

**Ácidos Húmicos, Fúlvicos y Potasio en el Rendimiento y
Calidad de Tomate Cv. Floradade**

CIRILO RAFAEL ALMONTE RODRÍGUEZ

T E S I S

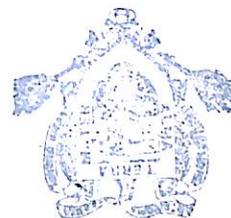
Presentada como requisito parcial para

obtener el grado de:

BIBLIOTECA

MAESTRO EN CIENCIAS

EN HORTICULTURA



**Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2000

18031

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

ÁCIDOS HÚMICOS, FÚLVICOS Y POTASIO EN EL
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE Cv.
FLORADADE

TESIS

POR
CIRILO RAFAEL ALMONTE RODRÍGUEZ

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y
aprobada como requisito parcial para optar al grado Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:

Ph. D. Alfonso Reyes López

Asesor:

M. C. Leobardo Bañuelos Herrera

Asesor:

M. C. Víctor M. Zamora Villa

Asesor:

M. C. Rubén López Cervantes

Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Diciembre de 2000.

COMPENDIO

Ácidos Húmicos, Fúlvicos y Potasio en el Rendimiento y Calidad de Tomate Cv. Floradade

Por

CIRILO RAFAEL ALMONTE RODRÍGUEZ

MAESTRÍA EN
HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Diciembre 2000.

pH. D. Alfonso Reyes López -Asesor-

Palabras clave. Potasio, Húmicos, Fúlvicos, Tomate, Invernaderos.

Se utilizaron tres concentraciones de potasio (135, 235 y 320 ppm); ácidos húmicos (0, 100 y 200 ppm) y ácidos fúlvicos (0, 90 y 180 ppm) en una solución nutritiva, para evaluar sus efectos en el rendimiento y calidad de tomate. Los niveles de potasio (K) y ácidos húmicos (AH) mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en la variable

frutos con calidad de exportación, K1 exhibió el mejor comportamiento, superior a K2 en 11.97% y a K3 en 22.78%. AH2 obtuvo el mejor rendimiento, 23.92% superior que AH1. Rendimiento total de frutos, presentó diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en los niveles de K, AH y ácidos fúlvicos (AF) mientras que la triple interacción mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$). K1 se destacó como el mejor nivel (14.45%) superior a K3; AH2 (20.92%) superior a AH1. AF2 y AF3 (17.66%) superiores a AF1. En la triple interacción se destacaron como mejores los niveles K1*AH2*AF1 (55.04%) superior al testigo. La producción de materia seca del follaje (MS) presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los niveles de AH y altamente significativas en las interacciones AH*AF y K*AH*AF. AH2 superó en (24.14%) a AH3. La primer interacción mostró como mejores niveles AH1*AF2, mientras que en la segunda sobresalieron los niveles K2*AH1*AF2 (36.49%) superior al testigo. En firmeza se encontró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en los niveles de potasio y ácidos fúlvicos, de igual manera en todas las interacciones. Grados brix presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los niveles de AF y la triple interacción y altamente significativas ($p \leq 0.01$) en las interacciones K*AH y K*AF. Obteniendo como resultado, que los niveles uno de potasio, dos de ácidos húmicos y dos de ácidos fúlvicos mostraron características interesantes en el rendimiento y calidad de frutos de tomate.

ABSTRACT

Humic Acid, Fulvic and Potassium in Yield and Quality of Tomato Cv.

Floradade

By

CIRILO RAFAEL ALMONTE RODRÍGUEZ

MASTER IN SCIENCE

HORTICULTURE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

Buenavista, Saltillo, Coahuila. December 2000

pH. D. Alfonso Reyes López -Advisor-

Key words. Potassium, Humic, Fulvic, Tomato, Greenhouses.

Three potassium (135, 235 and 320 ppm), humic acid (0, 100 and 200 ppm) and fulvic acid (0, 90 and 180 ppm) concentrations were utilized in a nutritive solution, to evaluate its effects in tomato yield and quality. Potassium (K) and humic acid (HA) levels showed differences highly meaningful ($p \leq 0.01$) in fruits quality export variable, K1 exhibited behavior the best superior to K2 in 11.97% and to K3 in 22.78%. HA2

obtained yield best 23.92% superior that HA1. Total fruits yield presented differences highly meaningful ($p \leq 0.01$) K, HA and FA levels while the triple interaction showed meaningful differences ($p \leq 0.05$) K1 was emphasized as level the best (14.45%) superior to K3; HA2 (20.92%) superior to HA1. FA2 and FA3 (17.66%) superior to FA1. In triple interaction were emphasized as better the levels K1*HA2*FA1 (55.04%) superior to witness. Matter dries foliage production (MS) presented meaningful differences ($p \leq 0.05$) in HA levels and highly meaningful in interactions HA*FA and K*HA*FA. HA2 surpassed in (24.14%) to HA3. The first interaction showed as better levels HA1*FA2 while in second prejected the levels K2*HA1*FA2 (36.49%) superior to witness. In firmness was found differences highly meaningful ($p \leq 0.01$) potassium and FA levels of equal way in all the interactions. Degrees brix presented meaningful differences ($p \leq 0.05$) in FA levels and triple interaction and highly meaningful ($p \leq 0.01$) in interaction K*HA and K*FA. Obtaining as result trat potassium one, humic acid two and fulvic acid two levels showed characteristics interesting in tomato fruits yields and quality.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Índice de Cuadros.....	viii
Índice de Figuras.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
Hipótesis.....	4
Objetivos.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
ARTÍCULO CIENTÍFICO.....	14
Introducción.....	16
Materiales y Métodos.....	20
Resultados y discusión.....	24
Conclusiones.....	34
Literatura Citada.....	35
CONCLUSIONES.....	38
LITERATURA CITADA.....	39
APÉNDICE A.....	42
APÉNDICE B.....	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°.		Página
1	Tratamientos aplicados a plantas de tomate Cv. Floradade.....	22
2	Cuadros medios y niveles de significancia para características de rendimiento y calidad en toma- te Cv. Floradade.....	25
A.1	Características físicas y químicas de los suelos empleados en la investigación.....	43
A.2	Composición elemental de las Sustancias Húmi- cas utilizadas en el experimento.....	43
A.3	Promedios y niveles de significancia para varia- bles de rendimiento y calidad de frutos.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°.		Página
3.1	Efecto de Potasio (135 ppm) ácidos húmicos y fúlvicos en rendimiento total de frutos.....	27
3.2	Efecto de Potasio (235 ppm) ácidos húmicos y fúlvicos en rendimiento total de frutos....	27
3.3	Efecto de Potasio (320 ppm) ácidos húmicos y fúlvicos en rendimiento total de frutos....	27
3.4	Efecto de Potasio (135 ppm) ácidos húmicos y fúlvicos en rendimiento frutos calidad nacional.....	30
3.5	Efecto de Potasio (235 ppm) ácidos húmicos y fúlvicos en rendimiento frutos calidad nacional.....	30
3.6	Efecto de Potasio (320 ppm) ácidos húmicos y fúlvicos en rendimiento frutos calidad nacional.....	30

INTRODUCCIÓN

Pocas hortalizas a nivel mundial presentan una demanda tan alta como el tomate. La importancia del producto radica en las cualidades que posee para la preparación de alimentos, ya sea procesado o bien en la elaboración de ensaladas.

En los últimos años la producción mundial se ha mantenido estable, con promedio anual de 86 millones de toneladas, debido básicamente a factores de productividad y no de fluctuaciones en las superficies cosechadas.

Los principales productores de tomate son Estados Unidos, Turquía, Italia, Egipto, India y China, estos seis países alcanzan 55% de la producción mundial.

Durante los últimos años las condiciones climáticas en todo el mundo no han sido del todo favorables para el desarrollo de la producción de alimentos. Esta situación ha hecho necesario propiciar importantes ajustes en la producción agropecuaria. Pasando de aproximaciones y especulaciones a una ciencia cuantitativa con habilidades para predecir resultados.

Gracias a la aplicación del método científico en la agricultura se han obtenido grandes logros: nuevas variedades, plaguicidas, fertilizantes, técnicas de cultivo, métodos de riego, mecanización, manejo postcosecha entre otros. Los resultados se han manifestado en una mayor capacidad productiva por unidad de superficie, aumento de la disponibilidad de alimentos y mayor capacidad del globo terráqueo para sustentar la especie humana.

Estos logros no han dejado de tener efectos colaterales negativos. Ha habido un impacto adverso en el medio ambiente, degradación de tierras por erosión, como efecto de la intensa mecanización, deforestación para introducir nuevas tierras a cultivo, salinización por efecto de irrigación inapropiada y mal drenaje, contaminación con metales pesados, desbalance biológico con efectos de introducción de especies de insectos y enfermedades de mayor virulencia y malezas con mayor dificultad para erradicar, contaminación de agua subterránea, entre otros flagelos de actualidad.

Hoy hemos entendido que necesariamente debemos medir todas las consecuencias de nuestras acciones, y más bien aún, mantener un equilibrio global de la ecología aprovechando los conocimientos científicos y la aplicación de tecnologías apropiadas. Ya estamos constatando resultados de estos esfuerzos: Manejo Integrado de Control

de Plagas (MIP), nuevos productos agroquímicos de acción específica y menos dañinos a los insectos benéficos, cruzadas de entrenamiento para el uso seguro de plaguicidas, fabricación de equipos agrícolas más pequeños y livianos, cultivo a mínima labranza, programas de riego y drenajes promovidos por los gobiernos y los empresarios, sistemas de monitoreo que evitan el uso indiscriminado de plaguicidas, introducción de variedades más resistentes a plagas y enfermedades, nutrición balanceada de los cultivos para disminuir la propensión a plagas y enfermedades, entre otras medidas.

Se sigue profundizando en los conocimientos de la relación suelo-planta-agua. En cuanto a la nutrición de los cultivos, tenemos un aspecto crucial. El uso de fertilizantes, factor único responsable de más del 40% de la producción de alimentos a nivel mundial, exige de conocimientos fundamentales, para maximizar los beneficios. Esto es aún más importante en los países menos desarrollados, donde por lo general los productos son importados. Es mandatorio obtener de cada unidad fertilizante el mayor rendimiento económico.

El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), representa una de las hortalizas de mayor importancia en la economía agrícola a nivel mundial; sin embargo éste no alcanza los niveles de rendimiento adecuados en grandes áreas dedicadas al cultivo del mismo, debido a

condiciones de manejo inapropiado, así como también a problemas de suelos, los cuales presentan características físicas y químicas, que desfavorecen el desarrollo y rendimiento de dicho cultivo.

Hipótesis

Los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y potasio incrementan el rendimiento y calidad de frutos en tomate.

Objetivos

Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de tomate, ante la influencia de los ácidos húmicos, fúlvicos y potasio.

Determinar el rendimiento y calidad de los frutos producidos.

REVISIÓN DE LITERATURA

El potasio es un elemento esencial para todos los organismos vivos. En la fisiología de las plantas es el catión más importante, único respecto a su contenido en los tejidos de éstas y en sus funciones fisiológicas y bioquímicas. Este nutrimento influye directamente en el crecimiento meristemático, concentración de agua en las plantas, fotosíntesis y transporte a larga distancia dentro de las plantas (Storey, 1989). Es indispensable para el establecimiento y desarrollo de los vegetales, ya que influye en la activación de enzimas, transporte de iones a través de las membranas, neutralización de aniones y contribuye significativamente a mantener el potencial osmótico de las células (Clarkson and Hanson, 1980; Taiz y Zeiger, 1991; Syed, 1994). Esto relaciona al potasio con la resistencia a sequía en vegetales (Mansfield y Atkinson, 1990; Nobel, 1991).

Cerne *et al.* (1994) estudiaron las necesidades de riego y nutrición en el cultivo de tomate en suelos con bajo contenido de materia orgánica. Encontrando que la combinación de 400 kg h^{-1} de K_2O , estiércol estable y riego, produjo los mejores rendimientos en el primero y segundo año (1.03 y $2.25 \text{ kg planta}^{-1}$).

Estudio realizado sobre cultivares de tomate, demostró que la adición de potasio y calcio a una solución nutritiva (salina) incrementó más del doble la acumulación del primero respecto al segundo. El crecimiento y desarrollo de las plantas bajo condiciones de salinidad mejoró con la adición de potasio a la solución nutritiva salina (Satti, *et al.*, 1994).

