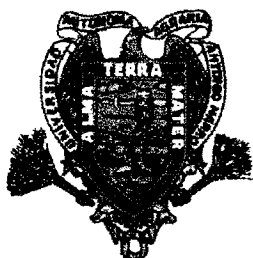


**DERIVADOS HÚMICOS Y UN POLÍMERO EN LAS
RELACIONES HÍDRICAS DEL TOMATE EN
INVERNADERO**

JAVIER CAÑAVERAL GALINDO

TESIS

**Presentada como requisito parcial
para obtener el grado de
Maestro en Ciencias
en Riego y Drenaje**



Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

Mayo de 2002

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DERIVADOS HÚMICOS Y UN POLÍMERO EN LAS RELACIONES
HÍDRICAS DEL TOMATE EN INVERNADERO

TESIS

POR

JAVIER CAÑAVERAL GALINDO

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

MAESTRO EN CIENCIAS
EN RIEGO Y DRENAJE

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal:


M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos

Asesor:


Dr. Alfonso Reyes López

Asesor:


Dr. Alejandro Zermeno González

Asesor:


Dr. Adalberto Benavides Mendoza


Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2002

COMPENDIO

DERIVADOS HÚMICOS Y UN POLÍMERO EN LAS RELACIONES HÍDRICAS DEL TOMATE EN INVERNADERO.

POR

JAVIER CAÑAVERAL GALINDO
MAESTRIA EN RIEGO Y DRENAJE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mayo 2002

MC. Luis Edmundo Ramírez Ramos -Asesor-

Palabras claves: *Lycopersicon esculentum* Mill, fúlvicos, húmicos, polímero, estrés hídrico, arena.

La producción de tomate en México, es afectada por la escasez de agua, que se manifiesta en efectos de inhibición en el rendimiento. Se realizó un experimento en invernadero en tomate con el objeto de determinar el efecto de ácidos húmicos y fúlvicos y un polímero sobre el rendimiento, productividad del agua, potencial hídrico de la hoja, resistencia estomática y transpiración. Se establecieron 12 tratamientos distribuidos en tres niveles de riego (100, 75 y 50 por ciento del agua evapotranspirada). En los tres

criterios de riego con los ácido fúlvicos las plantas presentaron menor estrés hídrico en un 53, 57 y 20 por ciento con relación a sus testigos. El rendimiento superior fue al aplicar los ácidos fúlvicos a la dosis de 0.2 ml L^{-1} y los criterios de riego de 100 y 75 por ciento con un 16 y 17 por ciento por encima del testigo. La misma tendencia se observó para la productividad del agua. En lo que corresponde a transpiración y resistencia estomática la comparación de medias no muestra diferencias significativas. Con la adición de sustancias húmicas se incrementa la productividad del agua, se regula la transpiración al activar el cierre de estomas y permiten la generación de rendimientos similares a los producidos sin restricción alguna de agua, se observó que cuando las plantas están bajo un estrés hídrico, estas destinan mas fotosíntatos a la producción de frutos que al desarrollo de follaje.

ABSTRACT**DERIVED HUMICS AND A POLYMER IN THE RELATIONSHIP WATER OF
THE TOMATO IN GREENHOUSE****By****JAVIER CAÑAVERAL GALINDO****MASTER IN SCIENCE
IRRIGATION AND DRANAIGE****UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
Buenvista, Saltillo, Coahuila, May 2002****MC Luis Edmundo Ramírez Ramos- Advisor-**

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill, fulvic, humic, polymer, water stress, sand.

In Mexico, the tomato growing is affected by the shortage of water, which is manifested in inhibition of effects in the yield. A greenhouse study was carried out to analyze the effect of humic acids and fulvic and a polymer on the yield, productivity of water, leaf water potential, stomatal resistance and transpiration. They settled down 12 treatments distributed in three watering levels (100, 75 and 50 per cent of the water evapotranspiration). In the three

watering criteria with the fulvic acid the plants present less water stress in a 53, 57 and 20 per cent with relationship to their controls. The superior yield went to apply the fulvic acid to the dose of 0.2 ml L^{-1} and the watering criteria of 100 and 75 per cent with a 16 and 17 per cent above the control. The same tendency was observed for the productivity of water. In what corresponds to transpiration and stomatal resistance the comparison of stockings it doesn't show significant differences. With the addition of humic substances the productivity of water is increased, the transpiration is regulated when activating the stomas closing and they allow the generation of similar yields to those produced without restriction some of water, was observed what when the plants to be under water stress, this destine more photosyntatos to fruit production what development of foliage.

INDICE DE CONTENIDO

	Pagina
Índice de Cuadros	ix
Índice de Figuras	x
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	4
Hipótesis	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Definición de Polímero	5
Características de los Polímeros	5
Influencia del Polímero en las Propiedades Físicas del Suelo ...	6
Influencia del Polímero en la Retención de Humedad del	
Suelo.....	8
Estrés Hídrico	9
Ajuste Osmótico	12
Sustancias Húmicas	13
MATERIALES Y MÉTODOS	18
Localización y Características del Área de Estudio	18
Características Físico – Químicas del Suelo	18
Producción de Plantas	19
Establecimiento del Experimento	19

Características de las Sustancias Húmicas	20
Características de los Polímero	20
Criterio de Riego	20
Diseño Experimental	21
Variables Evaluadas	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
Rendimiento	25
Productividad del Agua	26
Potencial Hídrico	28
Transpiración y Resistencia Estomática	29
Masa Seca de Follaje	30
Masa Seca de Raíz	30
CONCLUSIONES	34
RESUMEN	36
LITERATURA CITADA	39
APÉNDICE	43

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1	Relación de tratamientos en estudio con Ácido Fúlvico, Ácido Húmico y Polímero	22
4.1	Promedio de las variables medidas en tomate en invernadero	27

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
4.1	Rendimiento de fruto total por planta a diferentes criterios de riego de humedad con adición de dos sustancias húmicas y un polímero	27
4.2	Productividad del agua a diferentes criterios de riego con adición de dos sustancias húmicas y un polímero	28
4.3	Potencial hídrico a diferentes criterios de riego con adición de dos sustancias húmicas y un polímero	31
4.4	Transpiración a diferentes criterios de riego con adición de dos sustancias húmicas y un polímero	32
4.5	Resistencia estomática a diferentes criterios de riego con adición de dos sustancias húmicas y un polímero	32
4.6	Masa seca de follaje a diferentes criterios de riego con adición de dos sustancias húmicas y un polímero	33
4.7	Masa seca de raíz a diferentes criterios de riego con adición de dos sustancias húmicas y un polímero	33

INTRODUCCIÓN

El tomate es una de las pocas hortalizas que posee un alta demanda a nivel mundial. 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.

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

La producción mundial de tomate es de 89 millones de toneladas. México ocupa el onceavo lugar, sólo con el 2 por ciento del volumen; alcanzar estos rendimientos es cada vez más complicado debido a la escasez del recurso hídrico.

En México el tomate, se ubica entre las primeras cuatro hortalizas más importantes, cultivándose alrededor de 70,000 hectáreas por año, principalmente en los estados de Sinaloa, Morelos, San Luis Potosí, Baja California Norte y Michoacán.

En 1997 la producción nacional alcanzó la cifra de 1' 875, 697 toneladas, producidas en 69,554 hectáreas y para 1998 se plantó una superficie de 74,228 hectáreas, con una producción promedio de 26.96 t ha⁻¹. En 1998 en México, el consumo por persona de tomate fresco fue de 8.6 kg año⁻¹ y envasado de 33.2 kg año⁻¹ (claridades agropecuarias, 1998).

El agua es un factor clave en el desarrollo de las plantas. Es la parte medular de los mecanismos de transferencia de energía y crecimiento de los tejidos, del agua proporcionada a los cultivos por riego o por lluvia cierto porcentaje se pierde por infiltración y percolación, en algunos casos estas pérdidas pueden ser elevadas.

Con la finalidad de eficientar el uso del agua se han realizado investigaciones desde hace varios años por especialistas en el área. De ahí la introducción de una amplia gama de técnicas de manejo del agua que han permitido mejorar el uso del agua, entre estas técnicas podemos citar el mejoramiento de los métodos de riego, coberturas plásticas para evitar la evaporación y la utilización de super absorbentes o hidrogeles.

El uso potencial de los polímeros como acondicionadores del suelo o sustratos para el desarrollo de las plantas depende de diferentes factores incluyendo la capacidad de absorber el agua o vapor de agua, así mismo libera el contenido de humedad del hidrogel a las raíces de las plantas, además de ocasionar el rompimiento en los enlaces liberando iones y nutrientes.

El Polímero es una gran molécula constituida por la repetición de pequeñas unidades químicas simples, en algunos casos la repetición es lineal forma semejante a como a una cadena la forman sus eslabones (Billmeyer, 1975). Estos poseen una alta capacidad de absorción de agua, estos productos han sido mezclados con suelos agrícolas y sustratos con la finalidad de incrementar la capacidad de retención de humedad de los mismos. (Quinn, 1990 y Wallace y Colette, 1981). Este producto absorbe y retiene el agua y es de interés para la producción de cultivos en zonas áridas, lo anterior según (Graham, Nwachuku, y Walsh, 1982) La adición de hidrogel (polímero) al suelo incrementa el rendimiento (Rodríguez y Jasso, 1996)

Los ácidos fúlvicos y húmicos, son sustancias porosas que son capaces de mejorar la estructura del suelo, gracias a lo cual posee una alta capacidad de absorber y retener humedad; así como la disponibilidad de nutrientes para la planta (Narro, 1994). Las sustancias húmicas poseen un efecto estimulante en el transporte hídrico de la planta, los ácidos húmicos y fúlvicos tienen un buen efecto positivo sobre la capacidad de sostenimiento del agua en el suelo. Estas sustancias húmicas también permite la reducción en el abastecimiento de agua en su membrana muy delgada siendo más fácil la liberación durante condiciones de sequía, y así es disponible para las raíces de las plantas. La aplicación de sustancias húmicas mejoró las condiciones del cultivo, mismas que repercutieron en el rendimiento (Isaki, 1995)

Objetivos

Estudiar el efecto del ácido húmico, ácido fúlvico y el polímero en las relaciones hídricas y el rendimiento del tomate.

