plantas de tomate requieren una lámina aproximada de 40 mm de agua por semana.

El cultivo es muy sensible al déficit de agua durante el trasplante e inmediatamente después y durante la floración y la formación de la cosecha. El déficit de agua durante el período de floración ocasiona la caída de la flor. Un déficit moderado de agua durante el período vegetativo favorece el desarrollo de las raíces.

Características Botánicas y Taxonómicas.

Es una planta anual en su cultivo y puede ser semiperene en regiones tropicales. Su sistema de raíces es fibroso y robusto, pudiendo llegar hasta 1.8 m de profundidad. Los tallos son cilíndricos en las plantas jóvenes y angulosos en las plantas maduras; alcanzan alturas de 0.40 a 2.0 m, presentando un crecimiento simpódico. El racimo floral o inflorescencia está compuesto de varios ejes, cada una de los cuales tiene una flor de color amarillo brillante. El cáliz y la corola están compuestos de cinco sépalos y cinco pétalos, respectivamente (Valadez, 1996).

La inflorescencia se forma a partir del 6to. ó 7mo. nudo, y cada 1 ó 2 hojas se encuentran las flores, en plantas de hábito indeterminado se forman a partir de 7mo. ó 10mo. nudo y cada cuatro hojas.

El fruto del tomate es una baya compuesta por varios lóculos, pudiendo constar desde dos (bilocular) hasta tres o más lóculos (multilocular); los cultivares comerciales pertenecen al tipo multilocular.

El color más común del fruto es el rojo, pero existen amarillos, naranjas y verdes, siendo su diámetro comercial aproximado de 10 cm (Valadez, 1996).

Clasificación Taxonómica.

Familia : Solanaceae

Género: *Lycopersicon*

Especie: *esculentum*

Nombre común: Jitomate o tomate

Var. 'commune': Tomate común

Var. 'vrandifolium': Tomate de hoja de papa

Var. 'validium': Tomate arbusto o erecto

Var. 'cerasciforme': Tomate cherry

Var. 'pyriforme': Tomate pera.

Estructura Anatómica e Histológica de la Planta

En la planta el tallo, el peciolo y el pedúnculo, tienen gran importancia para la planta, ya que son indispensables para la traslocación de nutrientes, agua, fotosintatos y otros compuestos químicos que requiere la planta para su crecimiento y desarrollo; así como otras funciones importantes como la de dar sostén a la estructura aérea de la planta, como son hojas, flores y frutos; entre otras de las funciones que son indispensables para la vida de las plantas. Pues si bien estas estructuras son importantes para la planta, no hay suficiente información que describa detalladamente la anatomía de cada una de ellas; por otro lado se sabe que la estructura anatómica de tallo, peciolo y pedúnculo es parecida en forma cualitativa, es por ello que describiremos en la siguiente revisión, la constitución anatómica, basándonos en el tallo.

El tallo tiene una estructura en la cuál debajo de la epidermis se encuentra el córtex o corteza cuyas células externas tienen clorofila y son fotosintéticas, mientras las más internas son de tipo colenquimático y ayudan a soportar el tallo. La capa cortical más interna es la endodermis, que separa el córtex del cilindro vascular.

Toda la estructura vascular y las células parenquimáticas que lo rodean, y el periciclo se disponen en forma de tubo alrededor de un tejido medular. Existen capas de floema tanto interiores como exteriores a un tubo cilíndrico de fibras de xilema. A medida que se desarrolla el floema secundario, el floema externo forma un cilindro más continuo. La importancia del xilema secundario depende de las condiciones de cultivo y está relativamente más desarrollado en los tallos delgados de crecimiento lento, donde las

células medulares son mayores. En el extremo del tallo principal se encuentra el meristemo apical, una región de división celular activa donde se inician los nuevos primordios foliares y florales. Tiene forma de cúpula y está protegido por las hojas recién formadas (Picken *et al.*, 1986,).

Cambium Vascular

Este meristemo se encuentra entre el xilema y el floema primario de la raíz y del tallo y rara vez en peciolos y yemas foliares que presentan crecimiento en grosor. En los tallos, los tejidos vasculares están generalmente en haces (llamados también fascículos), o sea cordones que corren longitudinalmente el tallo; cada fascículo está constituido por xilema y floema, quedando orientados el primero hacia el centro del tallo y el segundo hacia la periferia. El cambium vascular situado entre el xilema y el floema de un haz o fascículo, se denomina cambium fascicular. Los haces vasculares están separados entre sí, por los radios medulares o zonas interfasciculares formados por tejido parenquimatoso; el parénquima localizado al nivel del cambium fascicular sufre una diferenciación, adquiriendo la facultad de dividirse, transformándose en un meristemo, al que se le llama cambium interfascicular. El cambium fascicular e interfascicular, forman un cilindro continuo llamado cambium vascular (Esau, 1953).

Las células del cambium vascular se dividen tangencialmente por lo que producen células hacia adentro, que se diferenciarán en xilema secundario y hacia fuera que se transformarán en floema secundario. El cambium vascular tiene una mayor producción hacia adentro; por lo tanto habrá una mayor producción de xilema (Esau, 1953).

Por ser tangenciales las divisiones de las células del cambium vascular forman filas radiales de células, tanto en el xilema, como en el floema secundarios. En el cambium vascular se pueden distinguir dos tipos de células: Células Fusiformes. Son células alargadas, terminadas en punta y dan origen al sistema vertical de los tejidos vasculares secundarios. Las células Radiales, son células pequeñas e isodiamétricas, y darán origen al sistema horizontal de los tejidos vasculares secundarios (Esau, 1953).

En las plantas de clima tropical, la actividad del cambium vascular es más o menos constante. Sin embargo en las plantas de climas con estaciones marcadas, la actividad del cambium cesa cuando las condiciones del medio son desfavorables (baja temperatura), pasando por el período de reposo y la actividad del cambium se reanuda al volver las condiciones propicias (aumento de la temperatura); por lo tanto, durante la primavera el cambium vascular inicia su actividad, la cual cesa en el otoño; por lo que en plantas de estaciones marcadas se puede observar el incremento en grosor de un órgano que se ha efectuado durante un año de vida de la planta; este aumento se logra ver solamente en el xilema secundario por la producción de un anillo anual de crecimiento, en el floema no hay producción de estos anillos. Se ha observado que el inicio en la actividad del cambium vascular en la primavera, está relacionado con las yemas jóvenes del tallo, ya que en ellas se producen hormonas de crecimiento que también activan al cambium vascular; el cambium vascular cercano a las yemas jóvenes inicia su actividad más tempranamente que el cambium alejado de estas yemas (Esau, 1953).

Sistema Fundamental

Se incluyen los tejidos de relleno y algunos de sostén de una planta. Los tejidos de relleno pueden efectuar diferentes funciones como fotosíntesis, reserva de alimentos y de agua; los tejidos de sostén dan resistencia con flexibilidad a la planta. En este sistema se agrupan: parénquima, colénquima, esclerénquima (Esau, 1953).

Parénquima.

El parénquima es el tejido de relleno o tejido fundamental en órganos con tejidos primarios, constituyendo la médula y corteza en raíces y tallos, el mesófilo en las hojas, el tejido fundamental en frutos carnosos y el endospermo en las semillas, además se les encuentra en el xilema y floema primarios y secundarios, así como constituyendo a la felodermis de la peridermis. Por lo tanto su origen es variado, en caso de formar parte de los tejidos primarios, su origen es a partir del meristemo fundamental; el parénquima del xilema y floema primario se origina a partir del procambium; en el xilema y floema primario secundario es a partir del cambium vascular; en la felodermis es su origen a partir del felógeno (Esau, 1953).

Al parénquima morfológicamente se le considera un tejido primitivo y el precursor de otros tejidos. En las briofitas, constituye el tejido principal de la planta. Las células parenquimatosas tienen la capacidad en ciertos casos, de diferenciarse y adquirir nuevamente propiedades meristemáticas, por lo que es importante en la formación de meristemas secundarios, procesos de cicatrización, formación de raíces y yemas adventicias. Este tejido está constituido por células vivas, generalmente isodiamétricas, sin

embargo pueden encontrarse otras formas: estrelladas, tabulares, alargadas, etc. Las células isodiamétricas generalmente son poliedros, siendo el número promedio 14 caras, lo que representa un mayor volumen con una mayor superficie; el número de caras puede ser mayor o menor al citado. También existen células alargadas fusiformes llamadas células prosenquimáticas. En la mayoría de los casos las células parenquimatosas dejan espacios intercelulares de tamaño variado dependiendo del órgano y de la especie; los espacios pueden ser o no continuos (Esau, 1953).

Las células generalmente presentan pared celular delgada, con pared primaria, sin embargo en algunos casos como en el endospermo del dátil, café, espárrago, etc., la pared primaria es gruesa y está constituida principalmente por hemicelulosa que es un carbohidrato aprovechado en la germinación. En el xilema secundario las células parenquimatosas pueden presentar pared secundaria y lignificación. El contenido celular varía dependiendo del estado metabólico de la planta, así como de la función que desempeña el parénquima, por lo tanto se pueden distinguir tres tipos de parénquima: parénquima clorofilo, parénquima de reserva y aerénquima (Esau, 1953).

Colénquima.

El colénquima es un tejido vivo que tiene como función el sostén de la planta. Morfológicamente se caracteriza por presentar células un poco alargadas, aunque en ciertos casos pueden ser isodiamétricas. Presentan pared celular con pared primaria la cual sufre engrosamientos desiguales constituido principalmente por celulosa, sustancias pécticas y agua (Esau, 1953).

Sistema Vascular.

En este sistema se incluyen a los tejidos conductores de la planta que son el xilema y el floema. El origen de estos tejidos puede ser primario o secundario. El xilema y floema primarios son típicos de las monocotiledoneas o de las primeras fases de desarrollo de los órganos con crecimiento secundario, (raíz y tallo de gimnospermas y dicotiledóneas) su origen es a partir del procambium vascular y en los órganos con crecimiento secundario. La localización del xilema y floema primario varía dependiendo del órgano de que se trate, así como a la categoría taxonómica a la que pertenezca la planta (Esau, 1953) .