La adición de ácidos húmicos en suelos arcillosos reduce la fijación de potasio, incrementando el contenido de éste en forma extractable y su absorción por parte de las plantas (Olk y Cassman, 1995).

Los ácidos húmicos y fúlvicos, son el resultado de la descomposición de residuos de origen vegetal o animal (MacCarthy *et al.*, 1990), a los cuales se les atribuyen las propiedades de, mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de agua, evitar la retrogradación de los cationes del suelo y desbloquear sus elementos minerales, fijar los abonos disminuyendo su pérdida por lixiviación, activar la flora microbiana, estimular la germinación, favorecer el desarrollo del sistema radical y facilitar la absorción de nutrientes con el aumento de la permeabilidad celular (Chen y Aviad, 1990).

Chen y Aviad (1990) sostienen que los estudios de los efectos de las sustancias húmicas sobre el desarrollo vegetal bajo condiciones de

adecuada nutrición vegetal, muestran consistentes resultados positivos sobre la biomasa de la planta. La estimulación del crecimiento de la raíz es generalmente más aparente que la estimulación del crecimiento del tallo. La típica respuesta muestra incrementos en el crecimiento a medida que se incrementa la concentración de sustancias húmicas en la solución nutritiva, seguida por una disminución del crecimiento a concentraciones muy altas. El tallo muestra generalmente el mismo comportamiento en la respuesta al crecimiento a las sustancias húmicas, sin embargo, la magnitud de la respuesta del crecimiento es menor, así mismo encontraron que las aplicaciones foliares pueden mejorar tanto el crecimiento de la raíz como el crecimiento del tallo.

Agregan también que los efectos estimulantes de las sustancias húmicas han sido correlacionados con la absorción de macronutrientes. Éstas pueden formar complejos con cationes metálicos, resultando un mejoramiento en la absorción. Una pequeña fracción de bajo peso molecular de las sustancias húmicas puede ser tomada por las plantas. Estos componentes al parecer incrementan la permeabilidad de la membrana celular y tiene efectos similares al de las hormonas.

Las sustancias húmicas tienen mayores efectos sobre las raíces que sobre las partes aéreas (Chen y Aviad, 1990) además, se ha observado

que generalmente hay un estímulo del crecimiento radical y un mejoramiento de la iniciación de raíces.

Algunas investigaciones sobre sustancias húmicas en plantas cultivadas destacan resultados como los encontrados por Rauthan y Schnitzer (1981) que trabajando con pepino (*Cucumis sativus*) presentaron una curva de respuesta típica de incremento en peso seco a incrementos en la concentración de ácidos fúlvicos, encontrando que el incremento en peso fue significativo a concentraciones de 100 a 300 ppm. A mayores concentraciones el peso de las plántulas decayó significativamente.

Chen y Aviad (1990) sostienen que las sustancias húmicas de varios orígenes mejoran el crecimiento radical y la elongación de la estructura foliar, ya sea mezclados en soluciones nutritivas o aplicados por vía foliar.

Los resultados de algunos experimentos indican que los ácidos fúlvicos tienen efectos ligeramente superiores a los ácidos húmicos, de aquí que las concentraciones de los materiales húmicos sean importantes, y generalmente la respuesta disminuye a altas concentraciones.

Chen y Aviad (1990) condujeron un ensayo con el fin de evaluar los efectos de aplicaciones foliares de soluciones nutritivas con adición de

sustancias húmicas en raíces y tallos. Reportan que cuando las plantas de tomate fueron asperjadas con una solución de 300 ppm de ácidos húmicos, los peso seco y fresco de los tallos se incrementaron, encuentran también que altas concentraciones inhibieron el desarrollo y causaron deformaciones en las hojas. Igualmente mencionan ácidos fúlvicos y húmicos pueden estimular el desarrollo de los tallos de varias plantas cuando son aplicadas en aspersiones foliares en concentraciones que van de 50 a 300 ppm o bien en soluciones nutritivas de 25 a 300 ppm, agregan que los efectos estimulantes de desarrollo de tallos, usualmente se correlacionan a la respuesta de la raíz independientemente del modo de aplicación.

Flores (1993) expone que los ácidos húmicos presentan ciertos efectos en la planta como el traslado de nutrimentos desde las raíces hasta la parte aérea y del exterior de las hojas hasta los lugares de acumulación. Son activadores y estabilizadores de algunas enzimas. Ayudan al desarrollo temprano de las plantas, recuperando la tensión (estrés) de trasplantes, mayor expansión foliar e incremento del sistema radical.

Determinadas fracciones de ácidos húmicos presentan una sorprendente capacidad de actuar estimulando los procesos fisiológicos y bioquímicos, basando su estímulo en los procesos energéticos

relacionados con la respiración y la síntesis de ácidos nucleicos. Ello produce una elevación en la vitalidad del organismo vegetal bajo la acción de sustancias biológicamente activas, aumentando la asimilación de los elementos nutritivos del suelo (Kononova, 1982).

Reyna (1996) establece que el efecto de las sustancias húmicas eleva la actividad de los fermentos sintetizantes, en especial la en especial endolasa y sacarosa, lo que conduce a la acumulación de carbohidratos en la dentro de las plantas. Esto está relacionado con la elevación de la presión osmótica de la planta, que contribuye a una mayor resistencia al marchitamiento en los períodos de sequedad en el aire. Además establece que la participación de estas sustancias húmicas activa los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas. Señala que dosis bajas de dichas sustancias contribuyen a la elevación de la intensidad de respiración, metabolismo y crecimiento de los organismos vegetales.

Isaki (1995) estableció una investigación en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) y rábano (*Raphanus sativus*) para evaluar la respuesta a las aplicaciones de ácidos húmicos comerciales y fertilizantes químicos sintéticos. Encontró que Humiplex 60 (producto comercial) aplicado a 120 kg h^{-1} mejoró las condiciones del cultivo, mismas que repercutieron en el rendimiento.

Andrade (1995) en su trabajo de investigación reporta que al aplicar ácidos húmicos en suelos calcáreos se presentaron cambios en algunas características de suelo evaluadas, pero que éstas no fueron estadísticamente significativas

Adani *et al.*, (1998) evaluaron los efectos de ácidos húmicos sobre el desarrollo y nutrición mineral del cultivo de tomate a concentraciones de 20 y 50 ppm. Encontrando que el desarrollo de las plantas fue estimulado en ambas concentraciones. Los ácidos húmicos pueden estimular o inhibir el crecimiento en plantas de tomate, dependiendo de las concentraciones utilizadas y frecuencia de las aplicaciones (Bohme *et al.*, 1997).

La adición de ácidos húmicos en suelos arcillosos reduce la fijación de potasio, incrementando el contenido de éste en forma extractable y su absorción por parte de las plantas (Olk y Cassman, 1995).

El efecto de ácidos húmicos a concentraciones de 0, 640, 1280 y 2560 ppm en solución nutritiva bajo invernadero fueron evaluados sobre crecimiento y absorción de nutrientes en plantas de tomate. La dosis de 1280 ppm produjo aumentos importantes en la asimilación de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y Zn, en hojas. También incrementó la acumulación de N,

Ca, Fe, Zn y Cu en raíces. Peso seco y fresco también se incrementaron (David *et al.*, 1994).

La adición de ácidos fúlvicos en plantas de tomate inicialmente ejercieron poco efecto sobre el crecimiento, pero después de 6 a 7 días de su aplicación, las plantas tratadas presentaron características interesantes respecto al testigo (Linehan, 1976). Los ácidos fúlvicos favorecen el desarrollo del eje principal del sistema de raíces y raíces laterales. Además peso fresco y seco se incrementan con la presencia de éstos (identic).

Aplicaciones foliares de ácidos fúlvicos a concentraciones de 0, 50, 100 y 200 ppm incrementaron el contenido de clorofila, intensidad fotosintética y contenido relativo de agua en las hojas; la conductividad, permeabilidad celular, tasa de transpiración y déficit de saturación de agua decrecieron con las concentraciones de ácidos fúlvicos. También influyó en la acumulación de peso seco (Fu, *et al.*, 1994).

Los objetivos planteados fueron evaluar el rendimiento del cultivo de tomate ante la influencia de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y potasio, así como determinar la calidad de los frutos producidos, bajo la hipótesis "los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y potasio incrementan el rendimiento y calidad de frutos en tomate".

Los objetivos planteados fueron evaluar el rendimiento del cultivo de tomate ante la influencia de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y potasio, así como determinar la calidad de los frutos producidos, bajo la hipótesis "los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y potasio incrementan el rendimiento y calidad de frutos en tomate".

ÁCIDOS HÚMICOS, FÚLVICOS Y POTASIO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE

HUMIC ACID, FULVIC AND POTASSIUM IN TOMATO YIELD AND QUALITY

Cirilo Rafael Almonte Rodríguez¹, Alfonso Reyes López²

Resumen. Se utilizaron tres concentraciones de potasio (135, 235 y 320 ppm); ácidos húmicos (0, 100 y 200 ppm) y ácidos fúlvicos (0, 90 y 180 ppm) en una solución nutritiva, para evaluar sus efectos en el rendimiento y calidad de tomate. Los niveles de potasio (K) y ácidos húmicos (AH) mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en la variable frutos con calidad de exportación, K1 exhibió el mejor comportamiento, superior a K2 en 11.97% y a K3 en 22.78%. AH2 obtuvo el mejor rendimiento, 23.92% superior que AH1. Rendimiento total de frutos, presentó diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en los niveles de K, AH y ácidos fúlvicos (AF) mientras que la triple interacción mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$). K1 se destacó como el mejor nivel (14.45%) superior a K3; AH2 (20.92%) superior a AH1. AF2 y AF3 (17.66%) superiores a AF1. En la triple interacción se destacaron como mejores los niveles K1*AH2*AF1 (55.04%) superior al testigo. La producción de materia seca del follaje (MS) presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los niveles de AH y altamente significativas en las interacciones AH*AF y K*AH*AF. AH2 superó en

¹Estudiante Maestría Horticultura "UAAAN"

²Maestro Investigador Dpto. Horticultura UAAAN"

(24.14%) a AH3. La primer interacción mostró como mejores niveles AH1*AF2, mientras que en la segunda sobresalieron los niveles K2*AH1*AF2 (36.49%) superior al testigo. En firmeza se encontró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en los niveles de potasio y ácidos fúlvicos, de igual manera en todas las interacciones. Grados brix presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los niveles de AF y la triple interacción y altamente significativas ($p \leq 0.01$) en las interacciones K*AH y K*AF. Obteniendo como resultado, que los niveles uno de potasio, dos de ácidos húmicos y dos de ácidos fúlvicos mostraron características interesantes en el rendimiento y calidad de frutos de tomate.

Palabras clave. Potasio, húmicos, fúlvicos, tomate, invernaderos.

Summary. Three potassium (135, 235 and 320 ppm), humic acid (0, 100 and 200 ppm) and fulvic acid (0, 90 and 180 ppm) concentrations were utilized in a nutritive solution, to evaluate their effects in tomato yield and quality. Potassium (K) and humic acid (HA) levels showed differences highly significant ($p \leq 0.01$) in fruits quality export variable, K1 exhibited the highest yield, it was superior than K2 in 11.97% and to K3 in 22.78%. HA2 obtained the best yield, it was 23.92% superior than HA1. Total fruits yield presented differences highly significant ($p \leq 0.01$) K, HA and FA levels while the triple interaction showed significant differences ($p \leq 0.05$) K1 was emphasized the best as level (14.45%), it was superior to K3; HA2 (20.92%) superior to HA1. FA2 and FA3

(17.66%) superior to FA1. In triple interaction were emphasized as better as the levels K1*HA2*FA1 (55.04%) superior to check. Dry matter production (DM) presented significant differences ($p \leq 0.05$) in HA levels and highly significant in interactions HA*FA and K*HA*FA. HA2 surpassed in (24.14%) to HA3. The first interaction showed better levels HA1*FA2 while in second projected the levels K2*HA1*FA2 (36.49%) were superior to check. In firmness was found differences highly significant ($p \leq 0.01$) potassium and FA levels of equal way in all the interactions. Degrees brix presented significant differences ($p \leq 0.05$) in FA levels and triple interaction and highly significant ($p \leq 0.01$) in interaction K*HA and K*FA. Obtaining as result that potassium one, humic acid two and fulvic acid two levels showed characteristics interesting in tomato fruits yields and quality.