Hipótesis

El ácido húmico, fúlvico y el polímero son alternativas viables para la producción de tomate en condiciones de estrés hídrico.

REVISION DE LITERATURA

Definición de Polímero

Billmeyer (1975) cita que un polímero es una gran molécula constituida por la repetición de pequeñas unidades químicas simples, en algunos casos la repetición es de forma lineal semejante a una cadena que la forman sus eslabones.

Características de los Polímeros.

Los hidrogeles son polímeros hidrofílicos de alto peso molecular que pueden ser sintetizados de una variedad de monómeros. La composición química de estos polímeros hidrofílicos incluye: acrilamida vía entrecruzada, poliacrilatos de sodio, almidones, copolímeros de acrilato y acrilamida (Tess y Poehlin, 1985).

Los hidrogeles comerciales incluyen copolímeros acrílicos vía entrecruzamiento con la poliacrilamida o ácido poliacrílico y almidones insolubles. (El-Sayed *et al.*, 1991), en un estudio para determinar el efecto de la salinidad en el desarrollo de algunos cultivos hortícolas en condiciones de

suelos arenosos en presencia y ausencia de polímeros de hidrogel, resultó que el polímero fue altamente efectivo como acondicionador de suelo en horticultura, mejorando la tolerancia y desarrollo en ese medio. (El-Sayed *et al.*, 1991), emplearon un hidrogel basado en polióxido de etileno, material ampliamente usado en la industria de la farmacia en forma de polietilenglicol (PEG) y de agentes activos de superficie aniónica. Estos compuestos (PEG) de alto peso molecular son solubles en agua pero se pueden convertir en insolubles y absorbentes vía reacción de sus grupos hidroxílicos terminales con disocianatos, con o sin la adición de otros polioles como agentes de entrecruzamiento.

Los hidrogeles son polímeros los cuales poseen una alta capacidad de absorción de agua, estos productos han sido mezclados con suelos agrícolas y sustratos con la finalidad de incrementar la capacidad de retención de humedad de los mismos (Quinn, 1990 y Wallace y Colette, 1981). Este producto absorbe y retiene el agua y es de interés para la producción de cultivos en zonas áridas, lo anterior según (Graham, Nwachuku y Walsh, 1982)

Influencia del Polímero en las Propiedades Físicas del Suelo.

Mantener la aireación para el crecimiento de las plantas es una de las propiedades físicas del suelo más importantes, la aireación es definida como el porcentaje del volumen de aire ocupado por los poros en un medio después de haber sido saturado y posteriormente drenado (Gavande, 1979).

La porosidad del suelo es el volumen de aire y agua contenido en una unidad de volumen de suelo, distinguiéndose en el suelo tres características importantes que son: la porosidad, la distribución o porcentaje de los diferentes rangos de diámetro de poros y la relación promedio entre la longitud real y la distancia entre extremos de los poros (Gavande, 1979 y Luthin, 1979).

La porosidad del suelo se determina principalmente por el acomodo de las partículas sólidas. Sucede que los suelos arcillosos y orgánicos los cuales son ricos en coloides, generalmente tienen altos valores en porosidad, alrededor de $0.6 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (Narro, 1994), esto es debido a que las cargas eléctricas de estos coloides generan un acomodo de partículas con mucho espacio libre. Mientras que en los suelos arenosos contienen bajos valores de porosidad debido a la baja capacidad reactiva de sus partículas, sus valores aproximados son de $0.4 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ y en suelos compactos se pueden observar valores de porosidad de $0.3 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$.

El conocimiento de la porosidad es de importancia en los cultivos en macetas que se tiene una ventaja en la selección del mejor sustrato como medio de crecimiento, además de las propiedades del suelo pueden ser mejoradas al incorporar medios físicos, uno de estos es la incorporación de hidrogeles o absorbentes al medio de crecimiento (Bugbee y Frink, 1986).

La expansión y aireación son propiedades físicas importantes para poder mantener el espacio de aire necesario para un desarrollo benéfico del sistema

radicular y crecimiento del tomate, tal como señalaron (Bugbee y Frink , 1986).

Wallace *et al.* (1984) mencionaron que el hidrogel favorece a la estabilidad coloidal, permitiendo ésta al suelo tener una mayor capacidad de distribución del agua, así como una mayor penetración y retención de volumen de agua en la estructura de los suelos incluso de los arenosos, la actividad dependerá directamente de ciertas condiciones del suelo tales como: contenido de arcilla, materia orgánica, sales solubles, pH y otras.

Influencia del Polímero en la Retención de Humedad del Suelo.

Lishtuan *et al.* (1986) reportaron que el incremento en el contenido de humedad influye sobre la periodicidad del riego, alargando los intervalos de riego, además de que no afecta la actividad biológica del suelo; reportaron que el hidrogel interviene directamente en la nutrición de las plantas puesto que existe un mejor intercambio iónico suelo-planta, esto fue comprobado analizando plantas de tomate que se desarrollaron en medios que contenían gel y se encontró que las plantas presentaban mejor composición nutricional.

Evans *et al.* (1990) señalaron que los polímeros pueden absorber grandes porciones de agua destilada (tanto como 1000 veces su peso) pero las aplicaciones en el campo muestran que a hidratación excede raramente 400 o 500 veces su peso (g/g) debido al nivel de salinidad en la mayoría de las fuentes de agua. Como la concentración de los iones se incrementa la cantidad

>

de hidratación del polímero disminuye. El tamaño de la partícula varía de 5 micras a 2 mm para un polímero específico y entre diferentes tipos de polímeros.

Johnson y Veltkmap (1985) reportaron que la mayoría de los polímeros específicos para la industria hortícola son fabricados considerando los siguientes criterios de incremento: la capacidad de retención, la porosidad del suelo, la proporción de sobrevivencia en el trasplante, el porcentaje de germinación, así como la disminución del efecto de la compactación del suelo en el crecimiento de las plantas. Además señalan que es sustituido sodio por potasio. Los polímeros se degradan perdiendo de 10 a 15 por ciento de su actividad cada año. La degradación de los hidrogeles es debida a la acción de microorganismos, así como la modificación de la estructura física con el tiempo y a la descomposición química.

Estrés Hídrico

Hsiao *et al.* (1970) mencionan que el estrés hídrico es particularmente detrimental al crecimiento y rendimiento del cultivo si ocurre en un estado de rápido crecimiento, la duración y grado de estrés hídrico son factores importantes en la determinación final de los rendimientos.

El déficit hídrico se refiere a las situaciones en las cuales el potencial de agua en la hoja y el de turgencia son reducidos lo suficiente para afectar

algunos procesos fisiológicos. Para medir el estado de hidratación de una planta es necesario determinar el estado del agua en la planta en términos cuantitativos. Una medida ampliamente usada es el potencial de agua, el cual se refiere a la cantidad de energía libre o energía potencial por unidad de volumen de agua (Hsiao y Bradford, 1983)

Slayter (1969) menciona que el movimiento del agua hacia la planta es el resultado de un gradiente de energía. Si el potencial hídrico total en la planta disminuye, generalmente origina un déficit hídrico, o bien, si hay una elevada demanda atmosférica, también puede producirse estrés hídrico en la planta.

Kramer y Duke (1974) lo definen como aquellas deficiencias de humedad en el medio de la planta que reducen su crecimiento al modificar los procesos fisiológicos y las condiciones que controlan su crecimiento.

Barr (1968) señala que el déficit de agua ocuriente en el tejido vegetal, es un termino indicativo de que el contenido de agua en la planta ha caído abajo de un valor óptimo y causa un grado de disturbancia metabólica; Hsiao (1970) cuantifica rangos de deficiencia hídrica en los tejidos vegetales: a) déficit medio: potencial en solo unos cuantos bars; b) déficit moderado: hasta 12 a 15 bars; y c) déficit severo: potencial mayor de - 15 bares.

Levitt (1974) utiliza el termino estrés para describir cualquier factor ambiental potencialmente desfavorable para los organismos vivientes. El

termino estrés hídrico expresa la disminución de la energía libre del agua (potencial hídrico) debido a la reducción en el contenido de agua en los tejidos, afectando los procesos fisiológicos de las plantas.

El estrés hídrico en las plantas causa el cierre prematuro de los estomas, lo cual reduce pérdidas de agua, pero el cierre de estomas también interfiere con la entrada de CO_2 , lo cual es perjudicial por que se reduce la fotosíntesis. El aumento de peso como resultado de la asimilación de carbono es menor en los tejidos marchitos que en los turgentes Kramer (1963).

Este tipo de relación se observa en la planta como un mecanismo de defensa para no perder grandes cantidades de agua y evitar que la planta muera, esto principalmente es activando el cierre de los estomas. Esta opinión se encuentra respaldada en el hecho de que la transpiración y la fotosíntesis se reducen a menudo más o menos en el mismo grado. Sin embargo como lo señala Slayter (1967) y otros, se supone que hay una resistencia mesofílica adicional en el camino del bióxido de carbono, de modo que un grado dado de cierre de los estomas debería de reducir la transpiración más que la absorción de bióxido de carbono.