Xilema. El xilema es el principal tejido conductor de agua y sirve también como tejido de sostén. La conducción de agua es en dirección acrópeta. El xilema es un tejido complejo constituido por varios tipos de células: elementos traqueales, fibras, parénquima (Esau, 1953).

Elementos Traqueales.- Son los elementos conductores del xilema. En las plantas vasculares inferiores están presentados principalmente por las traqueidas, en tanto que en clamidospermas, angiospermas y algunas plantas vasculares más simples como *Selaginella*, *Equisetum* y algunos helechos aparecen además los vasos leñosos o tráqueas (Esau, 1953).

Fibras.- Su función es proteger a los elementos de conducción, sin embargo si las fibras conservan su protoplastos, pueden intervenir en la conducción del agua (Esau, 1953).

Parénquima.- Entre los elementos del xilema primario y secundario, existen células parenquimatosas que permanecen vivas. En el xilema secundario las células parenquimatosas pueden ser leñosas acomodadas en dirección vertical, o radicales constituyendo los radios xilemáticos. Las células parenquimatosas almacenan reservas, principalmente almidón y grasas; frecuentemente presentan engrosamientos de la pared debido a la aparición de pared secundaria lignificada (Esau, 1953).

Floema. El floema es el principal tejido conductor de material alimenticio, efectuándose la conducción en direcciones basípeta o acrópeta. Al igual que el xilema, el floema es un tejido complejo constituido por diferentes elementos, sin embargo como el floema no tiene gran valor comercial (a excepción de las fibras comerciales), son menos detallados los estudios hechos sobre los elementos del floema. El floema consta de: Elementos cribosos, células acompañantes, fibras, esclereidas, células parenquimatosas (Esau, 1953).

Elementos Cribosos.- Son los elementos más especializados del floema y se encarga de la conducción de las sustancias. Consta de células cribosas y miembros de los tubos cribosos, siendo los primeros menos especializados; en ambos casos las células se mantienen vivas mientras el floema es funcional y su acomodo es en series longitudinales (Esau, 1953).

Células Acompañantes.- Tienen el mismo origen que los miembros de los tubos cribosos ya que durante la formación del tubo, la célula sufre una división longitudinal desigual, quedando la célula de mayor tamaño como miembro del tubo y la más angosta

como célula acompañante. La célula acompañante puede tener la misma longitud del miembro del tubo o ser más corta por presencia de una o más divisiones transversales. Estas células son típicas de las angiospermas y no de las gimnospermas y plantas vasculares inferiores, sin embargo en estos grupos existen las células albuminosas que son de origen parenquimatoso y no contienen almidón (Esau, 1953).

Fibras.- Las fibras se encuentran como componentes normales tanto del floema primario como secundario. Las fibras forman pared secundaria cuando han terminado su crecimiento en longitud pudiéndose o no lignificar, en estos casos las fibras actúan como elementos de sostén (Esau, 1953).

Esclereidas.- Estas células se encuentran solamente en el floema no funcional de algunas especies, generalmente se forman a partir de células parenquimatosas en las que existe engrosamiento de la pared celular. En ocasiones existen estructuras intermedias entre esclereidas y fibras, a las que se les denomina fibroesclereidas (Esau, 1953).

Células Parenquimatosas.- Existen tanto en el floema primario como secundario y su función básica es el almacén de reservas tales como almidón, grasas, cristales, taninos, etc. En el floema secundario las células parenquimatosas se encuentran tanto en el sistema axial (vertical), constituyendo el parénquima floemático que puede presentar células fusiformes o cordones de células cortas, como en el sistema radial (horizontal), los radios floemáticos que son continuos con los radios xilemáticos (Esau, 1953).

Algunos Factores que Afectan el Desarrollo de la Planta.

Hierro.

En plantas y otros organismos una gran parte del Fe presente se encuentra asociado con porfirinas. Las porfirinas con el Fe de animales son principalmente moléculas hemo, como las encontradas en la hemoglobina, mientras que en las plantas los citocromos son los más comunes. Los citocromos se encuentran como partes funcionales de los sistemas respiratorio y fotosintético y su propiedad más importante, la función redox, se deriva de la capacidad del Fe de ser oxidado de manera reversible de Fe (II) , a Fe(III) (Benavides, 2000).

El contenido normal de Fe en base seca en el tejido vegetativo de las hortalizas es de 50-300 ppm. En condiciones estándar con pH igual a 7 la concentración de Fe derivado del $\text{Fe}(\text{OH})_3$, es de 2×10^{-18} Molar, y se requiere un pH de 4 para lograr espontáneamente una concentración de 2×10^{-9} Molar .Las plantas tienen dos diferentes vías o estrategias por medio de las cuales son capaces de aumentar la disponibilidad de Fe (III) en la solución de agua del suelo y causar cambios en la anatomía de la planta, como sucede en la estrategia I donde la acidificación de la rizósfera es realizada a través de la excreción de iones hidrógeno y ácidos orgánicos, actividad realizadas por las células de transferencia. Estas células especializadas son inducidas diferencialmente por la carencia de Fe y se localizan en la epidermis de raíces (Brown and Jolley, 1989). Los hidrógenos provienen de una ATPasa asociado a la membrana plasmática y los ácidos orgánicos, principalmente citrato y malato, provienen de la actividad de la PEPcarboxilasa de la raíz cuya actividad se

ve aumentada en ausencia de Fe. En el caso de las gramíneas con estrategia II, estas producen ácidos orgánicos pero aparentemente no excretan protones (Bienfait,1988).

Luz

La irradiancia y la calidad espectral son determinantes en las características de la epidermis foliar. Allard et al. (1991 a) encontraron que la densidad estomática total fue menor en un 17-24 % en plantas sometidas a baja irradiancia ($600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de PPF), encontrando además una reducción mayor en la superficie abaxial que en la adaxial. Lo mismo fue observado por Woledge (1971) quien además reportó la ausencia de diferencias en la forma de las células guarda entre hojas desarrolladas en condiciones de alta y baja irradiancia.

Para el caso de los pastos la división celular en la epidérmis y la formación de estomas ocurre principalmente en los 2 mm basales de la lámina foliar; este proceso se presenta varios días antes de que termine la división celular en el mesófilo y el tejido foliar sea expuesto totalmente al medio ambiente (MacAdam et al., 1989). Este punto es importante ya que, al igual que en las dicotiledóneas (Borthwick y Parker, 1940), la determinación de ciertas capacidades de la planta entera o de algunos de los órganos es realizada muy tempranamente durante la ontogenia (Allard et al., 1991 a). Aparentemente este proceso se encuentra regulado por las señales del ambiente lumínico percibidas por el

propio órgano en desarrollo y por los órganos más viejos ya presentes (Zinsou y Schoch, 1979).

La anatomía foliar es importante en la determinación de los trayectos de los rayos luminosos y de la reflexión interna en los tejidos. Allard et al. (1991 a) encontraron un incremento de 25% en la cantidad de espacio aéreo en el mesófilo de plantas (*Festuca arundinacea* Schreb.) desarrolladas en condiciones de baja irradiancia en comparación con plantas desarrolladas en alta irradiancia.

Se sabe que el balance espectral R:FR modifica la morfología y anatomía foliar. Kasperbauer y Hamilton (1984) encontraron que los cloroplastos de plantas sometidas a balance R:FR bajo presentaron mayor cantidad de grana que los de plantas bajo la condición inversa.

Función del Nitrato en la Planta

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 que regula el metabolismo del carbono (Scheible *et al.*, 1997a), controla la turgencia celular (Seginer *et al.*, 1998), 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 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. 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) o 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 postcosecha o anaquel de la fruta.

MATERIALES Y METODOS

Localización del Área Experimental

El trabajo experimental se realizó en el invernadero número 3 del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” situado 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 cenital pasiva y cortinas movibles.

Descripción de Materiales

Se utilizaron dos cultivares de tomate de crecimiento determinado; dichas plantas se tomaron de semillas previamente germinadas, las cuales se transplantaron en botes de 20 litros con peat moss Premier # 3 como sustrato. Se utilizó como fertilizante, una solución nutritiva modificada con diferentes niveles de nitrato, de acuerdo con lo descrito por Douglas (1976). El nitrógeno se aplicó en cuatro concentraciones:

Dosis alta: 14.4 mMol NO₃⁻ (750 ppm)

Testigo: 10.4 mMol NO₃⁻ (550 ppm)

Dosis media: 6.4 mMol NO₃⁻ (350 ppm)

Dosis baja: 2.4 mMol NO₃⁻ (150 ppm)

Diseño Experimental

El diseño experimental fue un completamente al azar con 2 cultivares, 4 niveles de nitrato y 10 repeticiones, totalizando 80 unidades experimentales.

Además el trabajo de investigación constó de dos etapas, una que fue evaluar el rendimiento respecto a los cuatro tratamientos de nitrato que se aplicaron, y la otra etapa consistió en evaluar los mismos tratamientos a nivel anatómico. La etapa de Laboratorio consistió en:

Trabajo de Microtomía

Los cortes y análisis histológicos se realizaron en Laboratorio de Citogenética ubicado en el Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN; los principales materiales utilizados fueron: un microtomo de mano “820” Spencer, American Optical, microscopio compuesto Carl Zeiss de fotografía, estufa GCA Precision Scientific THELCO modelo 18, para control de temperatura.

Procedimiento

Para el trabajo de microtomía se realizaron cortes transversales de peciolo (de la tercera y quinta hojas), pedúnculos del fruto y tallo primario de las plantas establecidas en el invernadero, cuando estas tenían frutos de 1 cm. de diámetro aproximadamente.

Fijación

El efecto del fijador es conservar los tejidos con un mínimo de alteraciones, se utilizaron frascos de 250 ml que contenían el fijador FAA (ácido acético glacial 5 cc, alcohol al 70% 90 cc, formaldeído 36.40%, 5 cc). Las muestras se colocaron en el fijador inmediatamente después de su colecta en el invernadero, se clasificaron por tratamiento, cultivar, y del órgano de la planta de donde se obtuvo; se conservaron a temperatura ambiente hasta que se inició el trabajo de laboratorio.