Key words. Potassium, humic, fulvic, tomato, greenhouses.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), representa una de las hortalizas de mayor importancia en la economía agrícola a nivel mundial; sin embargo éste no alcanza los niveles de rendimiento adecuados en grandes áreas dedicadas al cultivo del mismo, debido principalmente a problemas de suelos, los cuales presentan características físicas y químicas, que desfavorecen el desarrollo y rendimiento de dicho cultivo.

El potasio es un elemento esencial para todos los organismos vivos. En la fisiología de las plantas es el catión más importante, único respecto a su contenido en los tejidos de éstas y en sus funciones fisiológicas y bioquímicas. Este nutrimento influye directamente en el crecimiento meristemático, concentración de agua en las plantas, fotosíntesis y transporte a larga distancia dentro de las plantas (Storey, 1989). Es indispensable para el establecimiento y desarrollo de los vegetales, ya que influye en la activación de enzimas, transporte de iones a través de las membranas, neutralización de aniones y contribuye significativamente a mantener el potencial osmótico de las células (Clarkson and Hanson, 1980; Taiz y Zeiger, 1991; Syed, 1994). Esto relaciona al potasio con la resistencia a sequía en vegetales (Mansfield y Atkinson, 1990; Nobel, 1991).

Cerne *et al.* (1994) estudiaron las necesidades de riego y nutrición en el cultivo de tomate en suelos con bajo contenido de materia orgánica. Encontrando que la combinación de 400 kg h^{-1} de K_2O , materia orgánica y riego, produjo los mejores rendimientos en el primero y segundo año (1.03 y $2.25 \text{ kg planta}^{-1}$).

Estudio realizado sobre cultivares de tomate, demostró que la adición de potasio y calcio a una solución nutritiva (salina) incrementó más del doble la acumulación del primero respecto al segundo. El crecimiento y desarrollo de las plantas bajo condiciones de salinidad

mejoró con la adición de potasio a la solución nutritiva salina (Satti, *et al.*, 1994).

Los ácidos húmicos y fúlvicos, son el resultado de la descomposición de residuos de origen vegetal o animal (MacCarthy *et al.*, 1990), a los cuales se les atribuyen las propiedades de, mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de agua, evitar la retrogradación de los cationes del suelo y desbloquear sus elementos minerales, fijar los abonos disminuyendo su pérdida por lixiviación, activar la flora microbiana, estimular la germinación, favorecer el desarrollo del sistema radical y facilitar la absorción de nutrientes al aumentar la permeabilidad celular (Chen y Aviad, 1990).

La adición de ácidos húmicos en suelos arcillosos reduce la fijación de potasio, incrementando el contenido de éste en forma extractable y su absorción por parte de las plantas (Olk y Cassman, 1995).

Adani *et al.*, (1998) evaluaron los efectos de ácidos húmicos sobre el desarrollo y nutrición mineral del cultivo de tomate a concentraciones de 20 y 50 ppm. Encontrando que el desarrollo de las plantas fue estimulado en ambas concentraciones. Los ácidos húmicos pueden estimular o inhibir el crecimiento en plantas de tomate, dependiendo de las concentraciones utilizadas y frecuencia de las aplicaciones (Bohme *et al.*, 1997).

Los efectos de ácidos húmicos a concentraciones de 0, 640, 1280 y 2560 ppm en solución nutritiva bajo invernadero fueron evaluados sobre crecimiento y absorción de nutrientes en plantas de tomate. La dosis de 1280 ppm produjo aumentos importantes en la asimilación de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y Zn, en hojas. También incrementó la acumulación de N, Ca, Fe, Zn y Cu en raíces. Peso seco y fresco también se incrementaron (David *et al.*, 1994).

La adición de ácidos fúlvicos en plantas de tomate inicialmente ejercieron poco efecto sobre el crecimiento, pero después de 6 a 7 días de su aplicación, las plantas tratadas presentaron características sobresalientes respecto al testigo. Los ácidos fúlvicos favorecen el desarrollo del eje principal del sistema de raíces y raíces laterales. Además peso fresco y seco se incrementan con la presencia de éstos (Linehan, 1976).

Aplicaciones foliares de ácidos fúlvicos a concentraciones de 0, 50, 100 y 200 ppm incrementaron el contenido de clorofila, intensidad fotosintética y contenido relativo de agua en las hojas; la conductividad, permeabilidad celular, tasa de transpiración y déficit de saturación de agua decrecieron con las concentraciones de ácidos fúlvicos. También influyó en la acumulación de peso seco (Fu, *et al.*, 1994).

Los objetivos planteados fueron evaluar el rendimiento del cultivo de tomate ante la influencia de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y potasio, así como determinar la calidad de los frutos producidos, bajo la hipótesis "los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y potasio incrementan el rendimiento y calidad de frutos en tomate".

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante los meses de abril a agosto de 2000 en el invernadero número tres del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", ubicada a 25°23' Latitud Norte, 101°00' Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con altitud de 1743 msnm.

El suelo utilizado en el experimento presentó las siguientes características Físico-Químicas: Materia Orgánica (Walkley/Black) 2.65%. Conductividad Eléctrica (Puente Wheastone) 2.34 dsm^{-1} . pH (Potenciómetro) 8.2. Nitrógeno total (Kjeldahl) 0.11%. Fósforo extractable (Olsen) 71.5 ppm. Potasio total (Colorimetría) 109.8 ppm. Textura (Hidrómetro de Bouyoucos) Migajón-arcilloso.

Los tratamientos en estudio, se basaron en la combinación de tres niveles de potasio (K1=135, K2=235 y K3=320 ppm) como fuente se utilizó nitrato de potasio (KNO_3) para los niveles uno y dos y la mezcla

de éste con sulfato de potasio (K_2SO_4) para el nivel tres. Los niveles de ácidos húmicos fueron (AH1=0, AH2=100 y AH3=200 ppm) se utilizó como fuente Humitrón 12L (producto comercial derivado de Leonardita al 12% de ácidos húmicos). Los niveles de ácidos fúlvicos fueron (AF1=0, AF2=90 y AF3=180 ppm) y se utilizó como fuente K-tionic (producto comercial derivado de Leonardita al 25% de ácidos fúlvicos). Ambos productos fueron proporcionados por el Grupo Bioquímico Mexicano (GBM). (Cuadro1).

La fertilización se basó en solución nutritiva Hoagland. Los nutrientes se prepararon en solución "madre" o concentrada, de la cual se tomó la proporción necesaria en cada fertilización. A ésta se le agregaron los AH y AF correspondiente y se aplicaron manualmente con el agua de riego.

Como resultado de las combinaciones de los productos anteriores se obtuvieron 27 tratamientos con seis repeticiones, para un total de 262 unidades experimentales, los cuales fueron comparados mediante un diseño Factorial ($3 \times 3 \times 3$) con arreglo Completamente al Azar. Además se incluyó un testigo absoluto. Se utilizaron semillas de tomate, cultivar Floradade, de hábito determinado; éstas se sembraron en charolas de polietileno, utilizando como sustrato Peat Moss. Se colocó una semilla por cavidad. Cuando las plántulas alcanzaron cuatro hojas verdaderas (38 días después de la siembra). Se trasplantaron en macetas de HDPE

(polietileno de alta densidad) 30 cm de diámetro, 37 cm de altura, con capacidad para 20 kg de suelo. Se ordenaron en hileras separadas a 80 cm, para obtener una densidad de 4.17 plantas m⁻².

Cuadro 1. Tratamientos aplicados a plantas de tomate cv. Floradade.

TRAT	K	AH	AF	TRAT	K	AH	AF
	ppm				ppm		
1	135	0	0	15	235	100	180
2	135	0	90	16	235	200	0
3	135	0	180	17	235	200	90
4	135	100	0	18	235	200	180
5	135	100	90	19	320	0	0
6	135	100	180	20	320	0	90
7	135	200	0	21	320	0	180
8	135	200	90	22	320	100	0
9	135	200	180	23	320	100	90
10	235	0	0	24	320	100	180
11	235	0	90	25	320	200	0
12	235	0	180	26	320	200	90
13	235	100	0	27	320	200	180
14	235	100	90	28	0	0	0

TRAT= Tratamientos, K= Potasio, AH= Ácidos Húmicos, AF= Ácidos Fúlvicos.

Los tratamientos se aplicaron desde los siete días después del trasplante y fueron suspendidos a los 86 días, aplicándose un total de doce fertilizaciones.

Se evaluaron las variables: frutos de exportación (FE), frutos nacional (FN), frutos rezaga (FR), frutos total (FT), materia seca aérea (MSA), firmeza y grados brix.

Rendimiento frutos exportables: se consideraron para esta clasificación los frutos que cumplieron con los requerimientos de tamaño ($\geq 7 \times 6$ y $\leq 4 \times 4$) y calidad (sin manchas, sin pudrición apical, buena textura, brillo, firmeza, color, buen cierre apical, etc.) de acuerdo con las normas internacionales para la misma.

Rendimiento frutos nacional: fueron aquellos que no reunieron tamaño suficiente ($< 7 \times 6$) o que presentaron alguna característica indeseable (manchas, grietas, pudrición apical, mal cierre por polinización, etc.) para exportación.

Rendimiento frutos rezaga: fueron aquellos frutos que por condiciones de tamaño inadecuado, malformaciones y/o desórdenes fisiológicos no calificaban en las categorías anteriores, considerándose frutos no comerciables.

Rendimiento total de frutos: Este renglón abarca las tres categorías anteriores.

Materia seca aérea: se obtuvo, colocando la planta completa en estufa marca Lindberg 70 °C durante 48 hr, luego se procedió a pesar dicha planta.

Firmeza de frutos: en el grado de maduración tres se utilizó un penetrómetro manual marca McCORMICK (0-13 kg) para determinarla; en la toma de lecturas se eliminó la epidermis del fruto midiendo de esta forma la firmeza de la pulpa.

Grados Brix: se tomó una porción de jugo de los frutos a los que se evaluó firmeza y se colocó en un refractómetro marca ATAGO N1 (0-32%). Para esta variable y la anterior se tomaron lecturas de ocho frutos por tratamiento y dos lecturas por fruto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Cuadro 2) para rendimiento total de frutos presentó diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para los niveles de K, AH y AF, mientras que en la triple interacción sólo mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$), no existiendo en las doble interacciones. K1 se

Cuadro 2. Cuadrados medios y niveles de significancia para características de rendimiento y calidad en tomate cv. Floradade

Fuentes de variación	G. L.	RENDIMIENTO FRUTOS				PESO SECO		
		Exportación	Nacional	Rezaga	Total	(PSA)	FIRMEZA	°BRIX
Potasio (A)	2	0.56**	0.05 ^{NS}	0.06 ^{NS}	0.52**	0.45 ^{NS}	32.36**	0.47 ^{NS}
Ác. Húm. (B)	2	0.51**	0.05 ^{NS}	0.07 ^{NS}	0.67**	1.22*	1.08 ^{NS}	0.26 ^{NS}
Ác. Fúlv.(C)	2	0.21 ^{NS}	0.42**	0.20**	0.65**	0.40 ^{NS}	19.57**	0.80*
A*B	4	0.11 ^{NS}	0.09 ^{NS}	0.08 ^{NS}	0.00 ^{NS}	0.59 ^{NS}	9.76**	1.53**
A*C	4	0.16 ^{NS}	0.20**	0.05 ^{NS}	0.10 ^{NS}	0.05 ^{NS}	13.39**	1.07**
B*C	4	0.16 ^{NS}	0.02 ^{NS}	0.06 ^{NS}	0.00 ^{NS}	1.28**	18.35**	0.68*
A*B*C	8	0.21 ^{NS}	0.14**	0.06 ^{NS}	0.24*	0.94**	10.49**	0.31 ^{NS}
Error	135	0.12	0.04	0.04	0.10	0.33	1.40	0.22
C.V. (%)		23.46	25.11	75.92	18.01	11.15	17.00	9.11

*=Significativo ($P \leq 0.05$). ** =Altamente significativo ($P \leq 0.01$). NS=No significativo

destacó con el mejor rendimiento $3.39 \text{ kg planta}^{-1}$, 7.11% superior a K2 quien produjo $3.15 \text{ kg planta}^{-1}$ y superior a K3 en 14.45%, que produjo $2.89 \text{ kg planta}^{-1}$. Esto parece indicar que a medida que se incrementa el potasio, se reduce el rendimiento, lo cual no concuerda con lo reportado por Cerne *et al.* (1994). Donde plantea que la combinación de 400 kg h^{-1} de K_2O , estiércol estable y riego, produjo los mejores rendimientos en el primero y segundo año (1.03 y $2.25 \text{ kg planta}^{-1}$). AH2 mostró el promedio más alto ($3.49 \text{ kg planta}^{-1}$) 20.92% superior a AH1 ($2.76 \text{ kg planta}^{-1}$) y superó a AH3 ($3.20 \text{ kg planta}^{-1}$) en 8.31%. AF2 y AF3 ($3.34 \text{ kg planta}^{-1}$), se comportaron de manera similar, superando a AF1 ($2.75 \text{ kg planta}^{-1}$) en 17.66%. Esto indica que con aplicaciones superiores a 90 ppm de fúlvicos (AF2) no hubo incrementos en rendimiento de frutos en el presente trabajo.