Generalmente, como lo mencionan Kumar y Tieszen (1980) todas las plantas se ven sujetas a algún grado de estrés hídrico durante su ciclo vegetativo. Aún aquellas que crecen en suelos húmedos (suelos a capacidad de campo), donde se crean déficits moderados de agua en días calurosos. Este

déficit ocurre porque el equilibrio interno y el grado de estrés hídrico dependen de la relación entre la absorción y la pérdida de agua. Los factores que controlan las tasas de estos procesos no están perfectamente sincronizados, ya que siempre existe un desbalance entre la absorción de agua por las raíces y la transpiración de las plantas, que es debido a la alta resistencia que se oponen al movimiento del agua a través de estas.

Narro (1994) menciona que la retención de humedad de los suelos depende de la textura, del espacio poroso y tamaño de poros, por esta razón en los suelos de textura fina en estado de saturación retienen mayor cantidad de agua que los suelos arenosos que se caracterizan por textura gruesa.

Ajuste Osmótico

Sin embargo López (1995) y Faz (1996) encontraron que la correlación del ajuste osmótico y el rendimiento no es positiva, en pruebas realizadas en Chile y triticale respectivamente. Esto coincide con lo asentado por Fischer y Sánchez (1979) quienes manifiestan que en algunos cultivos de cierta tolerancia a la deficiencia de agua, pueden no tener altos rendimientos, en condiciones no deficitarias.

Begg y Turner (1976) consideran que la respuesta de los cultivos al ajuste osmótico, debería ser considerado como el más importante mecanismo de tolerancia, reportan diferencias en el ajuste osmótico de cultivos y su tolerancia

a sequía, encontrando alta correlación entre el mantenimiento de turgencia por ajuste osmótico, incremento en la elasticidad y la tolerancia a la sequía.

Turner (1980) demuestra que durante la presencia de un estrés hídrico prolongado quizás el ajuste osmótico esta satisfaciendo las principales actividades que involucran el mantenimiento de la turgencia y de ambos gradientes entre la planta y el suelo, que son requeridos para la extracción de agua.

Sustancias Húmicas.

La materia orgánica del suelo, por convención, es dividida en dos grupos: sustancias no húmicas y húmicas (Schnitzer y Khan, 1978).

Kanonova (1981) menciona que las sustancias húmicas provienen de la degradación química y biológica de residuos de plantas y animales y de actividades sintetizadores de microorganismos. Los productos formados tienden a asociarse en estructuras químicas complejas más estables que los materiales de donde provienen (Kingman, 1973).

Schnitzer (1978) y Stevenson (1982) mencionan que las sustancias húmicas son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y más estables que su forma original;

proviene de la degradación de residuos de plantas y animales, así como de la actividad de la síntesis de microorganismos.

Las características generales de las sustancias húmicas son: color oscuro ácido, predominantemente aromáticas, hidrófilas, químicamente complejas, polielectrolíticas, con un amplio rango de peso molecular, del cual va desde algunos cientos a algunos miles (Schnitzer, 1978).

Las sustancias húmicas tienen dos orígenes: 1) residuos vegetales y animales humificados, y 2) estos mismos desechos orgánicos, depositados y cubiertos con arcilla y/o arena, comprimidos lentamente durante miles de años en la tierra, para formar petróleo, carbón y minerales fósiles (turberas, lignitos y leonardita) Schulten y Leinweber (1995) y Schnitzer y Schulten (1992).

Las sustancias húmicas están divididas en tres fracciones, basadas en su disolución en medios líquidos, básicos y ácidos. Las tres fracciones son: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR) (Schnitzer, 1978 y 1991, Stevensen, 1982 y Schnitzer, 2000).

Los ácidos húmicos no son solubles en agua, pero sí en compuestos alcalinos y precipitan en ácido (pH 2-4). Estos compuestos son los de mayor cantidad y estudiados de las sustancias húmicas.

Los ácidos fúlvicos son solubles en agua bajo cualquier condición de pH, es

decir, permanecen en solución, después de la remoción de los AH por acidificación (Schnitzer, 1978, Stevenson, 1982, Schnitzer y Schulten, 1992 y Schnitzer, 2000).

Dentro de todas las características, la más importante, tal vez, es la presencia de los grupos funcionales libres, ya que de ellos depende el accionar de los compuestos húmicos en: mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y en la nutrición y fisiología vegetal (Sorge *et al.*, 1993 y Schnitzer, 1991 y 2000).

Una de las valiosas características de las sustancias húmicas es la habilidad de absorber y retener grandes cantidades de agua. En adición, los ácidos fúlvicos ayudan a la penetración del agua a las células de la planta, ayudando a la captación de nutrientes y almacenamiento de agua durante las condiciones de sequía. Los ácidos fúlvicos pueden balancear el agua durante condiciones de sequía y ayudar en la acumulación de azúcar soluble, ayudando a prevenir el marchitamiento.

Los ácidos húmicos y fúlvicos tienen un buen efecto positivo sobre la capacidad de sostenimiento del agua en el suelo. Estas sustancias húmicas también permite la reducción en el abastecimiento de agua en su membrana muy delgada siendo más fácil la liberación durante condiciones de sequía, y así es disponible para las raíces de las plantas (Jackson, 1997).

Reyna (1996) establece que el efecto de las sustancias húmicas eleva la actividad de los fermentos sintetizantes, en especial la endolasa y sacarosa, lo que conduce a la acumulación de carbohidratos 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.

El estudio conducido en papa y rábano evaluando la respuesta a las aplicaciones de los ácidos húmicos comerciales y fertilizantes químicos sintético. Encontró que Humiplex 60 mejoró las condiciones del cultivo, mismas que repercutieron en el rendimiento Isaki (1995).

Chen y Aviad (1990) mencionan que una adecuada nutrición vegetal arroja resultados positivos sobre la biomasa de la planta. La estimulación del crecimiento de la raíz es generalmente mas aparente que la estimulación del crecimiento del tallo. La típica respuesta muestra incrementos en el crecimiento a medida que se amplía la concentración de sustancias húmicas en la solución nutritiva, seguida por una disminución del crecimiento a concentraciones muy altas. Las aplicaciones foliares mejoran el crecimiento de la raíz y elongan la estructura foliar. Además, las sustancias húmicas pueden formar complejos con cationes metálicos, los que mejoran 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.

MATERIALES Y METODOS

Localización y Características del Área de Estudio

La presente investigación se realizó durante los meses de Diciembre del 2000 a Junio del 2001 bajo condiciones de invernadero ubicado en el área experimental del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo Coahuila, localizada a 25° 12' 36" Latitud Norte y 100° 47' 1" Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, con una Altitud de 1743 msnm.

El tipo de clima: BWhw(x')(e): Clima muy seco semicálido, con invierno fresco, extremo, con lluvias de verano y precipitación invernal al 10 por ciento del total anual.

Característica Físico – Químicas del Suelo

El suelo utilizado en el experimento se analizó en el Laboratorio de Fertilidad y Salinidad del Departamento de Riego y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro presentando las siguientes características, contenido de M. O. en 0.28 por ciento, pH de 8.22, Conductividad Eléctrica de 0.806 dSm⁻¹, Nitrógeno Total 0.014 por ciento, Potasio Intercambiable de más

de 900 kg ha⁻¹, Fósforo Aprovechable de 38.25 kg ha⁻¹, Carbonatos Totales de 0.47 por ciento, Densidad Aparente de 1.95 gr cm⁻¹ y una textura arena (6 de arcilla, 6 de limo y 88 por ciento de arena).

Producción de Plantas

El material genético empleado fue de la variedad "Río Grande" de habito de crecimiento determinado, que se caracteriza por ser de tamaño y forma uniforme; su adaptación comprende desde México (Baja California), Centroamérica, Sudamérica y el Caribe (Petoseed 1995). Las plántulas fueron producidas en charolas germinadoras flotantes de 200 cavidades y Peat Moss como sustrato.

Establecimiento del Experimento

El transplante se realizó cuando las plantas tenían cuatro hojas verdaderas en macetas de plástico de 20 litros, se colocó una plántula en cada una de las 120 macetas (unidades experimentales) a una separación entre ellas de 0.30 m y entre líneas de 0.80 m correspondiendo una densidad de población de 41,625 plantas ha⁻¹.

Se realizó el tutoreo de las plantas atándolas del tallo con hilo rafia de la base del tallo y enredándole con el mismo hasta asegurar que estuviera bien sujeta y holgada evitando apretarle para finalmente atar este hilo a un alambre

principal que corría paralelamente a cada una de las líneas proporcionándoles soporte.

Características de las Sustancias Húmicas

Los tratamientos fueron: un ácido fúlvico (K-tionic) y un húmico (Humitrón) ambos a la dosis de 0.2 ml L^{-1} de agua, provenientes del mineral fósil denominado leonardita, ya comerciales, con una concentración de 25 y 12 por ciento respectivamente y el polímero Soilfix IR, a razón de ocho gramos por maceta (800 ml de gel expandido) y tres criterios de riego (100, 75, 50 por ciento). El polímero fue adicionado al suelo al momento del trasplante.

Características del Polímero

Soilfix IR, es blanco, granular, polímero absorbente de agua, esta diseñado para aumentar la retención de agua, teniendo la capacidad en cualquier suelo actuando como un depósito para agua utilizada para el crecimiento de las plantas (Ciba specialty chemicals water treatments Inc., 1998).