Deshidratación

Consiste en quitar el agua de los tejidos fijados y endurecidos. El procedimiento consistió en pasar los cortes por diferentes soluciones deshidratantes, de mayor a menor concentración, las soluciones fueron de alcohol etílico, al 50%, 60% 70% 85%, 96% + eosina, alcohol 96°, siguiendo con alcohol etílico absoluto I, alcohol absoluto II, alcohol absoluto + xilol a diferentes proporciones (3:1, 1:1, 1:3); esto se realizó con intervalos de dos horas.

Infiltración e Inclusión

Los cortes se colocaron en frascos con xilol puro, se agregó parafina y se metieron en la estufa a 35°C por 24 horas, después de este tiempo se les agregó más parafina y se elevó la temperatura de la estufa a 45°C , después de esto se hizo el cambio a parafina pura, luego la temperatura se elevó a 55°C por 24 horas; el último paso de la infiltración se agregó más parafina y se elevó la temperatura a 60°C por 24 horas.

Se utilizaron vasitos desechables como moldes, se vació parafina en estos y con la ayuda de una aguja de disección se extrajeron los cortes de los frascos y se colocaron uno sobre otro en los moldes, se colocó un solo tipo de corte por vasito (en uno pecíolo, en otro tallo y en otro pedúnculo); cuando la parafina estaba casi sólida se colocaron las etiquetas hechas de cartoncillo especificando el tratamiento y el tipo de corte, y se dejaron a temperatura ambiente hasta solidificar.

Corte en Microtomo

Posteriormente se montó el pedazo de parafina con la muestra sobre la platina del microtomo, calentando ésta para que se pegara perfectamente; luego que la parafina se fijó se le quitó nuevamente la parafina sobrante. Posteriormente se colocó el bloque en el microtomo y se niveló y orientó hacia la cuchilla previamente limpia. El microtomo se graduó a 10 micras y dando vuelta a la manivela se obtenía una tira larga de parafina con los cortes transversales.

Fijación de los Cortes en Portaobjetos

Sobre un portaobjetos limpio se untó uniformemente adhesivo de Haupt (1 gr de gelatina, 15 cc de glicerina, 2 gr de metabisulfito de Sodio por cada 100 cc de agua destilada. Con un gotero se aplicó una gota de formalina y se colocó encima una tira de parafina con 4 ó 5 cortes de muestra dependiendo del tamaño del tejido, enseguida se retiró el exceso de adhesivo con un trapo limpio luego se calentó suavemente la preparación pasándola sobre la flama de un mechero de alcohol, esto con el objeto de que los cortes se extendieran y se fijaran bien al portaobjetos, esto se realizó con mucho cuidado para evitar que la parafina se derritiera y el tejido se deshiciera. Las preparaciones duraron una semana para que quedaran bien fijadas, enseguida se les puso la identificación con un plumón en un extremo del portaobjetos.

Coloración

Se prepararon una serie de reactivos, en frascos Coplin con capacidad para ocho portaobjetos cada uno. Se colocaron las preparaciones de manera que el tejido quedara hacia la derecha, esto para identificar la muestra ya que al meterlas al alcohol y al estar todas orientadas al mismo lado al momento de agarrarlas con las pinzas, no se maltrata al tejido de la preparación siguiente.

Con las pinzas las preparaciones se pasaron por los primeros tres frascos que contienen xilol puro I, xilol puro II, xilol puro III (que se utilizan para quitar la parafina) por un tiempo de 10 minutos en cada uno; posteriormente se cambiaron a frascos con alcohol etílico absoluto a 96%, 85%, 70%, 60%, y 50% por 5 minutos en cada frasco, después de enjuagarlas con agua destilada, se pasan a una solución de safranina (1 gr de

safranina en 100 cc de agua destilada), donde duran un tiempo mínimo de 3 horas y máximo de 24 horas; lo siguiente fue pasarlas unos cuantos segundos por una serie de enjuagues, agua normal, agua destilada, alcohol etílico al 50%, alcohol etílico 60%, alcohol etílico 70%, alcohol etílico 85%, alcohol etílico 96%. Posteriormente las preparaciones se pasaron a una solución colorante verde rápido (0.5 verde rápido en 100 cc de alcohol 96°) por un tiempo de 5 segundos, se pasaron a los enjuagues de alcohol etílico 96°, alcohol absoluto I, alcohol absoluto II, y se pasaron a xilol puro I, xilol puro II, xilol puro III por 10 minutos en cada uno de los frascos (para completar el proceso de deshidratación). Después de sacar las muestras del último frasco se escurrieron y se llevó a cabo el proceso de montaje colocándole a las preparaciones unas gotas de bálsamo de Canadá como pegamento, tratando de poner las gotas enmarcando los cortes y colocándole el cubreobjetos; se quitaron los excesos de pegamento con una toalla de papel, se dejaron secando en las gradillas por una semana aproximadamente.

Selección de Muestras para Fotografía

Ya que las preparaciones estuvieron montadas y secas, se observaron en el microscopio para seleccionar las preparaciones que se deseaba microfotografiar, para esto se observó que no estuvieran rotos los tejidos, ni con bordes doblados o dañados en exceso, que no estuvieran sobrecoloreados y que se pudiera observar los tejidos de interés, una vez seleccionadas se marcaron y se llevaron al siguiente proceso.

Microfotografía

A los tejidos seleccionados se les tomó microfotografías a dos aumentos, 2.5 x y 10 x, y se imprimieron en papel fotográfico F-3 blanco y negro en el cuarto oscuro. Y por último se realizaron las comparaciones de las fotografías.

Variable de Rendimiento. La otra etapa del trabajo fue la producción de fruta que se evaluó en rendimiento total de los dos cultivares; determinándose 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.

RESULTADOS

Figura 4.1. Observaciones Realizadas en Tallos del Cultivar 'Winner'(2.5 x)

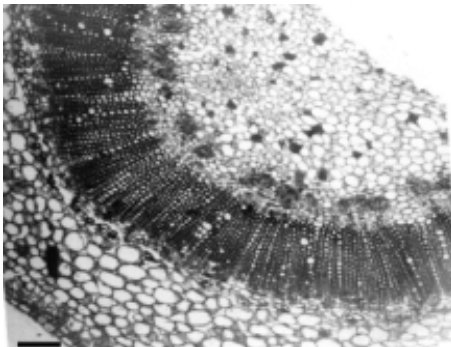


Figura 4.1.1. Corte transversal (2.5x) de tallo de tomate 'Winner' con 150 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

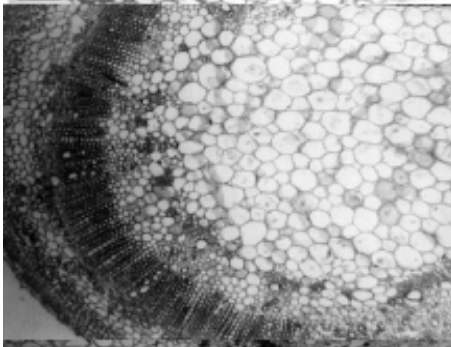


Figura 4.1.2. Corte transversal (2.5x) de tallo de tomate 'Winner' con 350 ppm de nitrato en la solución nutritiva.



Figura 4.1.3. Corte transversal (2.5x) de tallo de tomate 'Winner' con 550 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

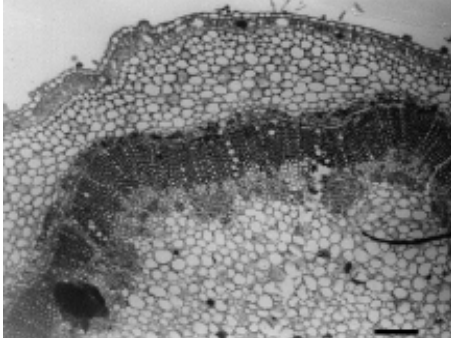


Figura 4.1.4. Corte transversal (2.5x) de tallo de tomate 'Winner' con 750 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Un resumen descriptivo de las características observadas en el tallo se anota en el Cuadro 4.1.

Fig 4.1.1. Es posible apreciar la presencia de células del parénquima medular pequeñas, células del parénquima cortical más grandes que las anteriores, cambium vascular más grueso que el resto de los tratamientos, con pocos vasos de xilema, muchas fibras acomodadas linealmente.

Fig 4.1.2. Células del parénquima medular más grandes que las del tratamiento anterior, células de parénquima cortical muy pequeñas, cambium vascular un poco más delgado que el anterior, poco xilema y muy disperso sobre el cambium, fibras muy pequeñas acomodadas en forma lineal; el floema que se encuentra al lado del parénquima cortical casi no se distingue y el que se encuentra en la parte de la médula se encuentra en pequeñas agrupaciones en toda la muestra.

Fig 4.1.3. Se aprecian células del parénquima cortical más grandes que las del tratamiento con 350 ppm de nitrato, pero más chicas que las del tratamiento con 150 ppm, son aplanadas y de diferentes formas; cambium vascular poco parecido a los de los tratamientos anteriores, casi no se distinguen los haces vasculares, las células de parénquima medular varían mucho en cuanto a tamaño y forma.

Fig 4.1.4. Las células del parénquima cortical tienen aparentemente el mismo tamaño que las del parénquima medular, son pequeñas y redondas, el cambium vascular tiene forma isodiamétrica, su grosor es igual al del tratamiento con 350 ppm de nitrato, la cantidad de xilema es poca, y el floema se observa mucho más que en los tratamientos anteriores.