En la triple interacción (Figuras 3.1, 3.2 y 3.3) los mejores niveles fueron, K1*AH2*AF1 (T4) con $4.07 \text{ kg planta}^{-1}$, que fue 55.04% superior al testigo, quien produjo sólo $1.83 \text{ kg planta}^{-1}$. aunque estadísticamente igual a los tratamientos T5, T18, T6 y T9 (Tukey al 0.05 de probabilidad). Cuatro de los cinco mejores tratamientos correspondieron a 135 ppm de potasio y tres a 100 ppm de ácidos húmicos (Cuadro 1). Sugiriendo que existe sinergismo entre los niveles bajo e intermedio de K y AH. Esto concuerda con lo planteado por Adani *et al.* (1998) quienes mencionan que concentraciones de ácidos húmicos (20 y 50 ppm) estimularon el desarrollo y nutrición mineral del cultivo de tomate y

Cerne *et al.* (1994) dicen que en su experimento la combinación de potasio materia orgánica, reportó los mejores rendimientos.

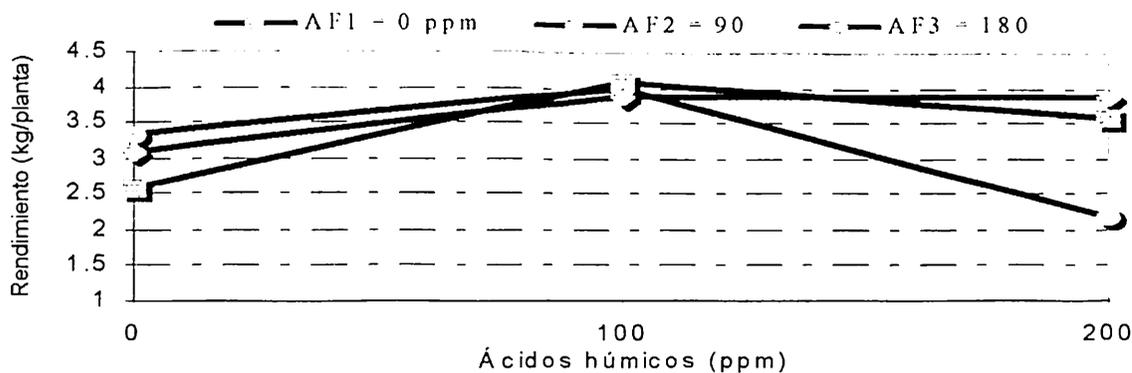


Figura 3.1. Efecto de potasio (135 ppm) ácidos húmicos y fúlvicos en rendimiento total de frutos.

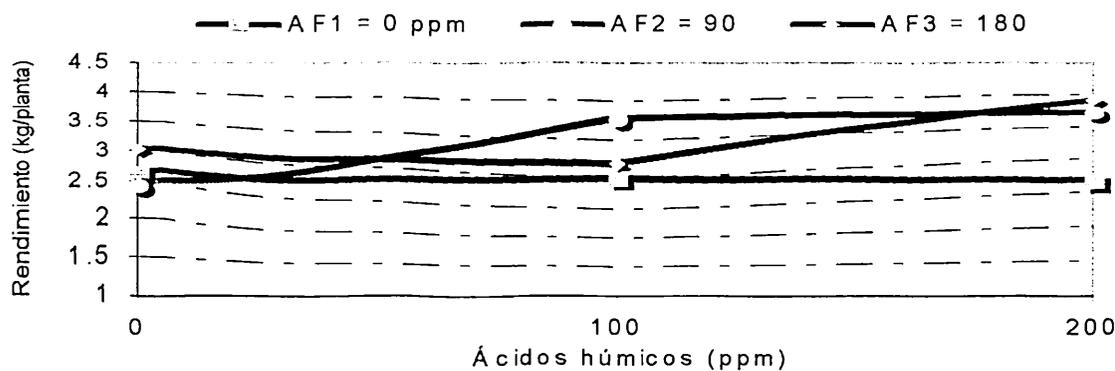


Figura 3.2. Efecto de potasio (235 ppm) ácidos húmicos y fúlvicos en rendimiento total de frutos.

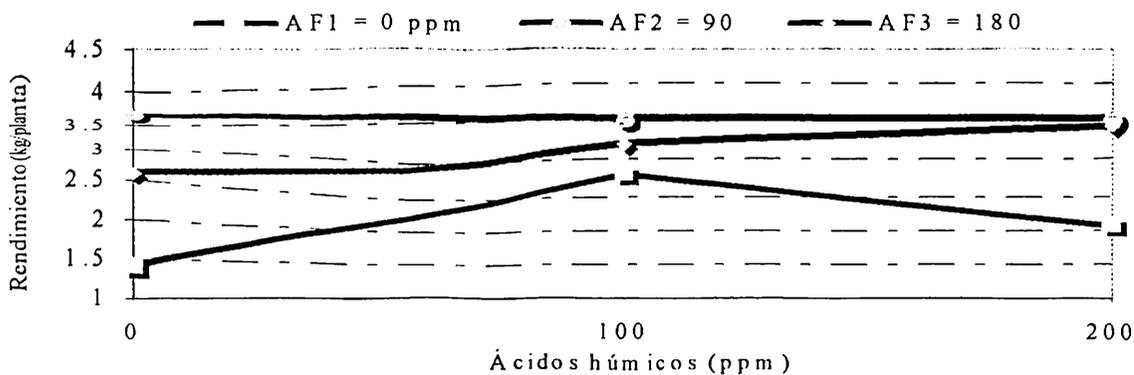


Figura 3.3. Efecto de potasio (320 ppm) ácidos húmicos y fúlvicos en rendimiento total de frutos.

Los frutos con calidad exportable presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en los niveles de K y AH, sin embargo no se observó diferencias estadísticas en los niveles de AF, ni en las interacciones. K1 obtuvo el mejor rendimiento ($2.59 \text{ kg planta}^{-1}$), superando en 11.97% a K2 ($2.28 \text{ kg planta}^{-1}$) y en 22.78% a K3 ($2.0 \text{ kg planta}^{-1}$). En los niveles de húmicos AH2 fue el promedio más alto ($2.28 \text{ kg planta}^{-1}$), 7% superior a AH3 ($2.37 \text{ kg planta}^{-1}$) y 23.92% superior a AH1 ($1.94 \text{ kg planta}^{-1}$). Si se toma en consideración, que los frutos de exportación significaron 73% de la producción total, demuestra un efecto positivo que para la producción de éstos ejercieron tanto potasio, como AH, principalmente en sus niveles bajo y medio respectivamente. En otro orden se puede notar el efecto negativo de AH en sus niveles altos. Donde sugiere, que dosis superiores a 100 ppm de ácidos húmicos, podrían afectar en forma negativa al cultivo. Coincidiendo con lo estudiado por (Bohme, *et al.*, 1997), donde plantean que concentraciones de ácidos húmicos pueden influir de diferentes maneras en el crecimiento y nutrición de plantas de tomate. El crecimiento puede ser estimulado o inhibido, dependiendo de las concentraciones utilizadas y frecuencia de las aplicaciones. La severidad del ácido húmico depende de la concentración de la solución nutritiva. Según estos autores.

La comparación de medias (Tukey al 0.05) mostró que los tratamientos T4 = K1*AH2*AF1 ($3.51 \text{ kg planta}^{-1}$) y T18 = K2*AH3*AF3 ($3.37 \text{ kg planta}^{-1}$), estadísticamente iguales, exhibieron el mejor

comportamiento superando al testigo ($1.44 \text{ kg planta}^{-1}$) en 58.97% y 57.27% respectivamente.

Los niveles de AF, así como las interacciones $K*AF$ y $K*AH*AF$ mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) en la variable producción de frutos con calidad nacional, mientras que en las restantes fuentes de variación no se encontró diferencias. En los niveles de fúlvicos, el 2 obtuvo el promedio más alto ($0.89 \text{ kg planta}^{-1}$), 2.48% superior que AF3 ($0.87 \text{ kg planta}^{-1}$), que alcanzó el segundo mejor promedio y en 39.33% a AF1 ($0.54 \text{ kg planta}^{-1}$), quien obtuvo el promedio más bajo. En la primer interacción el mejor comportamiento se observó en los niveles $K3*AF2$ ($1.05 \text{ kg planta}^{-1}$) superando a $K3*AF1$ ($0.41 \text{ kg planta}^{-1}$) el promedio más bajo, en 60.95%.

En la triple interacción (Figuras 3.4, 3.5 y 3.6) el rendimiento más alto se obtuvo en los niveles $K1*AH3*AF3$ (T9) $1.45 \text{ kg planta}^{-1}$, (Tukey al 0.05), superando al testigo ($0.52 \text{ kg planta}^{-1}$) en 64%. Se puede apreciar en las Figuras, que los niveles altos de AH y AF favorecieron la producción de frutos calidad nacional. Éstos representaron 24% de la producción total.

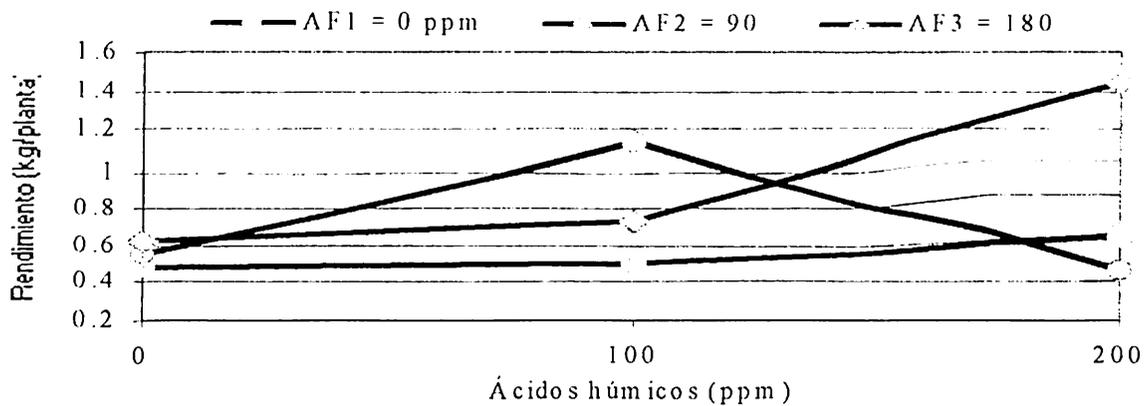


Figura 3.4. Efecto de potasio (135 ppm) ácidos húmicos y fúlvicos en rendimiento frutos calidad nacional.