Criterio de Riego

La aplicación del riego se realizó diariamente basándose en un tanque evaporímetro Tipo "A", construido con un molde de aluminio de 34 cm de diámetro, la evapotranspiración se estimó con la evaporación obtenida del

tanque evaporímetro y el coeficiente por desarrollo de cultivo (K_c). (Palacios, 1999). Se estudiaron tres criterios de riego al 100, 75 y 50 por ciento del agua evapotranspirada.

La solución nutritiva utilizada fue la establecida por Hoagland's de forma completa (Hoagland y Arnon, 1938) las sustancias húmicas fueron adicionadas con la solución nutritiva tres veces por semana.

Diseño Experimental

La parcela experimental se estableció en macetas de 20 Kg. de suelo arenoso.

Se evaluó una dosis de ácido fúlvico (0.2 ml L^{-1} de agua), una de ácido húmico (0.2 ml L^{-1} de agua), una de Poliacrilamida, Soilfix IR (8 gramos de polímero por maceta) y el testigo. Cada tratamiento con 10 repeticiones.

El análisis estadístico utilizado fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial considerando los siguientes factores:

- Factor A:**
- A₁ Testigo.
 - A₂ Polímero.
 - A₃ Ácido Fúlvico.
 - A₄ Ácido Húmico.

Factor B: B₁ 100% de agua evapotranspirada.

B₂ 75% de agua evapotranspirada.

B₃ 50% de agua evapotranspirada.

Cuadro 3.1.- Relación de tratamientos en estudio con ácido fúlvico, ácido húmico y Soilfix IR (Polímero).

Tratamiento	Dosis	Criterio de riego
1	0	100 %
2	8 gr. Soilfix IR*	100 %
3	0.2 ml de AF**	100 %
4	0.2 ml de AH**	100 %
5	0	75 %
6	8 gr. Soilfix IR*	75 %
7	0.2 ml de AF**	75 %
8	0.2 ml de AH**	75 %
9	0	50 %
10	8 gr. Soilfix IR*	50 %
11	0.2 ml de AF**	50 %
12	0.2 ml de AH**	50 %

* Aplicados por maceta

** Aplicados a Solución Nutritiva.

AF: Ácido Fúlvico.

AH: Ácido Húmico.

Como resultado de las combinaciones de los productos anteriores con los criterios de riego se obtuvieron 12 tratamientos con 10 repeticiones, para

un total de 120 unidades experimentales. Se realizó una comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.01$).

Variables Evaluadas

Las mediciones de transpiración ($\mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$) y resistencia estomática (s cm^{-1}) se hicieron al mediodía solar. El instrumento de medición utilizado fue el Porómetro modelo LI-600 manufacturado por Li-Cor, INC. Las determinaciones se hicieron en la tercera o cuarta hoja totalmente expuesta a partir del meristemo apical.

El potencial hídrico (Ψ_h) fue determinado en la cámara de Scholander Soil Moisture Equipment Corp. Plant Water Status Console Model 3000. El muestreo se realizó dos veces en el ciclo al mediodía solar en hojas totalmente expuestas, los folíolos se conservaron en hielo hasta la determinación del potencial hídrico. Posteriormente cada muestra fue introducida en la cámara de Scholander y gradualmente se le fue aplicando gas nitrógeno presurizando la cámara hasta un punto que el pecíolo exudase savia, siendo esa presión, el valor de potencial hídrico.

La productividad del agua se obtuvo relacionando la producción de fruta obtenida y el agua consumida por unidad experimental.

Se evaluaron las variables morfológicas como masa seca de follaje y masa seca de raíz. Para obtener la masa seca de raíz y follaje de la planta se utilizó una estufa de secado a 80 °C durante un tiempo de 72 horas.

El rendimiento de la planta se obtuvo con la sumatoria de la fruta en los nueve cortes realizados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento

En el Cuadro 4.1 se presentan los promedios de las variables evaluadas. Con el tratamiento de 0.2 ml L^{-1} de ácido fúlvico con el criterio de riego del 100% de la evapotranspiración estimada se obtuvo el estadístico superior con un rendimiento de $3.55 \text{ kg planta}^{-1}$ lo que significa un 16 por ciento superior al testigo.

En el criterio de riego del 75 por ciento la aplicación de ácido fúlvico a dosis de 0.2 ml L^{-1} resultó estadísticamente diferente al testigo con un 17 por ciento mayor de rendimiento. Al adicionar sustancias húmicas se incremento el rendimiento en comparación con sus testigos en todos los criterios de riego (Figura 4.1), resultados similares fueron reportados por Isaki (1995) donde menciona que en papa y rábano la aplicación de productos húmicos aumentó el rendimiento.

A medida que la reserva de agua disminuye de igual forma se reducen los beneficios de los productos húmicos en la elaboración de fruto, esto se refleja

en el criterio de riego del 50 por ciento donde el tratamiento de 8 g de polímero no mostró diferencias estadísticas a los tratamientos estudiados con sustancias húmicas, pero obtuvo el mayor rendimiento con 14 por ciento por encima del testigo. En los tres criterios de riego los tratamientos analizados con 8 g de polímero registraron mayores rendimientos que sus testigos, esto coincide con lo detectado por Jaramillo (1996) donde mezcló el polímero con suelos agrícolas y sustratos incrementando el rendimiento.

Cabe mencionar la diferencia estadística presentada entre la dosis de 0.2 ml L⁻¹ de ácidos fúlvicos en el nivel de riego del 75 con respecto al testigo de 100 por ciento lo que equivale a un rendimiento superior al 1 por ciento con un ahorro de agua del 25 por ciento.

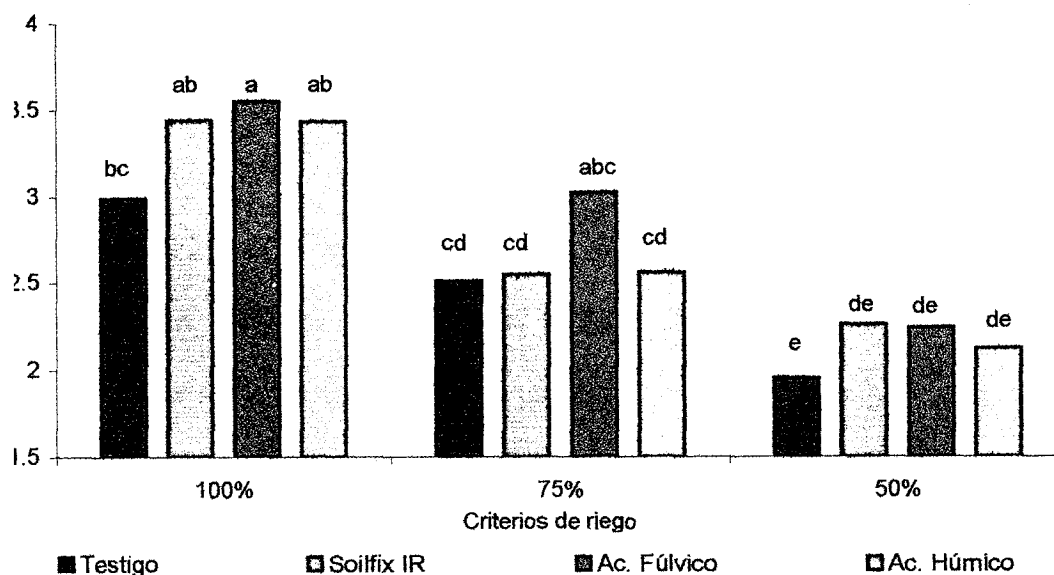
Productividad del Agua.

En la variable productividad del agua al aplicar los tratamientos de 8 g de polímero y 0.2 ml L⁻¹ de ácidos fúlvicos y húmicos a un nivel de humedad del 50 por ciento, las plantas fueron superiores un 13.6, 12.6 y 6.8 por ciento respectivamente al testigo (Figura 4.2).

ro 4.1. Promedio de las variables medidas en tomate en invernadero.

RENDIMIENTO kg planta ⁻¹	PRODUCTIVIDAD DEL AGUA kg m ⁻³	MASA SECA DE RAIZ g planta ⁻¹	MASA SECA DE FOLLAJE g planta ⁻¹	ψH Mpa	TRANSPIRACION μmol s ⁻¹ m ⁻²	RESISTENCIA ESTOMATICA s cm ⁻¹
2.99 bc	22.98 d	94.8 ab	118.7 a	-0.806 ab	10.77 a	5.42 a
3.44 ab	26.48 bcd	43.6 b	105.8 a	-1.133 ab	13.48 a	1.68 a
3.55 a	27.28 bcd	92 ab	114.9 a	-0.374 b	12.67a	3.68 a
3.43 ab	26.37 bcd	68.2 ab	108.4 a	-0.918 ab	17.17 a	1.7 a
2.51 cd	25.71 cd	65.2 ab	102.3 a	-0.892 ab	10.78 a	1.95 a
2.55 cd	26.16 cd	68.9 ab	107.7 a	-1.182 ab	5.67 a	9.37 a
3.02 abc	30.93 abc	65.9 ab	104.8 a	-0.380 b	10.39 a	4.29 a
2.57 cd	26.65 bcd	114.1 a	101.5 a	-1.214 ab	9.99 a	5.64 a
1.95 e	30.07 abc	54.1 b	91.3 a	-1.238 ab	11.27 a	4.13 a
2.26 de	34.8 a	44.3 b	88.8 a	-1.328 a	5.93 a	4.67 a
2.24 de	34.41 a	60.6 ab	91.0 a	-0.992 ab	5.73 a	3.99 a
2.12 de	32.27 ab	60.6 ab	98.1 a	-1.280 a	1.95 a	16.7 a

de significancia Tukey ($P \leq 0.01$)



a 4.1.- Rendimiento de fruto total por planta a diferentes criterios de riego de humedad con adición de dos sustancias húmicas y un polímero.