Figura 4.2. Observaciones Realizadas en Tallos del Cultivar ‘Winner’(10 x)

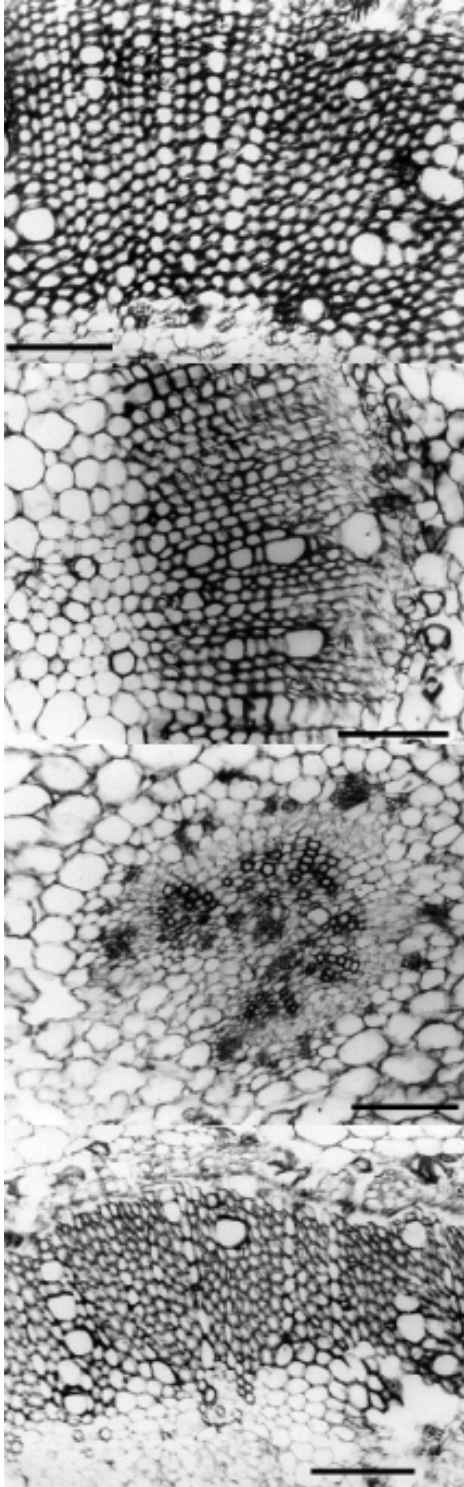


Figura 4.2.1. Corte transversal (10x) de tallo de tomate ‘Winner’ con 150 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Figura 4.2.2. Corte transversal (10x) de tallo de tomate ‘Winner’ con 350 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Figura 4.2.3. Corte transversal (10x) de tallo de tomate ‘Winner’ con 550 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Figura 4.2.4. Corte transversal (10x) de tallo de tomate ‘Winner’ con 750 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Un resumen descriptivo de las características observadas en el tallo se anota en el Cuadro 4.4.

Fig. 4.2.1. Los vasos de xilema se ven grandes y redondos pero son pocos, hay muchas fibras acomodadas en forma lineal y las células del parénquima medular son de mediano tamaño.

Fig. 4.2.2. Cambium vascular un poco más delgado que el del tratamiento con 150 ppm de nitrato, la cantidad de vasos de xilema es menor de igual tamaño que desde el tratamiento anterior, son un poco ovalados, las células del parénquima cortical son grandes y de diversas formas y las células del parénquima medular son grandes y de forma redonda.

Fig. 4.2.3. Los haces vasculares se encuentran agrupados, los vasos de xilema son pequeños rodeados de pequeños grupos de floema, las células de parénquima son muy grandes en comparación con los dos primeros tratamientos.

Fig. 4.2.4. El cambium vascular tiene el mismo grosor que el tratamiento con 350 ppm, tiene vasos de xilema de igual tamaño que los tratamientos con 150 y 350 ppm, pero en cantidad son un poco menos; las células de parénquima medular son pequeñas en comparación con las anteriores, pero las células de parénquima cortical son muy grandes.

Figura 4.3. Observaciones Realizadas en Pedúnculos del Cultivar ‘Winner’(2.5x)

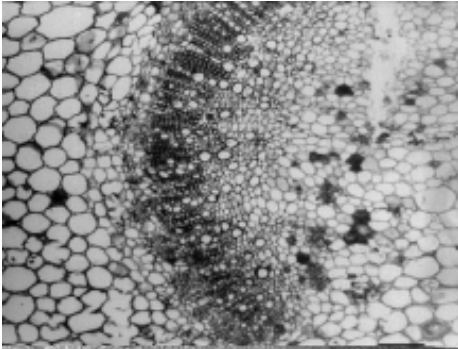


Figura 4.3.1. Corte transversal (2.5x) de pedúnculo de tomate ‘Winner’ con 150 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

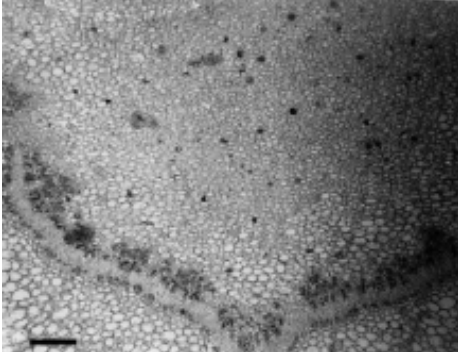


Figura 4.3.2. Corte transversal (2.5x) de pedúnculo de tomate ‘Winner’ con 350 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

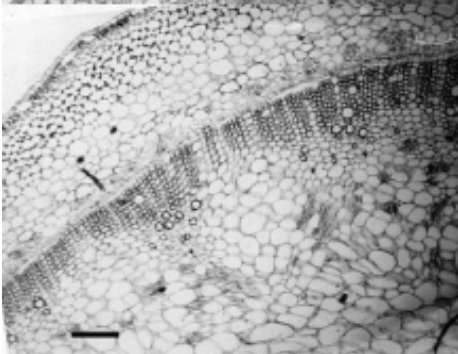


Figura 4.3.3. Corte transversal (2.5x) de pedúnculo de tomate ‘Winner’ con 550 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

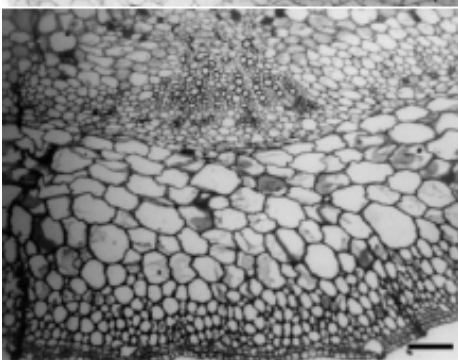


Figura 4.3.4. Corte transversal (2.5x) de pedúnculo de tomate ‘Winner’ con 750 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Un resumen descriptivo de las características observadas en el pedúnculo se anota en el Cuadro 4.2.

Fig. 4.3.1. Tejido vascular con gran número de vasos de xilema y floema, células de parénquima grandes.

Fig. 4.3.2. Tejido vascular muy angosto con poca cantidad de vasos de xilema y muy pequeños, muchas células de parénquima y también muy pequeñas.

Fig. 4.3.3. Tejido vascular un poco más ancho que del tratamiento con 350 ppm de nitrato, pero más angosto que del tratamiento con 150 ppm, pocos vasos de xilema y agrupados aisladamente, células del parénquima medular grandes, y células del parénquima cortical más pequeñas.

Fig. 4.3.4. Tejido vascular en grupitos aislados con gran cantidad de vasos de xilemas pequeños, floema bien identificado, células de parénquima cortical muy grandes.

Figura 4.4. Observaciones Realizadas en Pedúnculos del Cultivar 'Winner'(10x)

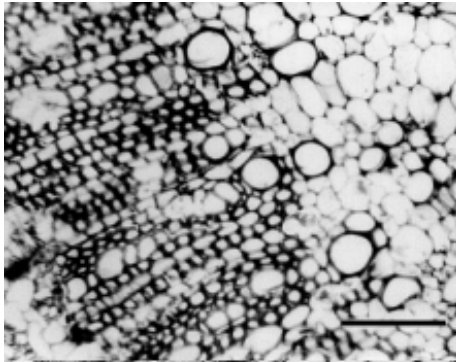


Figura 4.4.1. Corte transversal (10x) de pedúnculo de tomate ‘Winner’ con 150 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

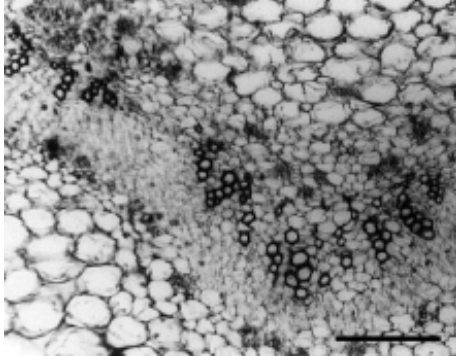


Figura 4.4.2. Corte transversal (10x) de pedúnculo de tomate ‘Winner’ con 350 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

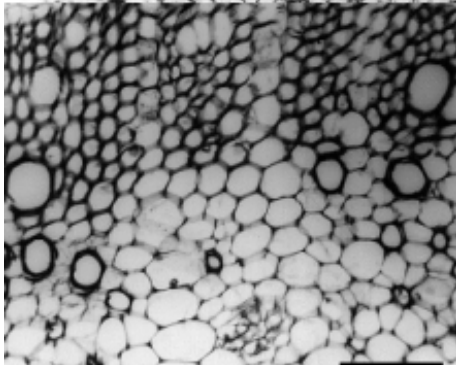


Figura 4.4.3. Corte transversal (10x) de pedúnculo de tomate ‘Winner’ con 550 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

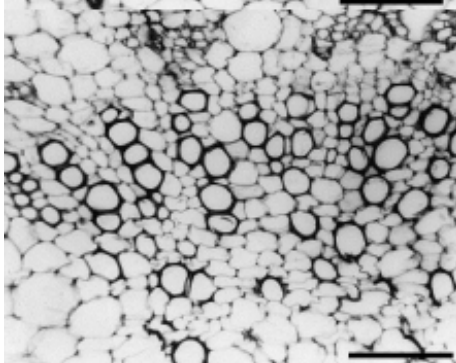


Figura 4.4.4. Corte transversal (10x) de pedúnculo de tomate ‘Winner’ con 750 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Un resumen descriptivo de las características observadas en el pedúnculo se anota en el Cuadro 4.5.

Fig. 4.4.1. Vasos de xilema grandes y cargados hacia la medula, hay muchas fibras, células de parénquima medular grandes y redondas.

Fig. 4.4.2. Tejido vascular de forma isodiamétrica, vasos de xilema pequeños y agrupados en cadena, floema cubriendo el xilema, células del parénquima grandes.

Fig. 4.4.3. Muy pocos vasos del xilema pero grandes, fibras acomodadas en forma lineal, células del parénquima grandes y redondas.

Fig. 4.4.4. Mayor número de vasos de xilema, más grandes que los del tratamiento con 350 ppm de nitrato, pero más chicos que los del tratamiento con 150 y 550 ppm, células de parénquima muy grandes y redondos.