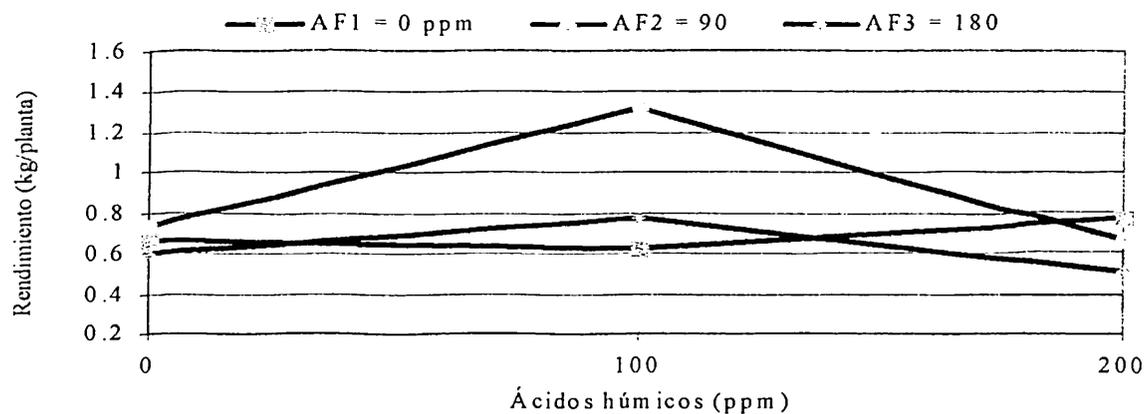


Figura 3.5. Efecto de potasio (235 ppm) ácidos húmicos y fúlvicos en rendimiento frutos calidad nacional

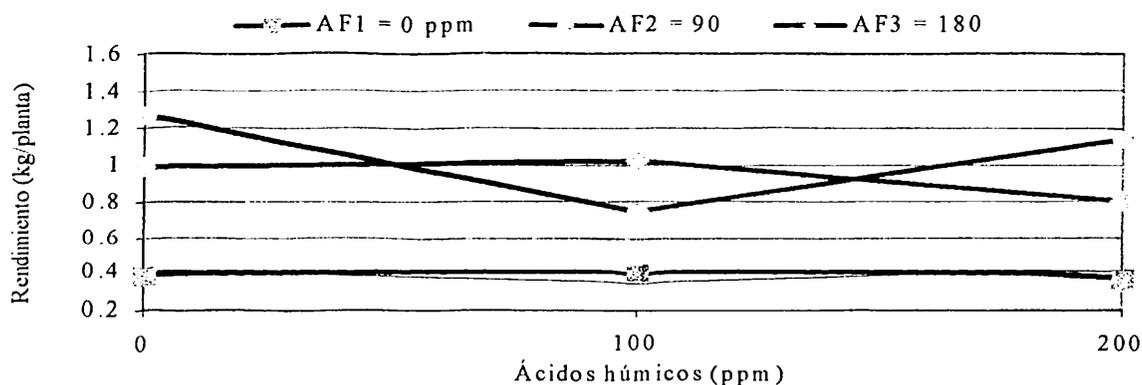


Figura 3.6. Efecto de potasio (320 ppm) ácidos húmicos y fúlvicos en rendimiento frutos calidad nacional.

En la producción de frutos de rezaga, solamente los niveles de ácidos fúlvicos presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$). Entre los niveles estudiados se destacó con promedio más alto AF3 (0.14 kg planta⁻¹) superando en 14.29% a AF2 (0.12 kg planta⁻¹) y en 57.14% a AF1 (0.06 kg planta⁻¹). Sugiriendo al igual que en frutos de calidad nacional, que los niveles medio y alto de AF en interacción con los demás factores, están incidiendo en la producción de frutos de calidad no exportable. También se puede establecer que la significancia de AF en las variables frutos nacional y rezaga, está influyendo en que este factor presente significancia en la variable rendimiento total de frutos.

La producción de materia seca presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los niveles de ácidos húmicos y altamente significativas en las interacciones AH*AF y K*AH*AF. Donde AH2 (220.19 g planta⁻¹) obtuvo el mejor promedio, 3.03% superior a AH1 (213.52 g planta⁻¹) y 24.14% superior a AH3 (167.04 g planta⁻¹). En la primer interacción las mejores combinaciones fueron AH1*AF2 y AH2*AF2 (276.67 g planta⁻¹), con igual comportamiento estadístico, superando en 59.24% a AH3*AF2, que obtuvo el promedio más bajo.

En la triple interacción se destacó con mejor promedio la combinación K2*AH1*AF2 (T11) 493.33 g planta⁻¹, el cual exhibió el mejor comportamiento, superando en 36.49% al testigo (313.33 g planta⁻¹).

Al analizar la variable firmeza, se encontró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en los niveles de potasio y ácidos fúlvicos y en todas las interacciones. Los niveles de K presentaron su valor más alto en K2 (7.44 kg de presión), superando a K3 (7.34 kg de presión), en 1.34% y a K1 (6.05 kg de presión) en 18.68%. Esto demuestra que el potasio juega un papel importante en la firmeza de los frutos de tomate. Respecto a los niveles de AF, el mejor promedio se presentó en AF2 (7.56 kg de presión) superando en 8.20% a AF1 (6.94 kg de presión) y en 16.01% a AF3 (6.35 kg de presión). La interacción K*AH mostró su mejor promedio en los niveles K2*AH2 y K3*AH1 (8.11 kg de presión) los cuales exhibieron igual comportamiento y superaron en 28.36% a K1*AH3 (5.81 kg de presión) que obtuvo el promedio más bajo. La interacción K*AF mostró su mejor promedio en los niveles K2*AF2 (8.31 kg de presión) superando en 31.89% a K1*AF3 (5.66 kg de presión), que obtuvo el promedio más bajo. Entre los derivados húmicos el mejor promedio se presentó en los niveles AH1*AF2 (8.78 kg de presión) superando en 34.85% a AH1*AF3 (5.72 kg de presión). No obstante en la triple interacción el mejor promedio se presentó en los niveles K3*AH1*AF2 (10.42 kg de presión), valor correspondiente al T20; mismo que resultó ser el mejor en la prueba de medias, junto al T16=K2*AH3*AF1 (9.83 kg de presión), estadísticamente iguales. Éstos superaron al testigo (4.67 kg de presión) en 55.18 y 52.49% respectivamente.

Esto sugiere, que los factores en estudio aportaron mayor firmeza en los frutos. Es notorio en esta interacción la forma en que prácticamente el nivel dos de AH sustituye un nivel de K. Esto significa que 235 ppm de K combinado con 100 ppm de AH confieren al fruto igual firmeza que 320 ppm de K sin aporte de AH, lo que implica un ahorro de 85 unidades de potasio.

En grados brix se encontró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los niveles de ácidos fúlvicos, al igual que en la interacción AH*AF y altamente significativas ($p \leq 0.01$) en las interacciones K*AH y K*AF. Los niveles de potasio, ácidos húmicos ni la triple interacción mostraron diferencias estadísticas. En los niveles de ácidos fúlvicos el mejor promedio se observó en AF3 (5.27% de sólidos solubles) seguido de AF2 (5.20%), 1.33% inferior al primero y finalmente AF1 (5.04%) 4.36% menor. En este análisis se observó una relación directamente proporcional entre los niveles de AF y el contenido de sólidos solubles en frutos de tomate, diferente a lo reportado en las variables de rendimiento. La primera interacción obtuvo su mejor promedio en K1*AH3 (5.43%) superando en 10.87% a K1*AH1 (4.84%) que presentó el promedio más bajo. Indicando que los ácidos húmicos tienen efectos positivos sobre la acumulación de sólidos solubles en frutos de tomate. Lo que concuerda con David *et al.*, (1994), donde dice que la adición de ácidos húmicos en tomate produce aumentos importantes en la asimilación de macros y micros nutrientes. La segunda mostró su mejor promedio en los niveles

K2*AF1 (5.42%), el cual superó en 12.73% a K1*AF1 (4.73%), que alcanzó el promedio más bajo. Significando esto, que los niveles de K tienen mejor efecto que los de AF en acumulación de sólidos solubles en frutos de tomate. La interacción AH*AF mostró su promedio más alto en los niveles AH2*AF3 (5.43%), superando a AH2*AF2 (5.40%) en 0.55%, exhibiendo comportamiento similar. AH2*AF1 (4.92%), fue superado en 9.39%, respecto al primero.

CONCLUSIONES

El rendimiento y calidad de los frutos de tomate fueron incrementados con la adición de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y potasio. Se determinó que con los niveles 135 ppm de potasio y 100 ppm de ácidos húmicos se consiguieron los mejores rendimientos de frutos, tanto exportables como total. La mayor acumulación de materia seca se alcanzó con los niveles 235 ppm de potasio y 90 ppm de ácidos fúlvicos. Con 320 ppm de potasio y 90 ppm de ácidos fúlvicos se logró la mejor firmeza de frutos en grado de maduración tres y la mayor concentración de sólidos solubles se obtuvo con 320 ppm de potasio, 100 ppm de ácidos húmicos y 90 ppm de ácidos fúlvicos.

LITERATURA CITADA

- Adani, F; P. Genevini; P. Zaccheo and G. Zocchi, 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition*. 21 (3): 561-575.
- Bohme, M; T. Hoang; T. L. Hoang and R. U. Roeber, 1997. Influence of mineral and organ treatments in the rhizosphere on the growth of tomato plants. *Acta-Horticulturae*. 450: 161-168.
- Cerne, M.; L. Briski and B. J. Bieche, 1994. Nutrition and irrigation of tomato. *Acta-Horticulturae*. 376: 319-322.
- Chen, Y. and T. Aviad, 1990. Effects of humic substances on plant growth; contribution from seagram center of soil and water sciences. In "Humic substances in soil crop sciences: Selected readings", MacCarthy, C. E.; R. L. Clapp; Malcon and P. R. Bloom (eds) *Sci. Soc. Am. Inc.*, Madison Wisconsin, U. S. A. p. 161-182.
- Clarkson, D. T. and J. B. Hanson, 1980. The mineral nutrition of higher plants. *Annual Review of plant Physiology* 31(1): 239-298.

- David, P. P.; P. V. Nelson and D. C. Sanders, 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition*. 17 (1): 173-184.
- Fu, Q. L.; C. F. Meng and Y. W. Wu, 1994. Effects of fulvic acid on the physiology and yield of rape (*Brassica campestris* L.). *Oil Crops of China*. 16 (2): 29-31.
- Linehan, D. J., 1976. Some effects of a fulvic acid component of soil organic matter on the growth of cultured excised tomato roots. Macaulay Institute for Soil Research, Craigiebuckler, Aberdeen, AB9 2QJ, UK. *Soil-Biology-and-Biochemistry*. 8 (6): 511-517.
- Maccarthy, E. E.; R. L. Clapp; Malcom and P. R. Bloom, 1990. Humic substances in soil and crop sciences: Selected Readings. Am. Soc. Agron. Inc. Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wisconsin, U. S. A. P. 4-5.
- Mansfield, T. A. and C. J. Atkinson, 1990. Stomatal behavior in water stressed plants. In: *Stress Responses in plants Adaptation and Acclimation Mechanisms*. R. G. Alscher; J. R. Cumming (eds.). *Plant Biology*, Volume 12. Wiley Liss. New York, USA. pp. 241-264
- Nobel, P. S., 1991. *Physicochemical and Enviromental Plant Physiology*. Academic Press. Inc. California, USA. p. 635.

Olk, D. C. and K. G. Cassman, 1995. Reduction of potassium fixation by two humic acid fractions in vermiculitic soils. *Soil-Science-Society-of-America-Journal*. 59 (5): 1250-1258.

Satti, S. M. E.; A. A. Ibrahim and S. M. Al-kind, 1994. Enhancement of salinity tolerance in tomato: implications of potassium and calcium in flowering and yield. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 25 (15-16): 2825-2840.

Storey, J. B., 1989. *Horticultural Crops Plant Nutrition*. p. 42-44.

Syed, M. A., 1994. Nutrient uptake by plants under stress conditions. In: *Handbook of plant and Crop Stress*. M. Pessarakli (ed.). Marcel Dekker, Inc. New York, U. S. A. pp. 227-246.

Taiz, L. and E. Zeiger, 1991. *Plant Physiology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company. Inc. California, USA. p. 55.

CONCLUSIONES

El rendimiento y calidad de los frutos de tomate fueron incrementados con la adición de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y potasio.

Se determinó que con los niveles 135 ppm de potasio y 100 ppm de ácidos húmicos se consiguieron los mejores rendimientos de frutos, tanto exportables como total.

La mayor acumulación de materia seca se alcanzó con los niveles 235 ppm de potasio y 90 ppm de ácidos fúlvicos. Con 320 ppm de potasio y 90 ppm de ácidos fúlvicos se logró la mejor firmeza de frutos en grado de maduración tres y la mayor concentración de sólidos solubles se obtuvo con 320 ppm de potasio, 100 ppm de ácidos húmicos y 90 ppm de ácidos fúlvicos.

Con los niveles 320, 200 y 180 ppm de potasio, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos respectivamente no se consiguieron características interesantes para ninguna de las variables incluidas en el presente trabajo, excepto grados brix.