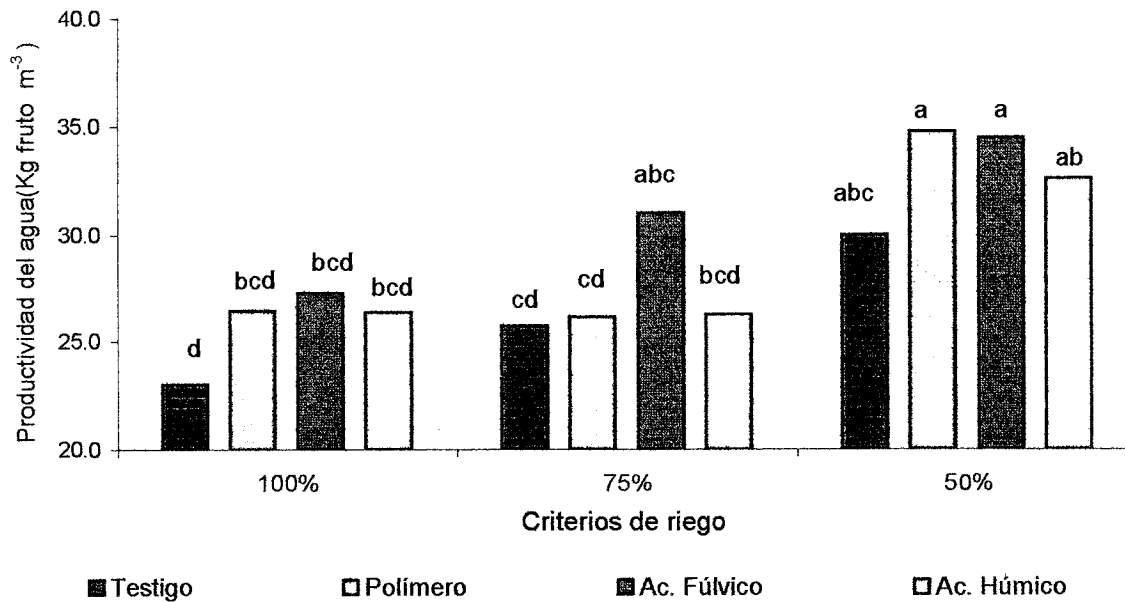


Figura 4.2.- Productividad del agua a diferentes criterios de riego con adición de dos sustancias húmicas y un polímero.

Potencial Hídrico (ψ_h)

En el Cuadro 4.1 y Figura 4.3, se observa que las plantas con el tratamiento de 0.2 ml L^{-1} de ácidos fúlvicos en el criterio de riego del 100 por ciento obtuvieron un valor de potencial hídrico de -0.374 Mpa y el testigo alcanzó un valor de -0.806 Mpa , por lo tanto se registro un 53.6 por ciento menos de estrés hídrico en el tratamiento de ácido fúlvico que en el testigo, resultados similares fueron reportados por Reyna (1996) donde menciona que el efecto de las sustancias húmicas contribuye a la acumulación de carbohidratos en la planta, este mecanismo eleva la presión osmótica de la planta, que contribuye a una mayor resistencia al estrés hídrico.

Transpiración y Resistencia Estomática.

Los valores de las medias de transpiración no muestran diferencias significativas, sin embargo, los testigos en todos los criterios de riego guardan un comportamiento similar, al mantener alta la transpiración en forma uniforme (Figura 4.4).

En los criterios de riego del 75 y 50 por ciento los tratamientos de 8 g de polímero y 2 ml L⁻¹ de ácidos fúlvicos y húmicos registraron valores inferiores de transpiración que sus testigos, no influyendo en la producción de fruto.

La resistencia estomática (Figura 4.5) no presenta diferencias estadísticas, sin embargo, los testigos de los tres criterios de riego mantienen valores de resistencia bajos debido a la elevada transpiración, sin embargo, los tratamientos adicionados con 0.2 ml L⁻¹ de sustancias húmicas mantuvieron valores altos de resistencia, sin afectar los procesos fisiológicos de la planta.

Al analizar la resistencia estomática y la transpiración, y conociendo que el cierre de estomas es un mecanismo de defensa para no perder grandes cantidades de agua y evitar que la planta muera, esto nos sugiere que como lo indica Salisbury (1994) que al presentarse estrés hídrico se origina la presencia de dos ciclos: un ciclo proporciona el desplazamiento de potasio a las células y abre los estomas para permitir la entrada de CO₂, el segundo dependerá del

primero, donde en presencia de estrés hídrico se genera ácido abscísico que protege a la planta contra la pérdida excesiva de agua, de modo que el cierre de los estomas debería de reducir la transpiración más que la absorción de bióxido de carbono (Slayter, 1967).

Masa Seca de Follaje

En la variable rendimiento de masa seca de follaje no existen diferencias estadísticas entre medias, en la Figura 4.6 se observa que el tratamiento de 8 g de polímero a un nivel de riego del 50 por ciento del agua evapotranspirada obtiene 88.8 g de masa seca de follaje superado por su testigo (91.3 g) en un 3 por ciento, en cuanto a la productividad del agua (Figura 4.2) el tratamiento de 8 g de polímero al criterio de riego del 50 por ciento registró 34.8 kg fruto m⁻³ superando a su testigo en un 14 por ciento que obtuvo 30.07 kg fruto m⁻³, por lo que a medida que la disponibilidad del agua disminuye (criterio de riego) de igual forma la generación de masa seca decrece y aumenta la productividad de la planta, ocasionado así la utilización del recurso hídrico para la producción de fruto mas que para la elaboración de follaje.

Masa Seca de Raíz

En la Figura 4.7 se observa que la masa seca de raíz en el criterio de riego del 100 por ciento los tratamientos de 8 g de polímero y 0.2 ml L⁻¹ de ácidos fúlvicos y húmicos registraron valores de 54, 3 y 28 por ciento inferiores al

testigo, este comportamiento se atribuye a la disponibilidad del agua para la planta. En lo que respecta a los criterios de riego del 75 y 50 por ciento donde el contenido de agua disminuye, las plantas tratadas con 8 g de polímero y 0.2 ml L⁻¹ de ácidos fúlvicos y húmicos desarrollaron mayor cantidad de raíces, comportamiento ya reportado por Chen y Aviad (1990) donde mencionan que la adición de sustancias húmicas incrementan el desarrollo radicular.

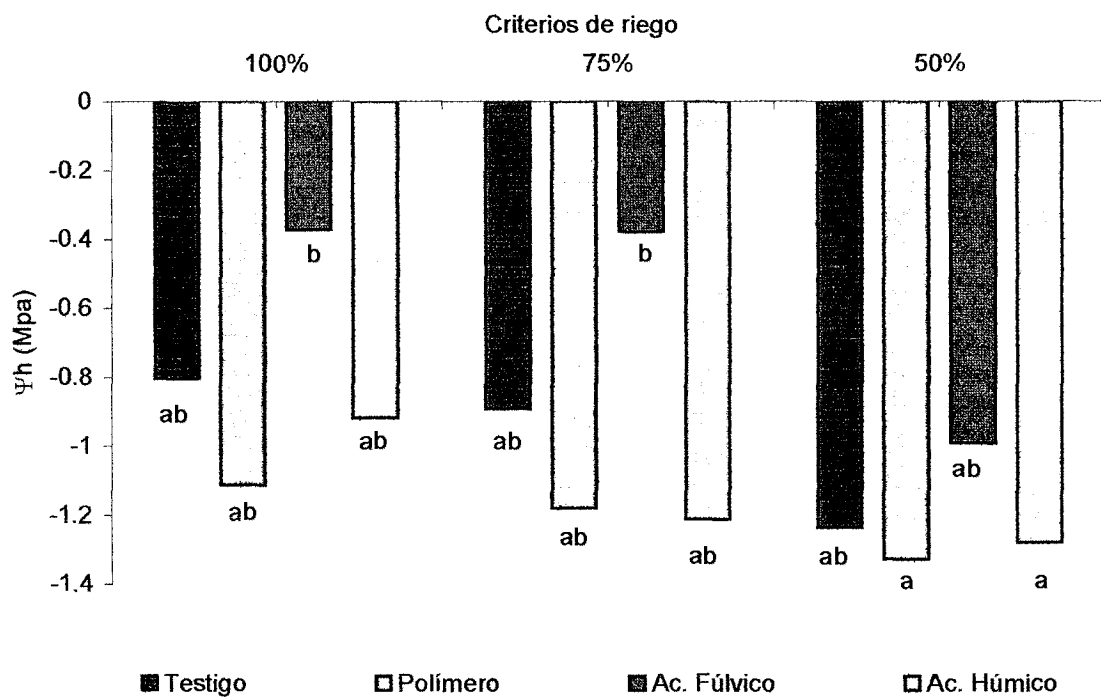


Figura 4.3.- Potencial hídrico a diferentes criterios de riego con adición de dos sustancias húmicas y un polímero.