Figura 4.5. Observaciones Realizadas en Peciolos del Cultivar ‘Winner’(2.5x)

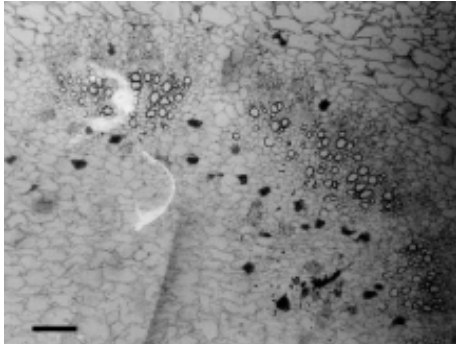


Figura 4.5.1. Corte transversal (2.5x) de peciolo de tomate ‘Winner’ con 150 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

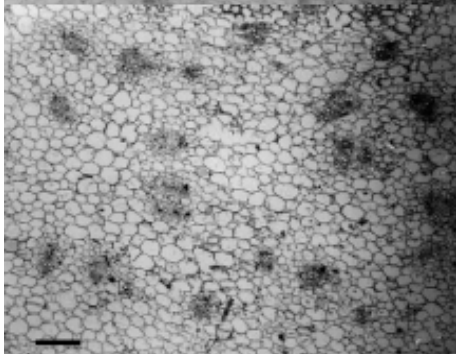


Figura 4.5.2. Corte transversal (2.5x) de peciolo de tomate ‘Winner’ con 350 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

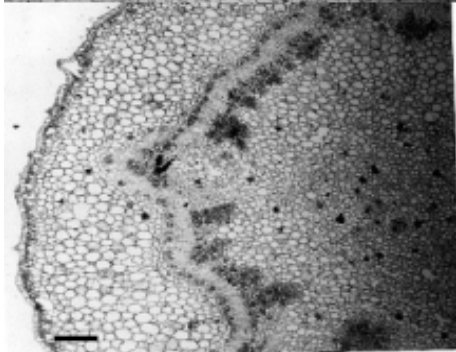


Figura 4.5.3. Corte transversal (2.5x) de peciolo de tomate ‘Winner’ con 550 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

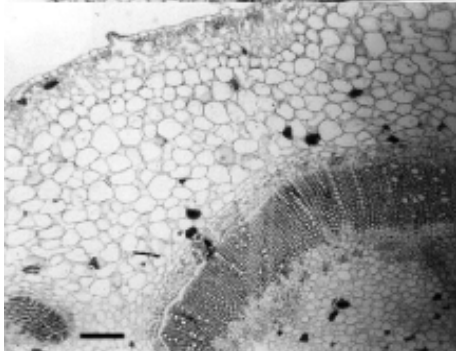


Figura 4.5.4. Corte transversal (2.5x) de peciolo de tomate ‘Winner’ con 750 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Un resumen descriptivo de las características observadas en el pecíolo se anota en el Cuadro 4.3.

Fig. 4.5.1. Células de parénquima grandes, vasos de xilema grandes en comparación con los otros tratamientos y en cantidad son muchos.

Fig. 4.5.2. Los haces vasculares se encuentran en grupitos pequeños en todo el corte, los vasos de xilema son muy pequeños rodeados de floema y las células de parénquima son pequeñas y más redondas que los del tratamiento con 150 ppm.

Fig. 4.5.3. Células de parénquima cortical y medular muy pequeñas, y los vasos del xilema también son muy pequeños.

Fig. 4.5.4. Células de parénquima cortical son más grandes que las de tratamiento con 150 , 350, y 550 ppm de nitrato, y las células de parénquima medular son muy pequeñas, mayor cantidad de vasos de xilema que el tratamiento son 350 y 550 ppm de nitrato.

Figura 4.6. Observaciones Realizadas en Peciolos del Cultivar ‘Winner’ (10x)

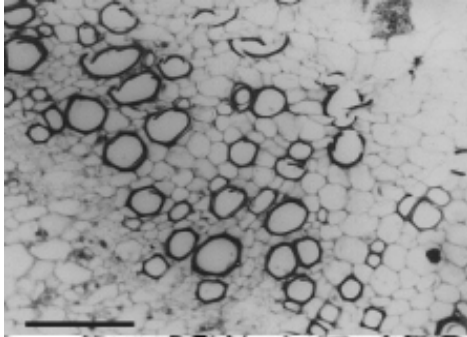


Figura 4.6.1. Corte transversal (10x) de peciolo de tomate ‘Winner’ con 150 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

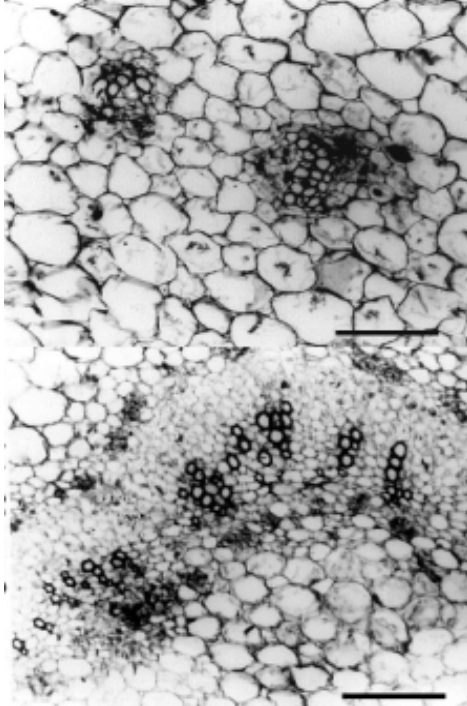


Figura 4.6.2. Corte transversal (10x) de peciolo de tomate ‘Winner’ con 350 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

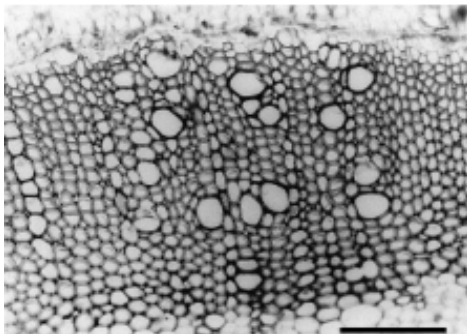


Figura 4.6.4. Corte transversal (10x) de peciolo de tomate ‘Winner’ con 750 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Un resumen descriptivo de las características observadas en el peciolo se anota en el Cuadro 4.6.

Fig. 4.6.1. Vasos de xilema grandes y sin orden, células de parénquima más pequeñas que las de resto de los tratamientos.

Fig. 4.6.2. Los haces vasculares se encuentran en grupos, los vasos del xilema son pequeños rodeados de floema, las células de parénquima son muy grandes y de diferentes formas.

Fig. 4.6.3. Gran número de vasos de xilema pero pequeños, floema muy visible, las células de parénquima son más grandes que las del tratamiento con 150 y 750 ppm de nitrato, pero más chicas que las del tratamiento con 350 ppm.

Fig. 4.6.4 Vasos de xilema más grandes que los del tratamiento con 350 y 550 ppm de nitrato, pero ligeramente más chicos que los del tratamiento con 150 ppm, muchas fibras acomodadas linealmente.

Figura 4.7. Observaciones Realizadas en Tallos del Cultivar ‘Yaqui’ (2.5x)

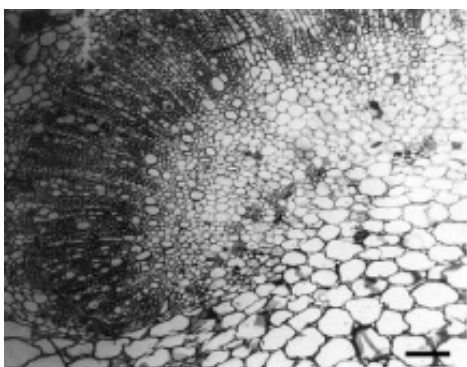


Figura 4.7.1. Corte transversal (2.5x) de tallo de tomate ‘Yaqui’ con 150 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

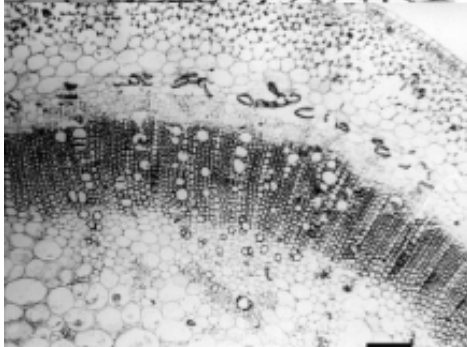


Figura 4.7.2. Corte transversal (2.5x) de tallo de tomate ‘Yaqui’ con 350 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

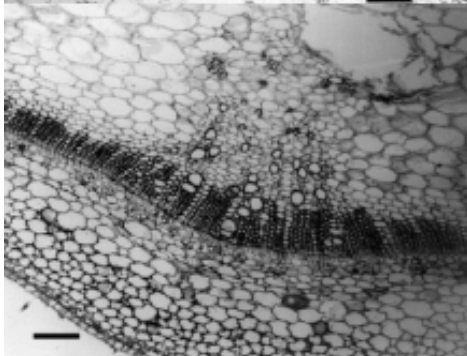


Figura 4.7.3. Corte transversal (2.5x) de tallo de tomate ‘Yaqui’ con 550 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Un resumen descriptivo de las características observadas en el tallo se anota en el Cuadro 4.1.

Fig. 4.7.1. El cambium vascular no está completo, tiene forma de riñón, las células del parénquima medular son muy grandes, el cambium vascular es grueso, los vasos del xilema que están cerca de la médula son más grandes que los que están cerca del cortex, son gran cantidad y también de floema.

Fig. 4.7.2. El cambium vascular es más delgado que el del tratamiento con 150 ppm de nitrato, hay gran número de vasos de xilema y tiene un poco más que el tratamiento con 150 ppm, las células del parénquima medular son muy grandes y redondas.

Fig. 4.7.3. Células de parénquima medular grandes, las del parénquima cortical son más chicas, cambium vascular muy delgado en comparación con los del tratamiento con 150 y 350 ppm, pocos vasos de xilema y floema.