LITERATURA CITADA

- Adani, F.; P. Genevini; P. Zaccheo and G. Zocchi, 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition*. 21 (3): 561-575.
- Andrade, H. C., 1995. Balance nutricional y un bioactivador húmico en un suelo calcáreo cultivado con papa (*Solanum tuberosum* L.) en Arteaga, Coahuila. Tesis Maestría "UAAAN", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 13-15.
- Bohme, M.; T. Hoang; T. L. Hoang and R. U. Roeber, 1997. Influence of mineral and organ treatments in the rhizosphere on the growth of tomato plants. *Acta-Horticulturae*. 450: 161-168.
- Cerne, M.; L. Briski and B. J. Bieche, 1994. Nutrition and irrigation of tomato. *Acta-Horticulturae*. 376: 319-322.
- Chen, Y. and T. Aviad, 1990. Effects of humic substances on plant growth; contribution from seagram center of soil and water sciences. In "Humic substances in soil crop sciences: Selected readings", MacCarthy, C. E.; R. L. Clapp; Malcon and P. R. Bloom (eds) Sci. Soc. Am. Inc., Madison Wisconsin, U. S. A. p. 161-182.
- Clarkson, D. T. and J. B. Hanson, 1980. The mineral nutrition of higher plants. *Annual Review of plant Physiology* 31(1): 239-298.
- David, P. P.; P. V. Nelson and D. C. Sanders, 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition*. 17 (1): 173-184.
- Flores, A. J., 1993. Evaluación de los ácidos húmicos (Humiplex Plus) a diferentes dosis en el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum Tuberosum* L.) v Atlantic en la región de Galeana, N. L. Tesis de Licenciatura, "UAAAN", Saltillo, Coahuila, México. p. 15-18.
- Fu, Q. L.; C. F. Meng and Y. W. Wu, 1994. Effects of fulvic acid on the physiology and yield of rape (*Brassica campestris* L.). *Oil Crops of China*. 16 (2): 29-31.
- Isaki, H., 1995. Efecto de las sustancias húmicas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) y rábano (*Raphanus sativus*). Tesis Maestría. "UAAAN", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 8-20, 56-58.

- Kononova, M. M., 1982. *Materia orgánica del suelo. Su naturaleza, propiedades y métodos de investigación.* 1ª Edición. Editores Oikos-Tau, S. A., Barcelona, España.
- Linehan, D. J., 1976. Some effects of a fulvic acid component of soil organic matter on the growth of cultured excised tomato roots. Macaulay Institute for Soil Research, Craigiebuckler, Aberdeen, AB9 2QJ, UK. *Soil-Biology-and-Biochemistry.* 8 (6): 511-517.
- Maccarthy, E. E.; R. L. Clapp; Malcom and P. R. Bloom, 1990. Humic substances in soil and crop sciences: Selected Readings. Am. Soc. Agron. Inc. Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wisconsin, U. S. A. P. 4-5.
- Mansfield, T. A. and C. J. Atkinson, 1990. Stomatal behavior in water stressed plants. In: *Stress Responses in plants Adaptation and Acclimation Mechanisms.* R. G. Alscher; J. R. Cumming (eds.). Plant Biology, Volume 12. Wiley Liss. New York, USA. pp. 241-264
- Nobel, P. S., 1991. *Physicochemical and Enviromental Plant Physiology.* Academic Press. Inc. California, USA. p. 635.
- Olk, D. C. and K. G. Cassman, 1995. Reduction of potassium fixation by two humic acid fractions in vermiculitic soils. *Soil-Science-Society-of-America-Journal.* 59 (5): 1250-1258.
- Rauthan, B. S. and M. Schnitzer, 1981. Effects of soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Soil.* 63: 491-495.
- Reyna, B. B., 1996. Reducción de fertilizante de fondo en papa (*Solanum tuberosum* L.) al aplicar bioactivadore húmicos y fertilizantes foliares, en Arteaga, Coahuila. Tesis Maestría, programa de graduados de la "UAAAN", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 23-32, 105-110.
- Satti, S. M. E.; A. A. Ibrahim and S. M. Al-kindi, 1994. Enhancement of salinity tolerance in tomato: implications of potassium and calcium in flowering and yield. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 25 (15-16): 2825-2840.
- Storey, J. B., 1989. *Horticultural Crops Plant Nutrition.* p. 42-44.
- Syed, M. A., 1994. Nutrient uptake by plants under stress conditions. In: *Handbook of plant and Crop Stress.* M. Pessarakli (ed.). Marcel Dekker, Inc. New York, U. S. A. pp. 227-246.

Taiz, L. and E. Zeiger, 1991. Plant Physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company. Inc. California, USA. p. 559.

18031

BANCO DE TESIS

APÉNDICE A

Cuadro A.1. Características Físicas y Químicas de los suelos empleados en la investigación

Características	Métodos de obtención	Valores obtenidos
Materia Orgánica	Walkley/Black	2.65 %
Conductividad Eléctrica	Puente Wheastone	2.34 dsm ⁻¹
pH	Potenciómetro	8.2
Nitrógeno total	Kjeldahl	0.11 %
Fósforo extractable	Olsen	71.5 ppm
Potasio	Colorimetría	109.8 ppm
Textura	Hidrometro de Bouyoucos	

Determinadas en el Laboratorio del Dpto. de Suelos "UAAAN"

Cuadro A.2. Composición elemental de las Sustancias Húmicas utilizadas en el experimento

Nombre comercial	Estado físico	Ingrediente activo	Concentración	Origen
Humitrón 12L	Líquido	Ácidos Húmicos	12 %	Leonardita
K-tionic	Líquido	Complejo Orgánico Fúlvico	25 %	Vegetal

Tomado de: Memorias IV Congreso internacional bianual GBM, 1999.

Cuadro A.3. Promedios y niveles de significancia para variables de rendimiento y calidad de frutos

TRAT.	PRODUCCIÓN DE FRUTOS				MATERIA SECA AÉREA	FIRMEZA	BRIX
	EXPORTAC.	NACIONAL	REZAGA	TOTAL			
1	2.08 ^{ab}	0.48 ^{bc}	0.01 ^b	2.57 ^{ab}	163.33 ^{bc}	7.17 ^{bcdef}	4.70 ^{de}
2	2.80 ^{ab}	0.55 ^{abc}	0.04 ^b	3.34 ^{ab}	156.67 ^{bc}	7.33 ^{bcde}	4.93 ^{abcde}
3	2.43 ^{ab}	0.62 ^{abc}	0.08 ^{ab}	3.09 ^{ab}	161.67 ^{bc}	4.83 ^{fg}	4.90 ^{abcde}
4	3.51 ^a	0.50 ^{bc}	0.05 ^b	4.07 ^a	206.67 ^{bc}	5.33 ^{efg}	4.57 ^e
5	2.81 ^{ab}	1.14 ^{abc}	0.08 ^{ab}	3.98 ^a	300.00 ^{abc}	6.67 ^{cdefg}	5.13 ^{abcde}
6	2.82 ^{ab}	0.73 ^{abc}	0.33 ^a	3.88 ^a	231.67 ^{abc}	5.75 ^{efg}	5.37 ^{abcde}
7	2.89 ^{ab}	0.61 ^{abc}	0.05 ^b	3.55 ^{ab}	246.67 ^{abc}	5.08 ^{efg}	4.93 ^{abcde}
8	1.57 ^{ab}	0.45 ^{bc}	0.20 ^{ab}	2.18 ^{ab}	90.00 ^c	5.92 ^{efg}	5.73 ^{ab}
9	2.43 ^{ab}	1.45 ^a	0.11 ^{ab}	3.87 ^a	188.33 ^{bc}	6.42 ^{defg}	5.63 ^{abcd}
10	1.97 ^{ab}	0.67 ^{abc}	0.05 ^b	2.65 ^{ab}	215.00 ^{bc}	6.00 ^{efg}	5.53 ^{abcd}
11	1.59 ^{ab}	0.74 ^{abc}	0.11 ^{ab}	2.44 ^{ab}	493.33 ^a	58.58 ^{abcd}	5.03 ^{abcde}
12	1.94 ^{ab}	0.90 ^{abc}	0.18 ^{ab}	3.02 ^{ab}	140.00 ^{bc}	5.75 ^{efg}	5.67 ^{abc}
13	2.24 ^{ab}	0.62 ^{abc}	0.15 ^{ab}	3.00 ^{ab}	150.00 ^{bc}	8.83 ^{abc}	5.43 ^{abcde}
14	2.34 ^{ab}	1.32 ^{ab}	0.12 ^{ab}	3.78 ^{ab}	161.67 ^{bc}	9.50 ^{ab}	5.23 ^{abcde}
15	2.27 ^{ab}	0.78 ^{abc}	0.13 ^{ab}	3.18 ^{ab}	190.00 ^{bc}	6.00 ^{efg}	5.33 ^{abcde}
16	1.82 ^{ab}	0.76 ^{abc}	0.08 ^{ab}	2.66 ^{ab}	178.33 ^{bc}	9.83 ^a	5.30 ^{abcde}
17	2.95 ^{ab}	0.66 ^{abc}	0.11 ^{ab}	3.71 ^{ab}	96.67 ^c	6.83 ^{cdefg}	4.93 ^{abcde}
18	3.37 ^a	0.50 ^{bc}	0.03 ^b	3.90 ^a	158.33 ^{bc}	5.67 ^{efg}	5.03 ^{abcde}
19	0.93 ^b	0.38 ^c	0.09 ^{ab}	1.40 ^b	188.33 ^{bc}	7.33 ^{bcde}	5.30 ^{abcde}
20	2.33 ^{ab}	1.27 ^{abc}	0.16 ^{ab}	3.72 ^{ab}	180.00 ^{bc}	10.42 ^a	4.90 ^{abcde}
21	1.42 ^{ab}	0.99 ^{abc}	0.25 ^{ab}	2.58 ^{ab}	223.33 ^{bc}	6.58 ^{cdefg}	5.17 ^{abcde}
22	2.30 ^{ab}	0.48 ^{bc}	0.03 ^b	2.80 ^{ab}	223.33 ^{bc}	6.42 ^{defg}	4.77 ^{cde}
23	2.62 ^{ab}	0.74 ^{abc}	0.12 ^{ab}	3.48 ^{ab}	368.33 ^{ab}	6.58 ^{cdefg}	5.83 ^a
24	2.06 ^{ab}	1.02 ^{abc}	0.11 ^{ab}	3.18 ^{ab}	150.00 ^{bc}	6.75 ^{cdefg}	5.60 ^{abcd}
25	1.64 ^{ab}	0.37 ^c	0.03 ^b	2.04 ^{ab}	108.33 ^{bc}	6.42 ^{defg}	4.80 ^{bcde}
26	2.22 ^{ab}	1.15 ^{abc}	0.11 ^{ab}	3.48 ^{ab}	151.67 ^{bc}	6.17 ^{efg}	5.10 ^{abcde}
27	2.46 ^{ab}	0.80 ^{abc}	0.12 ^{ab}	3.39 ^{ab}	285.00 ^{abc}	9.42 ^{ab}	4.77 ^{cde}
28	1.44 ^{ab}	0.52 ^{abc}	0.03 ^b	1.83 ^{ab}	313.33 ^{abc}	4.67 ^g	5.33 ^{abcde}

Letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey al 0.05 de probabilidad)