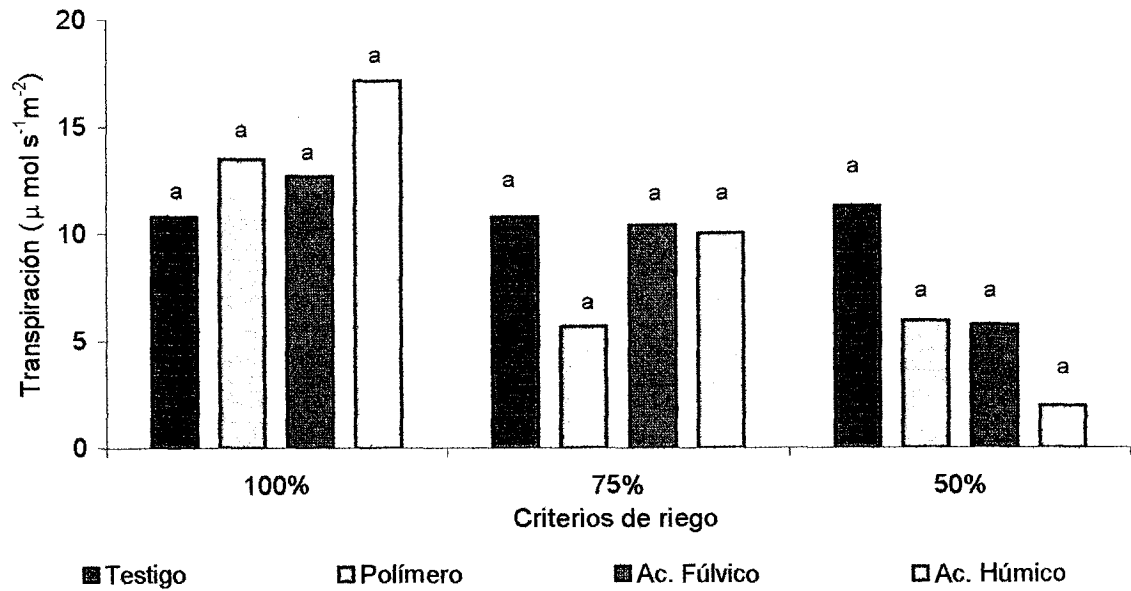


Figura 4.4.- Transpiración a diferentes criterios de riego con adición de dos sustancias húmicas y un polímero.

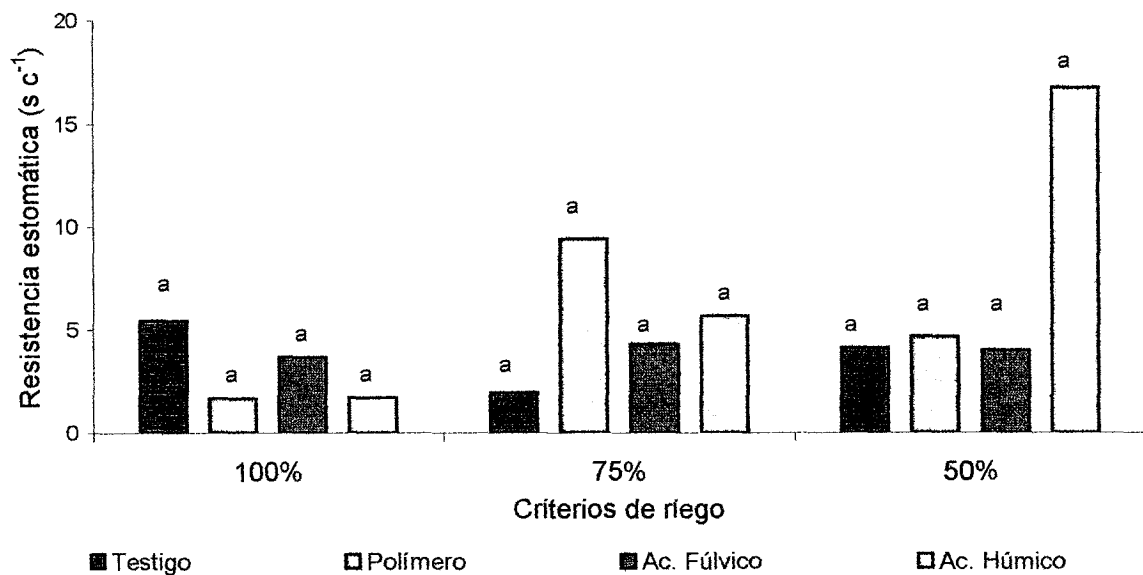


Figura 4.5.- Resistencia estomática a diferentes criterios de riego con adición de dos sustancias húmicas y un polímero.

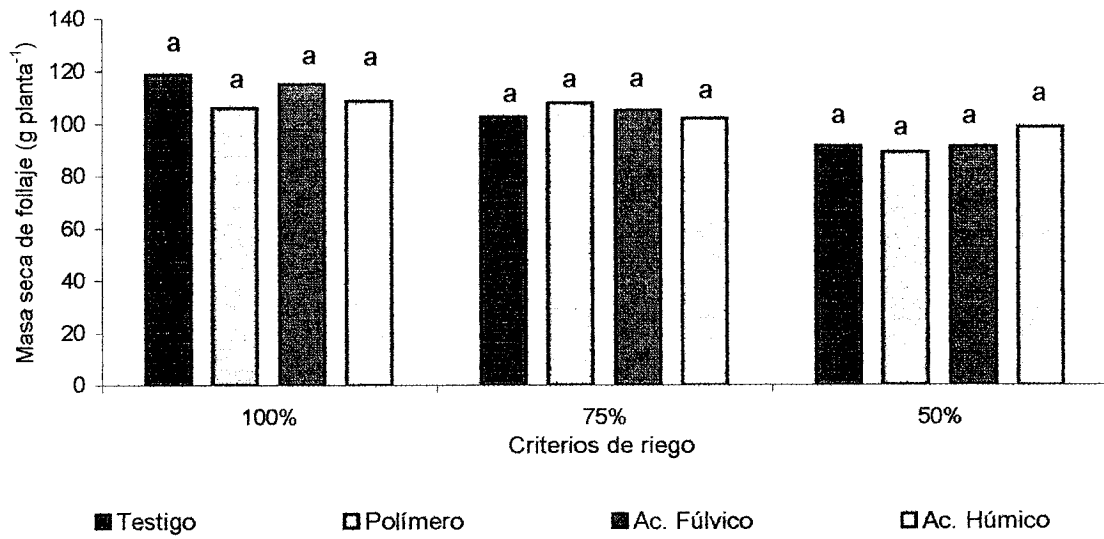


Figura 4.6.- Masa seca de follaje a diferentes criterios de riego con adición de dos sustancias húmicas y un polímero.

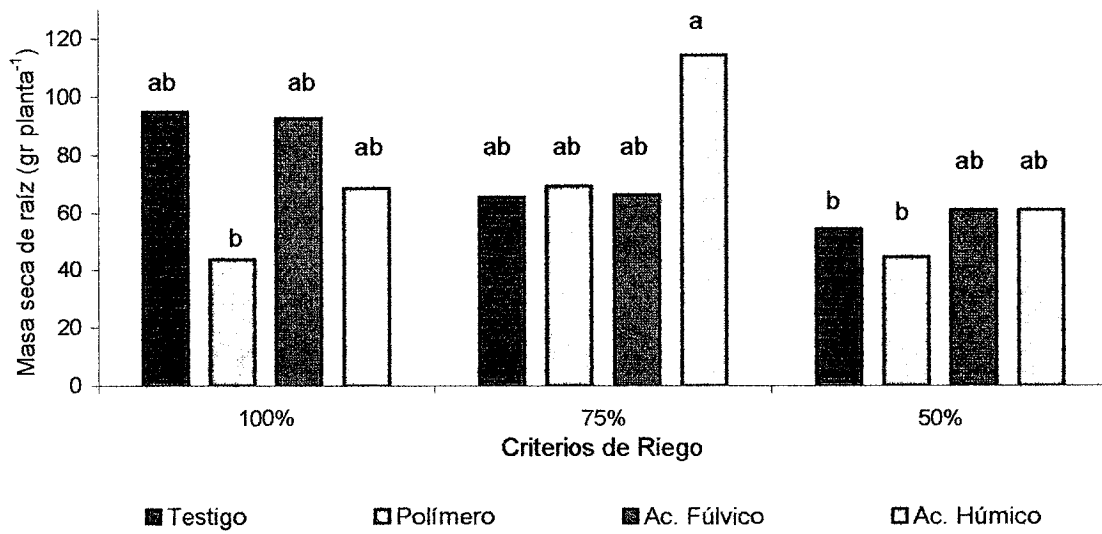


Figura 4.7.- Masa seca de raíz a diferentes criterios de riego con adición de dos sustancias húmicas y un polímero.

CONCLUSIONES

El rendimiento y la productividad del agua se incrementó con la aplicación de ácidos fúlvicos y húmicos manifestando así la disponibilidad del agua para las plantas de tomate.

Los ácidos fúlvicos y húmicos son capaces de mantener el rendimiento aun en condiciones de estrés hídrico, al parecer por mecanismos que satisfacen las principales actividades que involucran el mantenimiento de la turgencia aun en condiciones de sequía.

Los ácidos fúlvicos en dosis de 0.2 ml L^{-1} y con el criterio de riego del 75 por ciento son capaces de generar rendimientos iguales a los manejados sin restricción alguna de agua.

Los derivados húmicos en suelos con déficit hídrico son capaces de conducir el recurso hídrico hacia la producción de fruto limitando la elaboración de área foliar.