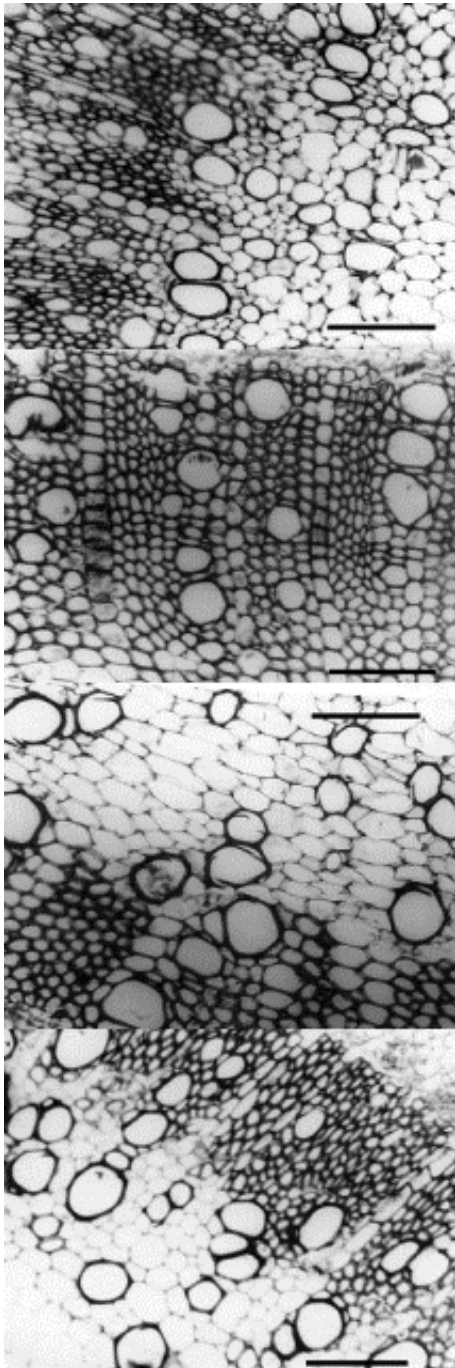


Figura 4.8. Observaciones Realizadas en Tallos del Cultivar ‘Yaqui’ (10x)

Figura 4.8.1. Corte transversal (10x) de tallo de tomate ‘Yaqui’ con 150 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Figura 4.8.2. Corte transversal (10x) de tallo de tomate ‘Yaqui’ con 350 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Figura 4.8.3. Corte transversal (10x) de tallo de tomate ‘Yaqui’ con 550 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Figura 4.8.4. Corte transversal (10x) de tallo de tomate ‘Yaqui’ con 750 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Un resumen descriptivo de las características observadas en el tallo se anota en el Cuadro 4.4.

Fig. 4.8.1. Vasos de xilema pocos y de forma ovalada, muchas fibras acomodadas de forma lineal.

Fig. 4.8.2. Vasos de xilema grandes y redondos de forma alineada y mayor número que en el tratamiento con 150 ppm de nitrato, fibras muy bien ordenadas.

Fig. 4.8.3. Mayor número de vasos de xilema que en el tratamiento con 150 y 350 ppm de nitrato, pero menor que en el tratamiento con 750 ppm, ligeramente más grandes y se salen del cambium vascular.

Fig. 4.8.4. Vasos de xilema de igual tamaño que el tratamiento con 550 ppm de nitrato, ligeramente aplanados y también se salen del cambium vascular.

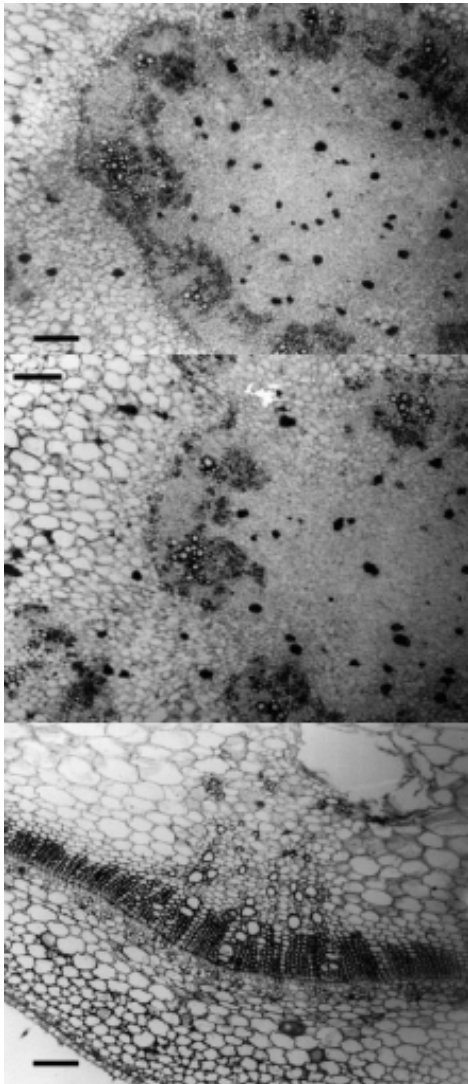


Figura 4.9. Observaciones Realizadas en Pedúnculos del Cultivar ‘Yaqui’ (2.5x)

Figura 4.9.1. Corte transversal (2.5x) de pedúnculo de tomate ‘Yaqui’ con 150 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Figura 4.9.2. Corte transversal (2.5x) de tallo de pedúnculo Yaqui con 350 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Figura 4.9.3. Corte transversal (2.5x) de pedúnculo de tomate ‘Yaqui’ con 550 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Un resumen descriptivo de las características observadas en el pedúnculo se anota en el Cuadro 4.2.

Fig. 4.9.1. Células de parénquima medular muy pequeñas, haces vasculares en agrupaciones, los vasos de xilema son pequeños y en mayor cantidad que en los demás tratamientos.

Fig. 4.9.2. Haces vasculares agrupados en forma irregular, células de parénquima cortical grande y de diferente formas, y células de parénquima medular muy pequeñas, los vasos de xilema tienen igual tamaño que los del tratamiento con 150 ppm de nitrato.

Fig. 4.9.3. Células de parénquima de igual tamaño que las el tratamiento con 350 ppm de nitrato, se localizan muy pocos vasos de xilema y pequeños, hay muchas fibras acomodadas de forma lineal.

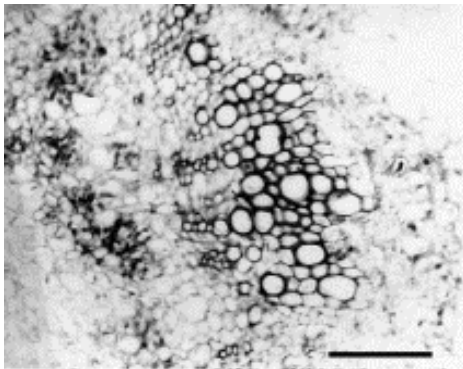


Figura 4.10. Observaciones Realizadas en Pedúnculos del Cultivar 'Yaqui' (10x)

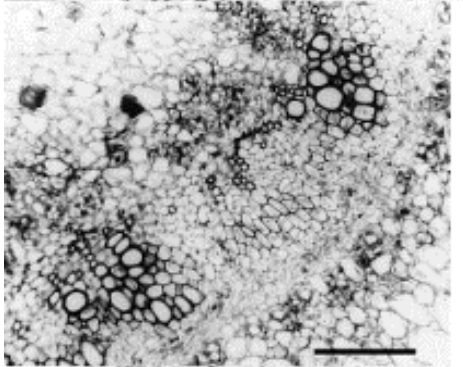


Figura 4.10.1. Corte transversal (10x) de pedúnculo de tomate 'Yaqui' con 150 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

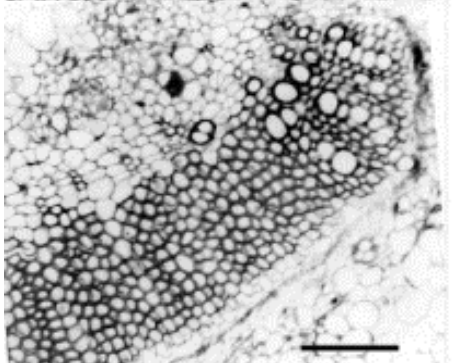


Figura 4.10.2. Corte transversal (10x) de tallo de pedúnculo 'Yaqui' con 350 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

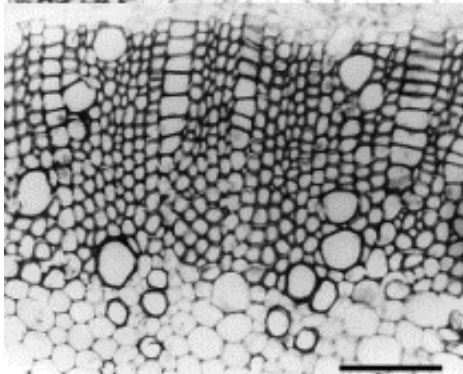


Figura 4.10.3. Corte transversal (10x) de pedúnculo de tomate ‘Yaqui’ con 550 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Figura 4.10.4. Corte transversal (10x) de pedúnculo de tomate ‘Yaqui’ con 750 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Un resumen descriptivo de las características observadas en el pedúnculo se anota en el Cuadro 4.5.

Fig. 4.10.1. Células de parénquima muy irregulares, hay mayor cantidad de vasos de xilema que en los demás tratamientos, y son parecidos a los del tratamiento con 350 y 550 ppm de nitrato.

Fig. 4.10.2. Los vasos de xilema se localizan en agrupaciones en forma lineal, las células de parénquima son grandes y de formas variadas.

Fig. 4.10.3. Menor cantidad de vasos de xilema que en los anteriores tratamientos, los que se encuentran cerca de la medula son más pequeños, las células de parénquima son muy grandes.

Fig. 4.10.4 Hay poca cantidad de vasos de xilema pero son más grandes que los de los anteriores tratamientos, existen muchas fibras acomodadas en forma lineal, y las

células de parénquima son muy grandes y redondas al igual que el tratamiento con 550 ppm de nitrato.