A P É N D I C E B

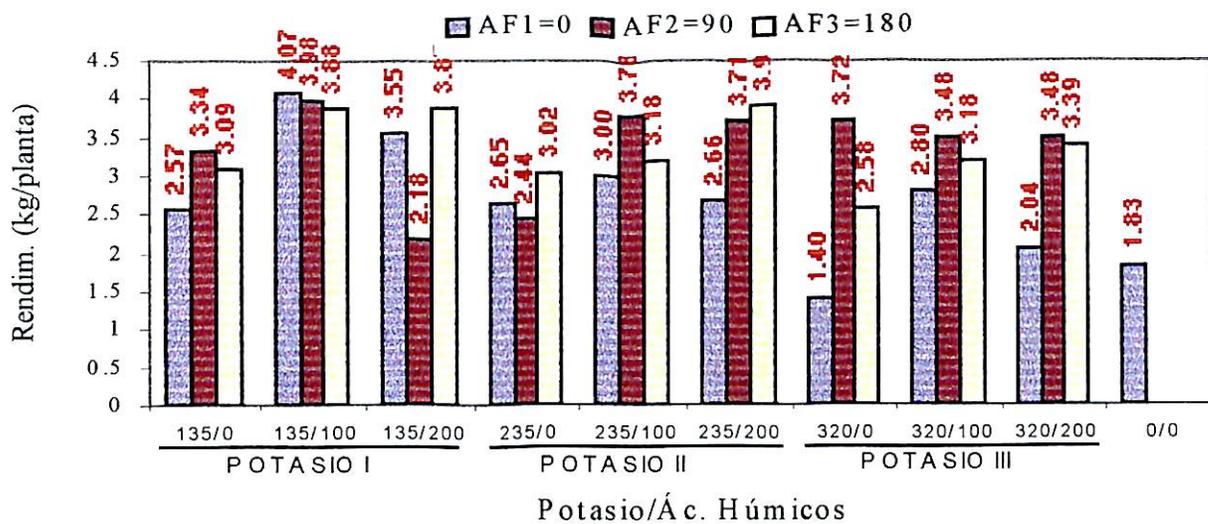


Figura B.1. Valores para la variable producción total de frutos

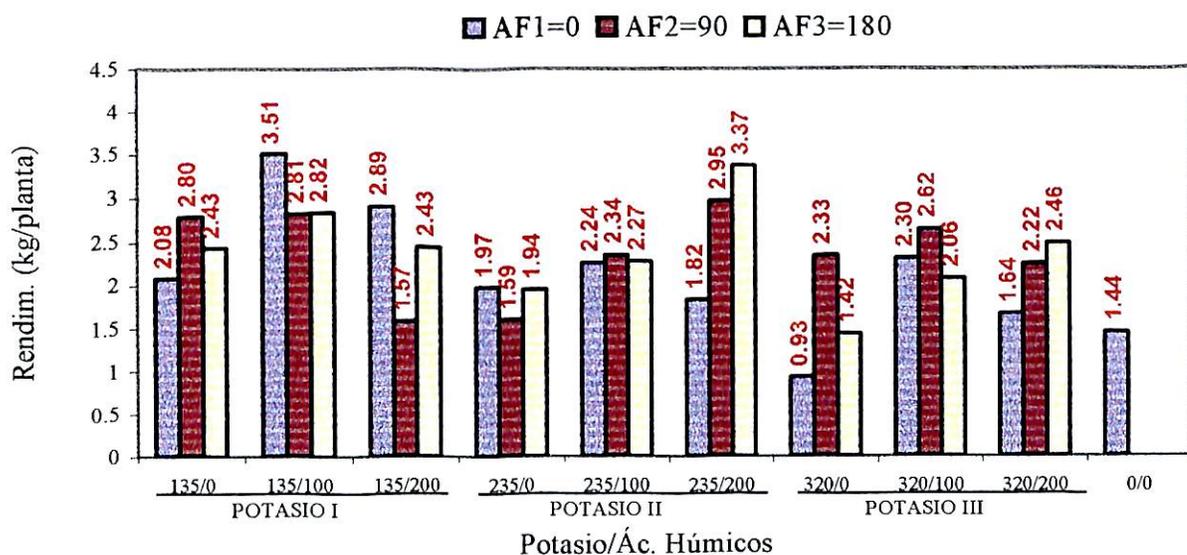


Figura B.2. Valores para la variable frutos de exportación

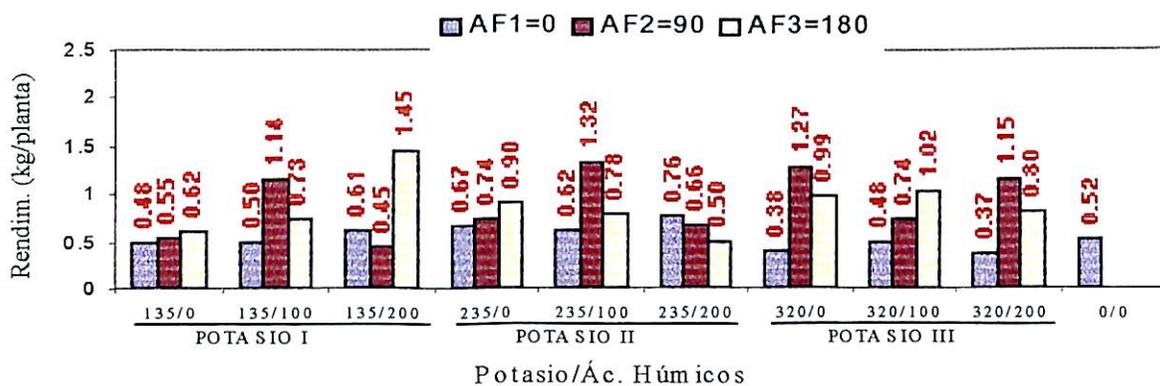


Figura B.3. Valores para la variable frutos calidad nacional

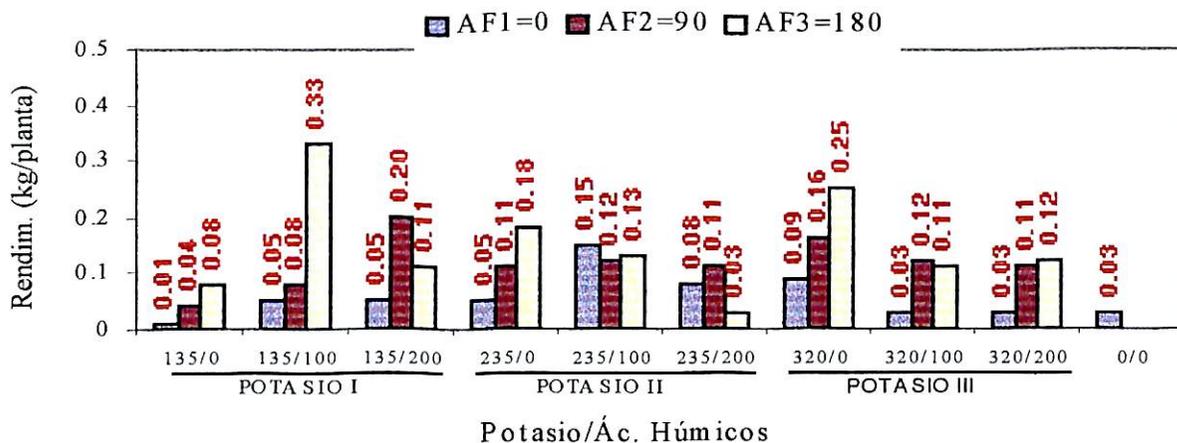


Figura B.4. Valores para la variable frutos reza

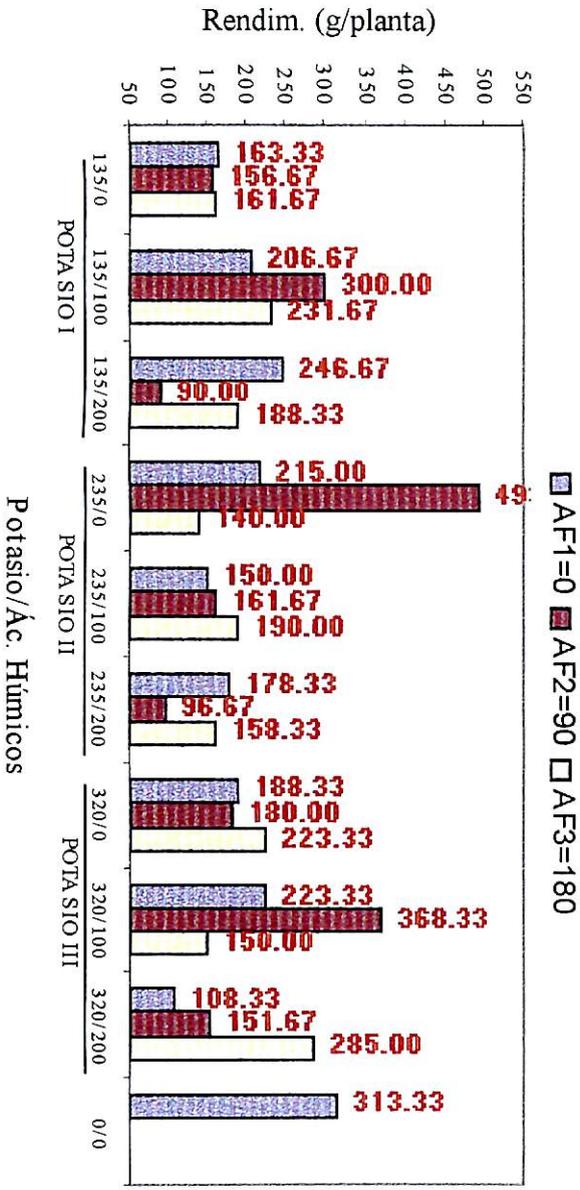


Figura B.5. Valores para la variable materia seca aérea

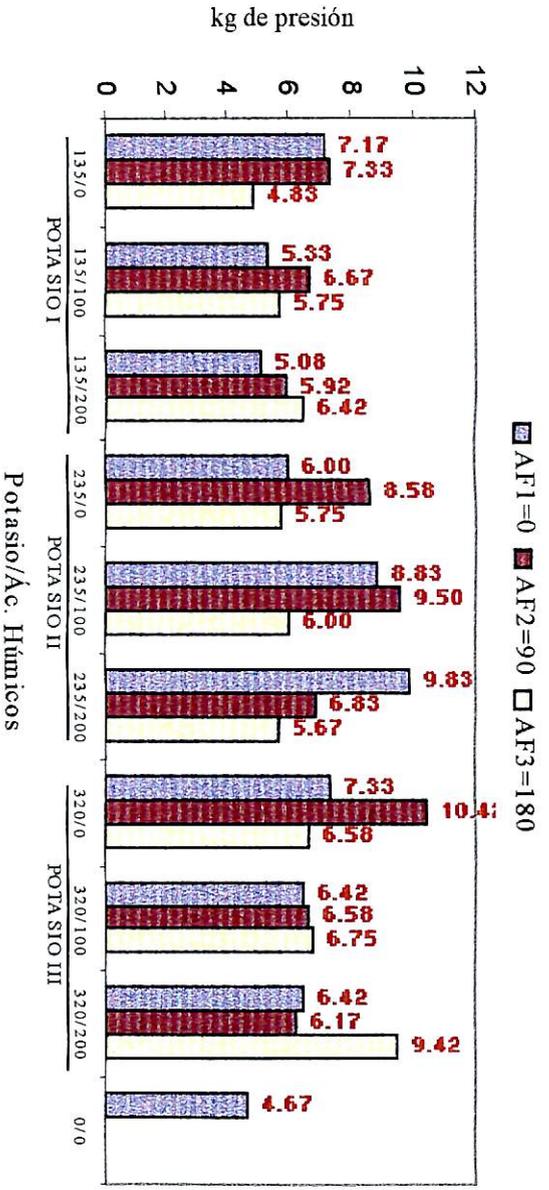


Figura B.6. Valores para la variable firmeza de frutos grado de maduración tres

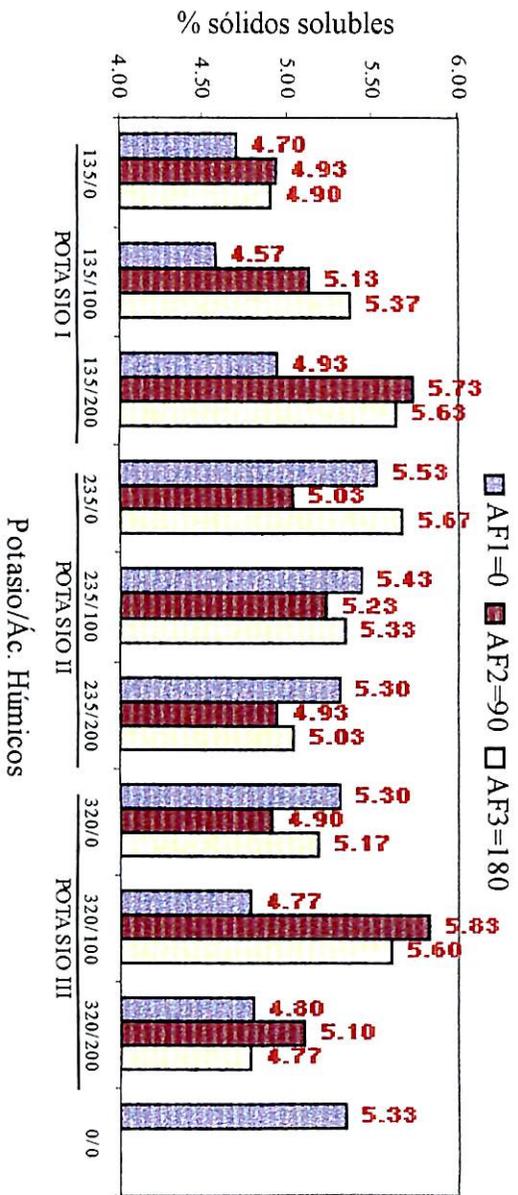


Figura B.7. Valores para la variable grados brix en frutos grado de maduración tres