La adición de sustancias húmicas en criterios de riego inferiores al óptimo generan el desarrollo radicular.

El Polímero puede ser sustituido confiablemente por los derivados húmicos para obtener mejores rendimientos.

Con la adición de sustancias húmicas aumenta la productividad del agua a un criterio de riego del 50 por ciento del agua evapotranspirada, por lo tanto aumentando la superficie a regar y disminuyendo un 50 por ciento la disponibilidad del agua, se obtienen rendimiento superiores que sin restricción de agua.

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el fin de evaluar los efectos de las sustancias húmicas y un polímero en el rendimiento del cultivo de tomate, y analizar sus efectos fisiológicos desde el punto de vista relación agua, suelo y planta. La investigación se desarrolló bajo condiciones de invernadero en el área experimental del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Latitud Norte 25° 12' 36" y Longitud Oeste 100° 47' 1" y 1743 metros sobre el nivel del mar. El genotipo utilizado fue la variedad Río Grande de hábito determinado. Se aplicó ácidos fúlvicos (K-tionic) y húmicos (Humitrón) a una dosis de 0.2 ml L⁻¹ de agua, provenientes del mineral fósil denominado leonardita con una concentración de 25% y 12% respectivamente y el polímero Soilfix IR, a razón de 8 g. Las plantas producidas en charolas flotantes germinadoras de 200 cavidades y Peat Moss como sustrato, trasplantadas en macetas de plásticos de 20 litros con 19 kilos de suelo arenoso (6 % de Arcilla, 6 % de Limo y 88 % de Arena). La fertilización fue a través de la solución Hoagland's aplicada tres veces por semana adicionándole las sustancias húmicas. La aplicación del riego se realizó diariamente basándose en un Tanque Evaporímetro Tipo "A", construido con un molde de aluminio de 34 cm de diámetro, la evapotranspiración se estimó con la evaporación obtenida del tanque evaporímetro y el coeficiente por desarrollo de

cultivo (Kc). Se estudiaron tres criterios de riego al 100, 75 y 50% del agua evapotranspirada. El análisis estadístico utilizado fue un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3 X 4 y 10 repeticiones, donde el factor A fueron los compuestos y factor B los criterios de riego. Como resultado de las combinaciones de ambos factores se obtuvieron un total de 120 unidades experimentales; se realizó una comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.01$). Las variables evaluadas fueron: rendimiento, productividad del agua, potencial hídrico de la planta, transpiración, resistencia estomática, masa seca de follaje y masa seca de raíz. Los tratamientos estudiados con sustancias húmicas generaron mas rendimiento de fruto en los tres criterios de riego, siendo mayor la productividad del agua en el criterio de riego del 50%, esto se debe a la lamina de agua consumida y a los valores obtenidos de rendimiento. Los tratamientos adicionados con ácidos fúlvicos, húmicos y el polímero registraron valores de transpiración mas altos que el testigo en el criterio de riego del 100%, pero este comportamiento no se reflejo en el criterio de riego del 75 y 50%, por lo tanto la planta genera el cierre de los estomas para evitar la perdida de agua. A medida que la disponibilidad del agua disminuye (criterio de riego) de igual forma la generación de masa seca de follaje se reduce y aumenta la productividad de la planta, ocasionado así la utilización del recurso hídrico para la producción de fruto mas que para la elaboración de follaje. Por lo tanto se concluye que; 1) el rendimiento y la productividad del agua se incrementó con la aplicación de ácidos fúlvicos y húmicos manifestando así la disponibilidad del agua para las plantas de tomate, 2) los ácidos fúlvicos y húmicos son capaces

de mantener el rendimiento aún en condiciones de estrés hídrico, al parecer por mecanismos que satisfacen las principales actividades que involucran el mantenimiento de la turgencia aun en condiciones de sequía, 3) los derivados húmicos en suelos con déficit hídrico son capaces de conducir el recurso hídrico hacia la producción de fruto limitando la elaboración de área foliar.

LITERATURA CITADA

- Barr, H. H. 1968. Determination of water deficits in plant tissues. In water deficits and plant growth. T. T. Kozlowski. Academic Press. New York. USA. 1: 235 – 250 P.
- Begg, J. E. and N. C. Tuner. 1976. Crop water deficits. *Adv. Agron.* 28: 161 – 217 P.
- Billmeyer, F. W. 1975. *Ciencia de los Polímeros.* 3 – 4 P. 2ª.
- Bugbee, G. J. and C. R. Frink. 1986. Aeration of potting media and plant growth. *Soil Science.* 141 (6): 438 – 441 P.
- Ciba specialty chemicals water treatments Inc. 1998. Virginia. E U.
- Claridades Agropecuarias. 1998. El jitomate, la hortaliza de excelencia en exportación. Publicación mensual. Agosto. 4 – 21 P.
- 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.
- El – Sayed, H. R. C. Kirkwood and N. B. Graham. 1991. The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions, *Journal of experimental Botany.* 42 (240) : 891-899 P.
- Evans, R. T.; I. Sisto and D. C. Bowman. 1990. The effectiveness of hyydrogels in container plant production is reduced by fertilizer salts. *Foliage Dig.* 3: 3 – 5 P.
- Faz, C. R. 1996. Parámetros físicos y anatómicos que definen la eficiencia en el uso del agua en el cultivo del triticale. Tesis Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 63 P.

- Fischer, R. A. and M. Sanchez. 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars. II. Effects on plant water relations. *Aust. J. Agr. Res.* 30: 801 – 814 P.
- Gavande, A. S. 1979. Física de Suelos. Principios y Aplicaciones. Editorial Limusa. México, D. F. 33- 35, 107 – 127, 157 –178 P.
- Graham, N. B.; Nwachuku, N. E. and D. T. Walsh, 1982. Interaction of poly(ethylene oxide) with solvents. Preparation and swelling of a cross-linked poly (ethylene oxide) hydrogel. *Polymer.* 23, 1345 – 1349 P.
- Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1938. *The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil.* To circulate number 347 of the University of California Agricultural Experiment Station.
- Hsiao, T. C.; E. Acevedo and D. W. Henderson. 1970. Maize leaf elongation: Continuous measurements and closed dependence on plant water stress. *Science.* 509 – 591 P.
- Hsiao, C. T. y J. K. Bradford. 1983. Physiological Consequences of Cellular Water Deficits. Limitations to Efficient Water Use in Crop Production . Edit. Howard M. Taylor, Wayne, R. Jordan y Thomas, R. Sinclair. 227- 265 P.
- Isaki, H. 1995. Efecto de las sustancias húmicas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L) y rábano (*Rhapanus sativus*). Tesis Maestria. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. P 8-20, 56-58.
- Jackson, R. W. 1997. Dynamic Growing with Humic Acids for Master Gardeners. California.
- Jaramillo, V. J. J. 1996. Efecto de dosis de Hidrogel en el Rendimiento del cultivo de Tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill.) regado bajo el criterio de Tensión de Humedad de Suelo. Tesis Licenciatura. Saltillo, Coahuila. P. 41 – 55.
- Jonson, M. S. And Veltkmap. 1985. Degradation of water-absorbing polymers used as Soil ameliorants. *Arab. Gulf. J. Scuience Res.* 3(2): 745 – 750 P.
- Kanonova, M. M. 1981. Materia orgánica del suelo. Su naturaleza propiedades y metodos de investigación. Madrid, España.
- Kingman, A. R. 1973. A Review of humus and humic acids. Clemson University, Depto of Horticulture, Research series No. 145. March.
- Kramer, P. J. 1963. Water Stress and Plant Growth. *Agronomic Journal* 55: 31 – 35 P.
- Kramer, P. J. and Duke J. B. 1974. Relaciones Hídricas de Suelo y Planta. Ed. Edutex. México. 1 – 7 y 393 – 443 P.

- Kumar, D. and L.L. Tieszen. 1980. Photosynthesis in *Coffea arabica*. I. Effects of Light and Temperature. *Experimental Agriculture*. 16(1):13-19.
- Levitt, J. P. 1974. Responses of plant to Environmental stresses. Academic Press, Inc. New York. USA. 697 P.
- Lishtuan, I. I. ; A. A. Terent'yev; A. J. Surokin; A. M. Kushir. 1986. Change in the hydro physical properties of peatbog soils ofther application of hydrolyzed polyacrilanitrile. *Soviet Soil Science*. Vol. 16 (5): 116 – 121 P.
- López, R. M. T. 1995. Variación de algunos parámetros agronómicos, osmóticos y de elasticidad en una colección de materiales de Chile ancho. Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 90 P.
- Luthin, J. N. 1979. Drenaje de Tierras Agrícolas. Segunda Edición. Editorial Limusa, México, D. F. 28 –57 P.
- Narro, F. E. A. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola. Editorial Trillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila México. 71 – 80 P.
- Palacios, V. E. 1999. Manual para usuarios y técnicos del agua. Colegio de Postgraduados. México. 35 P.
- Petoseed. 1995. Seed for the world. Petoseed Co. Inc. Beeders – Growers. Cal Graphic California. USA.
- Quinn, J. J. 1990. Super absorbents hydrogel use in landscaping turf establishment, *nue* series, interior scaping and agriculture. Proccedings of 22nd. National Agriculture, Proccedinngs of Montreal Quebec, Canada. 122 – 128 P.
- Reyna, B. B., 1996. Reducción de fertilizante de fondo en papa (*Solanum tuberosum* L.) al aplicar bioactivadores húmicos y fertilizantes foliares, en Arteaga, Coahuila. Tesis Maestría, Programa de Graduados de la "UAAAN", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. P. 23 – 32, 105 – 110.
- Rodríguez G. R. Y Jasso C. D. 1996. Efectos de Dosis de Hidrogel en el Rendimiento de Tomate Bajo Riego. Agraria, UAAAN.
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Editorial Iberoamericana. México. D. F.
- Schnitzer, M. 1978. Humic Substances: Chemistry and Reactions: in Soil Organic Mater (Ed.) Schnitzer, and Khan. Soil Organic Mater. . Elsevier, Amsterdam.