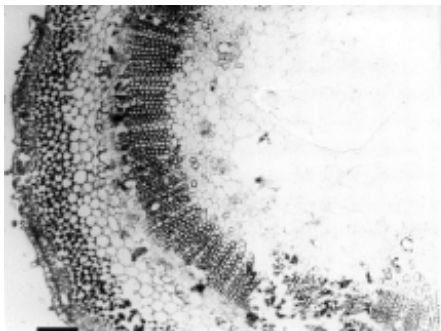


Figura 4.11. Observaciones Realizadas en Peciolos del Cultivar ‘Yaqui’ (2.5x)

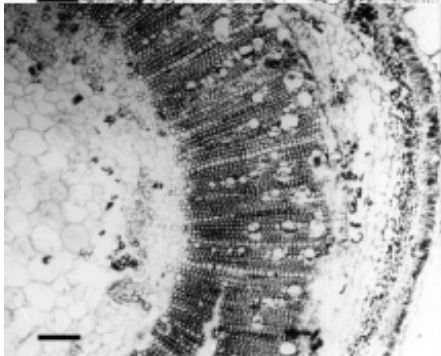


Figura 4.11.1. Corte transversal (2.5x) de peciolo de tomate ‘Yaqui’ con 150 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

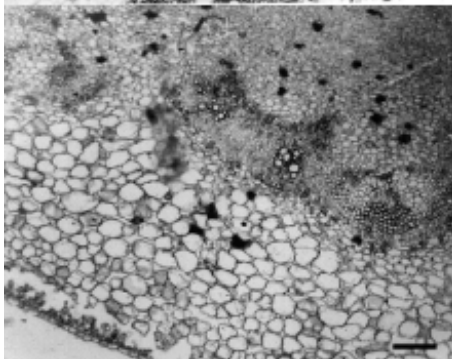


Figura 4.11.2. Corte transversal (2.5x) de peciolo de tomate ‘Yaqui’ con 350 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

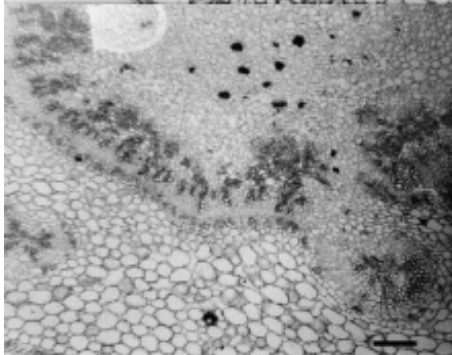


Figura 4.11.3. Corte transversal (2.5x) de peciolo de tomate 'Yaqui' con 550 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Figura 4.11.4. Corte transversal (2.5x) de peciolo de tomate 'Yaqui' con 750 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Un resumen descriptivo de las características observadas en el peciolo se anota en el Cuadro 4.3.

Fig. 4.11.1. El tejido vascular tiene forma regular, poco grosor, las células de parénquima son pequeñas y redondas, tiene poca cantidad de vasos de xilema y presenta manchas oscuras.

Fig. 4.11.2. El tejido vascular es casi el doble del grosor del tratamiento con 150 ppm de nitrato, se ven muchos vasos de xilema y más grandes, fibras muy pequeñas y en forma lineal, las células del parénquima son las más grandes de los cuatro tratamientos.

Fig. 4.11.3. Células de parénquima cortical grandes, muy pocos vasos de xilema y agrupados en forma de abanico.

Fig. 4.11.4. Células de parénquima cortical más grandes que las del parénquima medular, las dos tiene forma redonda, los haces vasculares forman pequeños grupos sobre el cambium, los vasos de xilema son muy pequeños.

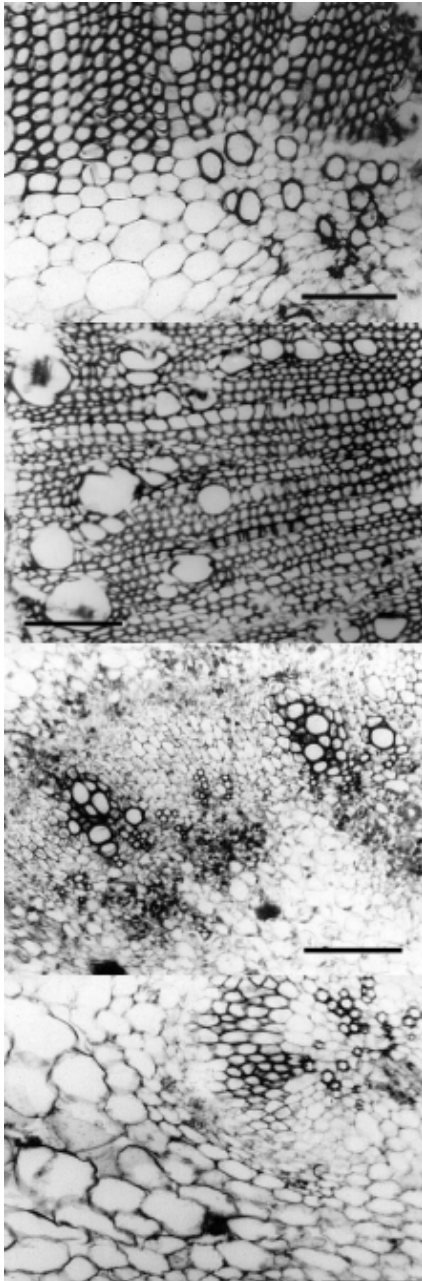


Figura 4.12. Observaciones Realizadas en Peciolos del Cultivar ‘Yaqui’ (10x)

Figura 4.12.1. Corte transversal (10x) de peciolo de tomate ‘Yaqui’ con 150 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Figura 4.12.2. Corte transversal (10x) de peciolo de tomate ‘Yaqui’ con 350 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Figura 4.12.3. Corte transversal (10x) de peciolo de tomate ‘Yaqui’ con 550 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Figura 4.12.4. Corte transversal (10x) de peciolo de tomate ‘Yaqui’ con 750 ppm de nitrato en la solución nutritiva.

Un resumen descriptivo de las características observadas en el peciolo se anota en el Cuadro 4.6.

Fig. 4.12.1. Células del parénquima medular grandes y redondas, poca cantidad de vasos de xilema y muchas fibras agrupadas en forma lineal.

Fig. 4.12.2. Vasos de xilema grandes, pero en menor cantidad, muchas fibras acomodadas en forma lineal.

Fig. 4.12.3. Haces vasculares formando grupos de tamaños variados y en mayor cantidad que el resto de los tratamientos, células del parénquima de diferentes formas.

Fig. 4.12.4. Haces vasculares en agrupaciones hacia el centro del peciolo, vasos del xilema pequeños y células de parénquima muy grandes y de diferente forma.

Cuadro 4.1. Comparación cualitativa de las estructuras observadas en los cortes de tallo (2.5 x) en los dos cultivares de tomate con diferente aporte de nitrato.

CULTIVAR	NO ₃	CORTEX	TEJIDO VASCULAR	MÉDULA
‘WINNER’	A 150 ppm	+++	+++	+
	B 350 ppm	+	++	+++
	C 550 ppm	+	++	++
	D 750 ppm	++	++	++
‘YAQUI’	A 150 ppm	++	+++	+++
	B 350 ppm	++	++	+++
	C 550 ppm	+++	+	+++
	D 750 mpp			

Simbología: + Bajo ++ Medio
 +++ Alto +++++ Muy Alto

Cuadro 4.2. Comparación cualitativa de las estructuras observadas en los cortes de pedúnculo (2.5 x) en los dos cultivares de tomate con diferente aporte de nitrato.

CULTIVAR	NO ₃	CORTEX	TEJIDO VASCULAR	MÉDULA
‘WINNER’	A 150 ppm	+++	+++	++
	B 350 ppm	+	+	+
	C 550 ppm	++	++	+++
	D 750 ppm	+++	+	++
‘YAQUI’	A 150 ppm	++	++	+
	B 350 ppm	+++	++	+
	C 550 ppm	+++	+++	++
	D 750 mpp			

Simbología: + Bajo ++ Medio
 +++ Alto ++++ Muy Alto

Cuadro 4.3. Comparación cualitativa de las estructuras observadas en los cortes de peciolo (2.5 x) en los dos cultivares de tomate con diferente aporte de nitrato.

CULTIVAR	NO ₃	CORTEX	TEJIDO VASCULAR	MÉDULA
‘WINNER’	A 150 ppm	+++	+	+++
	B 350 ppm	+	+	++
	C 550 ppm	+	+	+
	D 750 ppm	++++	+++	+
‘YAQUI’	A 150 ppm	++	++	++
	B 350 ppm	++	+++	++++
	C 550 ppm	+++	++	+
	D 750 mpp	+++	+	+

Simbología: + Bajo ++ Medio
 +++ Alto ++++ Muy Alto

Cuadro 4.4. Comparación cualitativa de los vasos de xilema en cortes transversales de tallo (10 x) en los dos cultivares de tomate con diferente aporte de nitrato.

CULTIVAR	NO ₃ ⁻	TAMAÑO RELATIVO DEL LUMEN DEL VASO
'WINNER'	A 150 ppm	+++
	B 350 ppm	+++
	C 550 ppm	+
	D 750 ppm	++
'YAQUI'	A 150 ppm	++
	B 350 ppm	++
	C 550 ppm	+++
	D 750 mpp	++

Simbología: + Bajo ++ Medio
 +++ Alto ++++ Muy Alto

Cuadro 4.5. Comparación cualitativa de los vasos de xilema en cortes transversales de pedúnculo (10 x) en los dos cultivares de tomate con diferente aporte de nitrato.

CULTIVAR	NO ₃ ⁻	TAMAÑO RELATIVO DEL LUMEN DEL VASO
'WINNER'	A 150 ppm	+++
	B 350 ppm	+
	C 550 ppm	+++
	D 750 ppm	++
'YAQUI'	A 150 ppm	++
	B 350 ppm	++
	C 550 ppm	++
	D 750 mpp	+++

Simbología: + Bajo ++ Medio
 +++ Alto ++++ Muy Alto

Cuadro 4.6. Comparación cualitativa de los vasos de xilema en

cortes transversales de peciolo (10 x) en los dos cultivares de tomate con diferente aporte de nitrato.