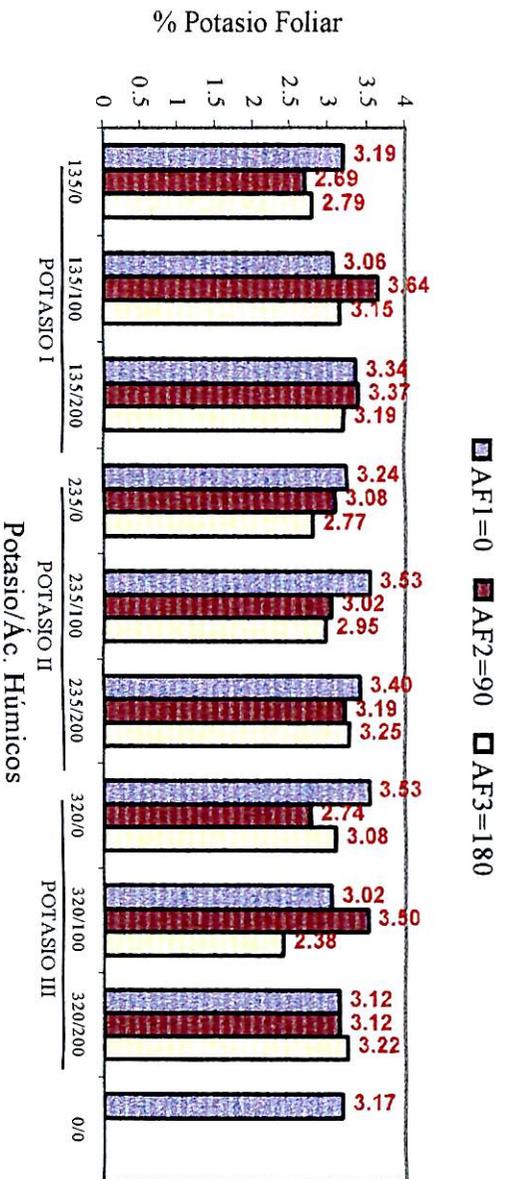


Figura B.8. Valores para la variable concentración de potasio foliar 32 ddt.

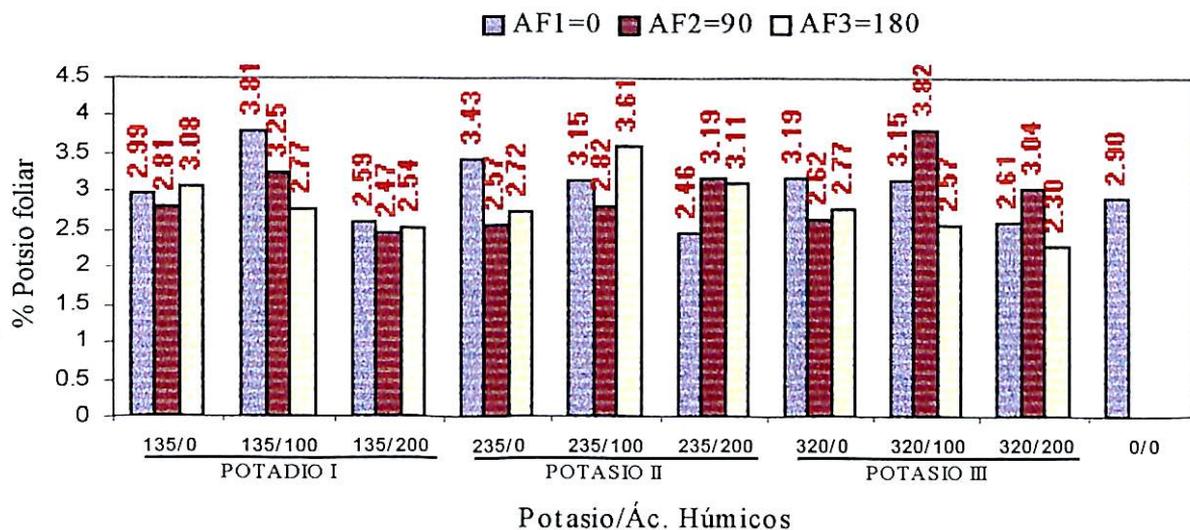


Figura B.9. Valores para la variable concentración de potasio foliar 55 ddt

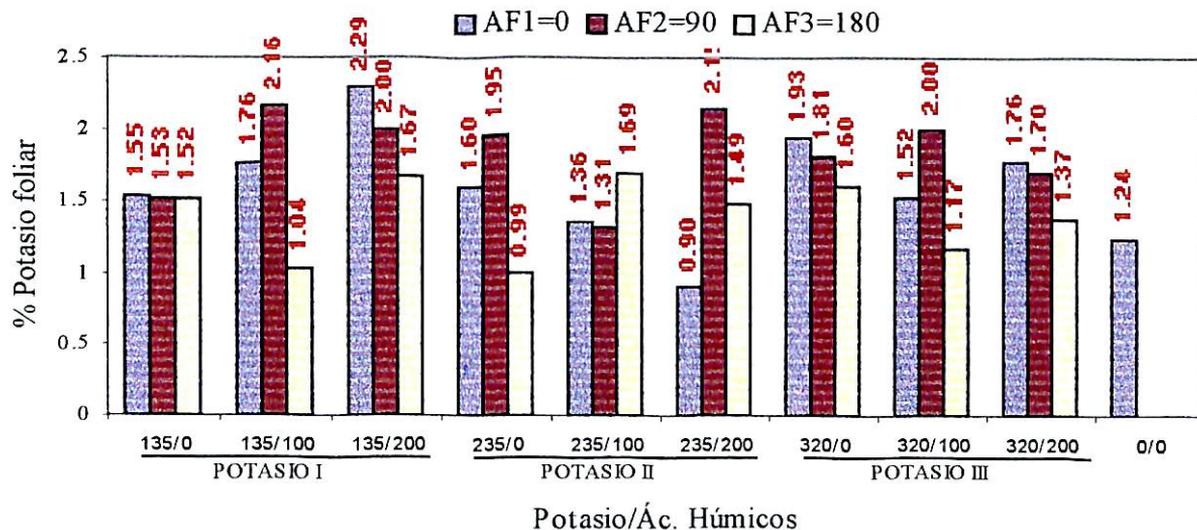


Figura B.10. Valores para la variable concentración de potasio foliar 102 ddt

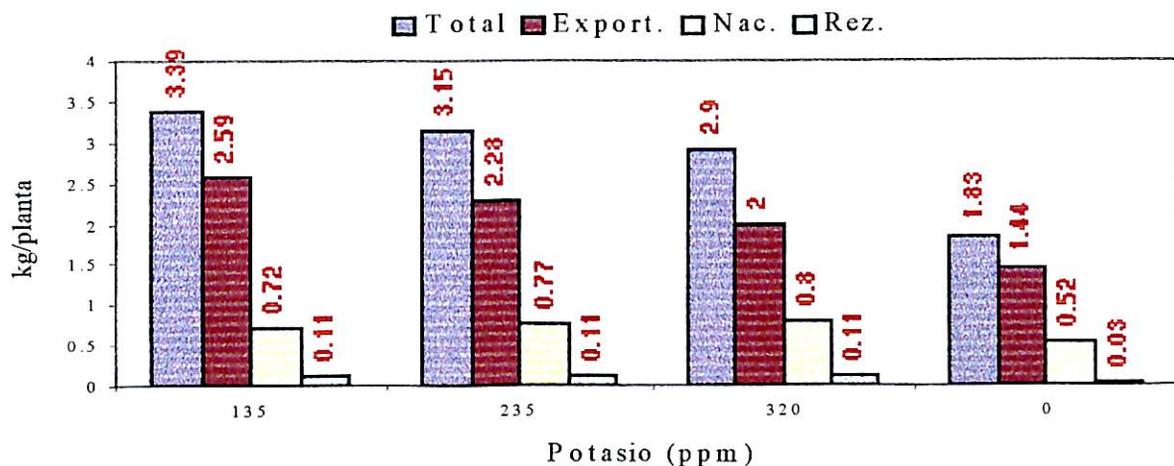


Figura B.11. Comportamiento de Potasio en las variables de producción

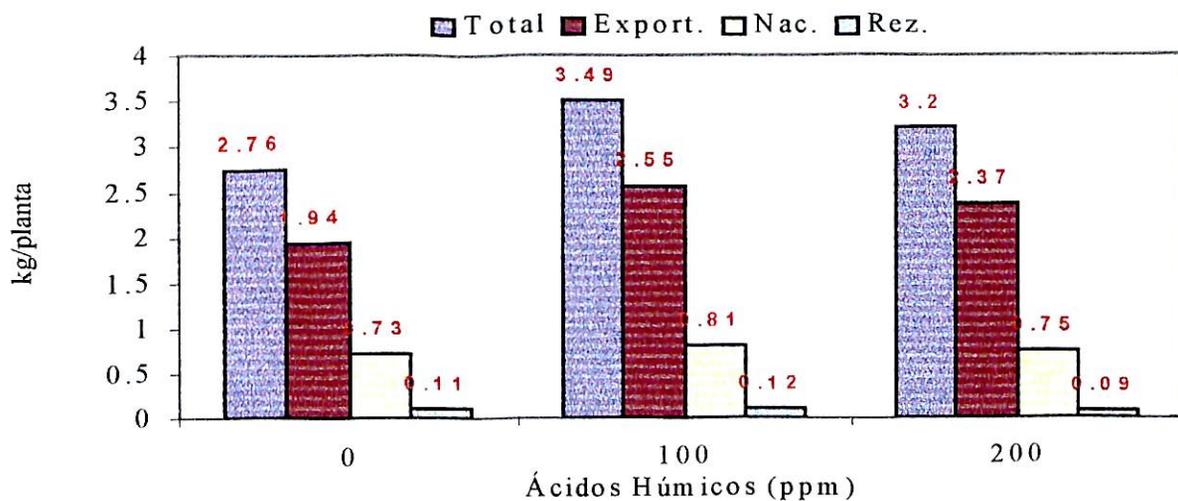


Figura B.12. Comportamiento de Ácidos Húmicos en las variables de producción

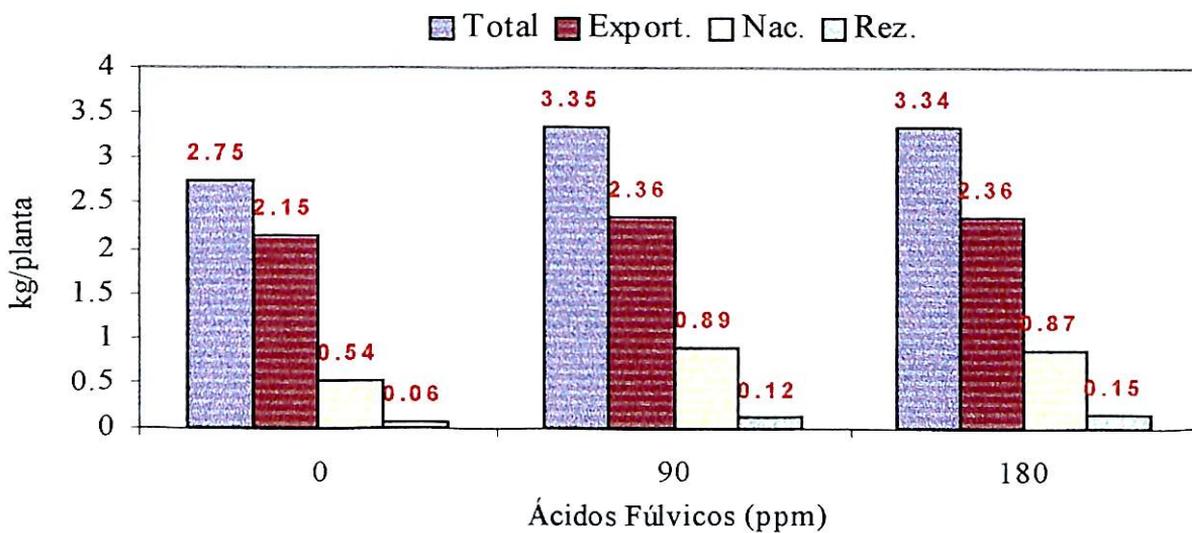


Figura B.13. Comportamiento de Ácidos Fúlvicos en la variables de producción