- Schnitzer, M. 1991. Soil Organic Matter The Next 75 Years. Soil Science. Vol. 151. No 1. pp 41-58.
- Schnitzer, M. 2000. Advances in Agronomy. Academic Press. Pp 5.
- Schnitzer, M. and Khan, S. U. 1978. Soil Organic Matter. Elsevier, Amsterdam. Scientific Publishing Company. Amsterdam. Pp 319.
- Schnitzer, M. and Schulten, H. R. 1992. The analysis of soil organic matter by pyrolysis-field ionization mass spectrometry. Soil Sci. Soc. Am. J. 56, 1811 – 1817.
- Schulten, H. R. and Leinweber, P. 1995. Composition, stability and turnover of soil organic matter; investigations by off-line pyrolysis and direct pyrolysis – mass spectrometry. J. Anal. Appl. Pyrol. 32, in press.
- Slayter, R.A. 1967. Some physiological aspects of internal control of leaf transpiration. Agric. Meteorol. 3:281-292.
- Slayter, R.A. 1969. Plant-water relationships third Printing Academic Press. London and New York. 135 P.
- Sorge, C. Muller, R., Leinweber, P., and Schulten, H. R. 1993. Pyrolysis-mass spectrometry of whole soils, soil particle-size fractions, litter materials and humic substances: statical evaluation of sample weight, residue, volatized matter and ion intensity. Fresenius J. Sanal. Chem. 346, 697 – 703 P.
- Stevenson, F. J. 1982. Humus chemistry: Genesis, Composition, Reactions. Wiley, New York.
- Tess, R. W. and G. W. Phoelin. 1985. Applied polymer science. ACS. Symp. Ser. 285. Amer. Chem. Soc. Washinton, D. C.
- Furner, N.C. 1980. Concurrent comparisons of stomatal behavior, water status, and evaporation of maize in soil at high or low water potential. Plant Physiology. 55:932-936.
- Nallace, G. P. and C. J. Colette. 1984. Effects of hydrogel incorporation in peat lite on tomato growth and water relations. Soil Sci. Plant. ANAL. 15(7): 799 – 810 P.

APÉNDICE

PAGINAS WEB CONSULTADOS

<http://www.unifieldsystems.com/humicacids.htm>.

<http://www.excesior.com.mx/tomate>. 2001

Cuadro A.1. Características Físicas y Químicas del Suelo empleados en la Investigación.

Características	Valores Obtenidos
pH	8.31
Materia Orgánica	0.28 %
Nitrógeno Total	0.014 %
Potasio Intercambiable	Mas de 900 Kg Ha ⁻¹
Fósforo Aprovechable	38.25 Kg Ha ⁻¹
Carbonatos Totales	0.47 %
Arcilla	6.0 %
Limo	6.0 %
Arena	88.0 %
Textura	Arena
CE	0.806 dS m ⁻¹
Na	0.85 meq lt ⁻¹
Ca	2.5 meq lt ⁻¹
Mg	7.5 meq lt ⁻¹
Cl	7.0 meq lt ⁻¹
SO ₄	17.96 meq lt ⁻¹
CO ₃	7.0 meq lt ⁻¹
HCO ₃	4.5 meq lt ⁻¹
Densidad Aparente	1.95 gr cm ⁻³

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- Tonic	Líquido	Complejo Orgánico Fúlvico	25%	Vegetal

Cuadro A.3. Lámina Evapotranspirada en el ciclo de cultivo.

Tratamiento	Lámina Aplicada (cm)
T1 Testigo	184
T2 Polímero	184
T3 Ácido Fúlvico	184
T4 Ácido Húmico	184
T5 Testigo	138
T6 Polímero	138
T7 Ácido Fúlvico	138
T8 Ácido Húmico	138
T9 Testigo	92
T10 Polímero	92
T11 Ácido Fúlvico	92
T12 Ácido Húmico	92

Cuadro A.4. Análisis de Varianza de la variable Rendimiento.

FV	GL	SC	CM	F	F_α
Tratamientos	3	3.04064	1.01355	10.5945	0.000
Criterios de Riego	2	29.58490	14.79245	154.6235	0.000
Interacción	6	1.39209	0.23201	2.4252	0.030
Error	108	10.33209	0.09566		
Total	119	44.34973			

CV = 11.43 %

Cuadro A.5. Análisis de Varianza de la variable Productividad del Agua.

FV	GL	SC	CM	F	F_α
Tratamientos	3	327.72656	109.24218	8.8050	0.000
Criterios de Riego	2	1140.43750	570.21875	45.9598	0.000
Interacción	6	94.98437	15.83072	1.2760	0.274
Error	108	1339.94531	12.40690		
Total	119	2903.09370			

CV = 12.27 %

Cuadro A.6. Análisis de Varianza de la variable Número de Flores.

FV	GL	SC	CM	F	F_α
Tratamientos	3	251.78125	83.92708	0.5302	0.668
Criterios de Riego	2	12572.4062	6286.20312	39.7128	0.000
Interacción	6	2785.46875	464.24478	2.9328	0.016
Error	48	7598.00000	158.29167		
Total	59	23207.65625			

CV = 16.92 %

Cuadro A.7. Análisis de Varianza de la variable Número de Frutos.

FV	GL	SC	CM	F	F _α
Tratamientos	3	1175.00000	391.66665	5.5569	0.003
Criterios de Riego	2	2539.60937	1269.80468	18.0157	0.000
Interacción	6	2319.84375	386.64062	5.4856	0.000
Error	48	3383.20312	70.48339		
Total	59	9417.65625			

CV = 14.15 %

Cuadro A.8. Análisis de Varianza de la variable Número de Racimos.

FV	GL	SC	CM	F	F _α
Tratamientos	3	63.65625	21.21875	0.5121	0.680
Criterios de Riego	2	790.93750	395.46875	9.5446	0.001
Interacción	6	408.78125	68.130211	1.6443	0.155
Error	108	1988.81250	41.433594		
Total	119	3252.18750			

CV = 11.57 %

Cuadro A.9. Análisis de Varianza de la variable Radiación.

FV	GL	SC	CM	F	F _α
Tratamientos	3	248376.00	82792.00	2.8510	0.046
Criterios de Riego	2	220840.00	110420.00	3.8024	0.028
Interacción	6	371592.00	61.932.00	2.1327	0.066
Error	48	1393904.00	29039.66		
Total	59	2234712.00			

CV = 12.94 %

Cuadro A.10. Análisis de Varianza de la variable Potencial Hídrico.

FV	GL	SC	CM	F	F _{0.05}
Tratamientos	3	3571328.0	1190442.65	10.1833	0.000
Criterios de Riego	2	1725624.0	862812.00	7.3807	0.002
Interacción	6	532544.0	88757.33	0.7592	0.607
Error	108	5611280.0	116901.66		
Total	119	11440776.0			

CV = 34.96 %

Cuadro A.11. Análisis de Varianza de la variable Transpiración.

FV	GL	SC	CM	F	F _{0.05}
Tratamientos	3	50.03808	16.67936	0.3473	0.794
Criterios de Riego	2	539.63867	269.81933	5.6175	0.007
Interacción	6	362.93359	60.48893	1.2594	0.293
Error	48	2305.52294	48.03172		
Total	59	3258.13330			

CV = 71.81 %

Cuadro A.12. Análisis de Varianza de la variable Resistencia.

FV	GL	SC	CM	F	F _{0.05}
Tratamientos	3	177.93310	59.31103	2.4995	0.070
Criterios de Riego	2	168.48559	84.24279	3.5501	0.035
Interacción	6	618.00561	103.00093	4.3406	0.002
Error	48	1139.01318	23.72944		
Total	59	2103.43750			

CV = 93.28 %

Cuadro A.15. Análisis de Varianza de la variable Peso Seco de Follaje.

FV	GL	SC	CM	F	F _α	
tratamientos	3	267.3125	89.10416	0.4183	0.744	N
erios de Riego	2	3392.0625	1696.03125	7.9627	0.001	*
Interacción	6	1124.3750	187.39582	0.8798	0.518	N
Error	108	10223.8750	212.99739			
Total	119	15007.6250				

CV = 14.27 %

Cuadro A.16. Análisis de Varianza de la variable Peso Seco de Raíz.

FV	GL	SC	CM	F	F _α	
tratamientos	3	6680.5000	2226.8332	4.5074	0.007	*
erios de Riego	2	6432.7500	3216.3750	6.5104	0.003	*
Interacción	6	11313.1875	1885.5312	3.8166	0.004	*
Error	48	23713.7187	494.0357			
Total	59	48140.15625				

CV = 32.04 %

Cuadro A.17. Análisis de Varianza de la variable Área Foliar.

FV	GL	SC	CM	F	F _α	
tratamientos	3	987488.00	329162.65	3.3848	0.025	*
erios de Riego	2	927744.00	463872.00	4.7700	0.013	*
Interacción	6	1064960.00	177493.32	1.8252	0.114	N
Error	48	4667920.00	97248.33			
Total	59	7648112.00				

CV = 15.62 %