CULTIVAR	NO ₃	TAMAÑO RELATIVO DEL LUMEN DEL VASO
'WINNER'	A 150 ppm	+++
	B 350 ppm	+
	C 550 ppm	+
	D 750 ppm	++
'YAQUI'	A 150 ppm	++
	B 350 ppm	+++
	C 550 ppm	++
	D 750 mpp	+

Simbología: + Bajo ++ Medio
+++ Alto ++++ Muy Alto

DISCUSION

La disponibilidad de nitrato modificó la anatomía de los tallos, peciolo y pedúnculos en tomate. Estos cambios se asociaron asimismo con cambios en la productividad, la morfología y el contenido de minerales y carbohidratos en la fruta y tejidos vegetativos (González-Raya, et al., 2002).

Se sabe que el nitrato es una molécula que además de aportar nitrógeno modifica la morfogénesis de la planta (Zhang y Forde, 2000). Se supone que los cambios en la estructura y anatomía provienen del hecho de que la disponibilidad o cantidad de nitrato es señalizada al menos por tres vías: una que depende de receptores y transportadores específicos de la mencionada molécula que activan la transcripción de genes relacionados

con el metabolismo del nitrógeno, una segunda que se relaciona con el metabolismo del carbono y que regula transcripcionalmente y postranscripcionalmente algunas proteínas relacionadas con la fotosíntesis y respiración (Scheible *et al.*, 1997a; Stitt, 1999) y, la tercera, una vía de señalización mediada por citoquininas, en donde el metabolismo y la translocación de estos reguladores del crecimiento son modulados por la disponibilidad de nitrógeno en los tejidos de la planta (Takei *et al.*, 2002).

Aunque la cantidad y la tasa de flujo o producción de fotosintatos son características que originan cambios en la morfología y fisiología de las plantas, es probable que el factor inductor más importante para determinar las diferencias observadas en las plantas fuera algún cambio en la sensibilidad frente a las citoquininas. Este pudiera explicar la respuesta general observada en los tejidos de reserva (cortex y médula) en cuanto al tamaño y número de las células parenquimáticas. Para el caso del cortex, y aunque cada cultivar mostró diferencias en tallos, pedúnculos y pecíolos, la respuesta general fue de aumento en el volumen de este tejido al incrementar la disponibilidad de nitrato. La médula mostró menor sensibilidad aunque cierta tendencia a disminuir el volumen en los tres órganos.

En cuanto al volumen de los tejidos vasculares (sobre todo el de los vasos y fibras de xilema) este manifestó tendencia negativa frente a la concentración alta de nitrato (cuadros 4.1, 4.2 y 4.3). La misma tendencia fue obtenida al comparar el tamaño del lumen de los vasos de xilema (Cuadros 4.4, 4.5 y 4.6). Al respecto se sabe que el nitrato funciona junto con los carbohidratos de bajo peso molecular como regulador de la homeostasis hídrica y la turgencia celular (Seginer *et al.*, 1998; Cárdenas-Navarro *et al.*, 1999). Se supone entonces que la relación inversa reportada entre el contenido de nitratos y azúcares

en los tejidos vegetativos surja de este hecho, acumulando la planta más azúcares libres en los tejidos en caso de déficit de nitrato y viceversa para tratar de mantener la homeostasis del agua en las células. Los datos aquí reportados hacen suponer que los cambios en la anatomía vascular, al menos en el caso del xilema, obedezcan entonces a cambios en la homeostasis hídrica de las plantas, cambios al parecer dependientes de la disponibilidad de nitrato para las plantas.

Sperry et al. (2002) reportaron que la morfología y crecimiento de las plantas son un reflejo de la habilidad de las mismas para absorber, transportar y acumular agua.

En lo que se refiere al transporte la conductividad hidráulica del agua (dependiente en buena parte del número y tamaño del lumen de los vasos de xilema) parece ser la característica clave en las relaciones hídricas de las plantas con su ambiente. De acuerdo a los resultados de este trabajo la disponibilidad de nitrato es capaz de modificar la anatomía vascular en respuesta al parecer a modificaciones en la homeostasis hídrica.

CONCLUSIONES

La disponibilidad de nitrato modificó la anatomía de los tallos, peciolo y pedúnculos en los dos cultivares de tomate.

Para el caso del cortex, y aunque cada cultivar mostró diferencias en tallos, pedúnculos y pecíolos, la respuesta general fue de aumento en el volumen de este tejido al incrementar la disponibilidad de nitrato.

La médula de tallos, pedúnculos y pecíolos mostró menor sensibilidad frente a la concentración de nitrato aunque cierta tendencia a disminuir el volumen en los tres órganos.

En cuanto al volumen de los tejidos vasculares (sobre todo el de los vasos y fibras de xilema) este manifestó tendencia negativa frente a la concentración de nitrato. La misma tendencia fue obtenida al comparar el tamaño del lumen de los vasos de xilema.

LITERATURA CITADA

- Allard, G., C. J. Nelson and S. G. Pallardy. 1991^a. Shade Effects on Growth of Tall Fescue: I. Leaf Anatomy and Dry Matter Partitioning. *Crop Sci.* 31:163-167. U.S.A.
- Benavides, M. A. 2000. Absorción y asimilación de hierro en las plantas. *Ciencia Universidad, Autónoma de Nuevo León.* 3:50-57. México.
- Bienfait, H.F. 1988. Mechanisms in Fe-Efficiency Reactions of Higher Plants. *J. Plant Nutr.* 11:605-629. U.S.A.

- Borthwick, H. A. and M.W. Parker. 1940. Floral Initiation in Biloxi Soybeans as Influenced by Age and Position of Leaf Receiving Photoperiodic Treatment. *Bot. Gaz.* 101: 806-817. U.K.
- Brown, J.C. and V.D. Jolley. 1989. Plant metabolic responses to iron-deficiency stress. *BioScience* 39:546-551. U.S.A.
- Cárdenas-Navarro, R., S. Adamowics, P. Robin. 1999. Nitrate accumulation in plants: a role for water. *J. Exp. Bot.* 50:613-624. U.S.A.
- Exportaciones. Grupo Trabajo SHCP –BANXICO – INEGI; “Comercio Exterior”, 1998. Internet: <http://www.quicklinnk.com/méxico/tabla/sec/export.htm>. México.
- González-Raya, E., A. Benavides-Mendoza, H. Ramírez-Rodríguez, V. Robledo Torres, R.K. Maiti, A. Reyes-López, A.F. Aguilera-Carbo, L.O. Fuentes-Lara, R.E.M. Hernández-Valencia. 2002. La calidad nutricional de la fruta y el crecimiento de la planta de tomate con diferentes niveles de nitrato. *Terra* (Enviado para publicación). México.
- He, Y., S. Terabayashi, T. Asaka, 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. U.S.A.
- Hortalizas, Frutas y Flores. 1992. Informe Especial. *Revista Hortalizas, Frutas y Flores*. Editorial Año Dos Mil. No. 2/Febrero 28/1992. México.
- Jauset, A.M., M.J. Sarasúa, J. Avilla, R. Albajes. 2000. Effect of nitrogen fertilization level applied to tomato on the greenhouse whitefly. *Crop Protection* 19:255-261. U.K.
- Kasperbauer, M. J. and J. L. Hamilton. 1984. Chloroplast Structure and Starch Grain Accumulation in Leaves that Received Different Red and Far-Red Levels During Development. *Plant Physiol.* 74:967-970. U.S.A.

- Esau, K. 1953. Plant Anatomy. Library of Congress, Imprint in USA, Catalogy Card Number: 52-13796. Pag. 123-135, 170-194, 221-303.
- MacADAM, J. W., J. J. Volenec and C. J. Nelson. 1989. Effects of Nitrogen on Mesophyll Cell Division and Epidermal Cell Elongation in Tall Fescue Leaf Blades. *Plant Physiol.* 89:549-556. U.S.A.
- Maynard, D.N., A.V. Barker, P.L. Minotti, N.H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron.* 28:71-118. U.S.A.
- Orozco M. A. E. 1998. El Jitomate y la Biotecnología. Internet: <http://www.laneta.apc.org/emis/jornada/Agosto98/jitomate.htm>. España.
- Picken, A.J.F., Steawart, K., Klapwijk, D. (1986). Germination and vegetative development. En Atherton, J.G.; Rudich, j. (Eds). *The Tomato Crop*. Chapman and Hall Ltd. New York: 111-165. U.S.A.
- Scheible, W.R., A. Gonzalez-Fuentes, M. Lauerer, B. Muller-Rober, M. Caboche, M. Stitt. 1997a. Nitrate acts as a signal to induce organic acid metabolism and repress starch metabolism in tobacco. *Plant Cell* 9:1-17. U.S.A.
- Scheible, W.R., M. Lauerer, E.D. Schulze, M. Caboche, 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. U.K.
- Seginer, I., F. Buwalda, G. Van Straten. 1998. Nitrate concentration in greenhouse lettuce: a modeling study. *Acta Hort.* 456:189-197. U.K.
- Sperry, J.S., U.G. Hacke, R. Oren, J.P. Comstock. 2002. Water deficits and hydraulic limits to leaf water supply. 2002. *Plant Cell Environ.* 25:251-263. U.S.A.
- Stitt, M. 1999. Nitrate regulation of metabolism and growth. *Curr. Op. Plant Biol.* 2:178-186. U.S.A.

- Takei K, Takahashi T, Sugiyama T, Yamaya T, Sakakibara H. 2002. Multiple routes communicating nitrogen availability from roots to shoots: a signal transduction pathway mediated by cytokinin. *J. Exp. Bot.* 53:971-977. U.S.A.
- Valdez, L. A., 1996. Producción de Hortalizas. Quinta Reimpresión. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. México, D.F
- Valadez López, Artemio. 1996. Producción de hortalizas. Primera edición, tercera reimpresión. Editorial Limusa. México. 298 p.
- Woledge, J. 1977. The Effects of Shading and Cutting Treatments on the Photosynthetic Rate of Ryegrass Leaves. *Ann. Bot.* 41:1279-1286. U.K.
- Zhang, H. and B.G. Forde. 2000. Regulation of *Arabidopsis* root development by nitrate availability. *J. Exp. Botany* 51:51-59. U.S.A.
- Zinsou, C. And P.-G. Schoch. 1979. Participation of Mature Leaves to the Expression of Stomatal Index of Differentiating Young Leaves of *Vigna sinensis* L. *Physiol. Veg.* 17:327-336. U.S.A.