



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE UREA Y SULFATO
DE MAGNESIO EN PLANTA JOVEN DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*
Mill) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO BIOTECNÓLOGO

PRESENTA

Eduardo Humberto Salazar Villegas

CD. OBREGÓN, SONORA

ENERO DE 2005

INDICE

	Pág.
LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE GRAFICAS	vi
RESUMEN	viii
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	2
1.2 Objetivo.....	3
1.3 Hipótesis.....	3
II Revisión bibliográfica	4
2.1 Tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>).....	4
2.1.1 Origen.....	4
2.1.2 Clasificación taxonómica.....	4
2.1.3 Descripción botánica.....	5
2.1.4 Importancia.....	7
2.1.5 Valor nutricional.....	7
2.1.6 Requerimientos edafoclimáticos.....	8
2.2 La fertilización.....	10
2.2.1 Fertilización foliar.....	11

2.2.2 Fertilización al suelo.....	12
2.3 Nitrógeno.....	15
2.4 Magnesio.....	17
III MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1 Localización del experimento.....	21
3.2 Diseño de experimento.....	21
3.3 Tratamientos.....	22
3.4 Variables evaluadas.....	24
3.4.1 Altura de la planta.....	24
3.4.2 Área foliar.....	24
3.4.3 Peso seco de parte aérea.....	25
3.4.4 Clorofila total.....	26
3.4.5 Longitud de raíz.....	26
3.4.6 Peso volumétrico de raíz.....	27
3.4.7 Peso seco de raíz.....	27
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1 Tasa relativa de crecimiento.....	29
4.2 Área foliar.....	31
4.3 Peso seco parte aérea.....	33
4.4 Clorofila total.....	35
4.4.1 Clorofila en Aplicación 1.....	35
4.4.1.1 Fertilización al suelo.....	35
4.4.1.2 Fertilización Foliar.....	36

4.4.2 Clorofila en Aplicación 2.....	37
4.4.2.1 Fertilización al suelo.....	37
4.4.2.2 Fertilización foliar.....	39
4.4.3 Clorofila en Aplicación 3.....	40
4.4.3.1 Fertilización al suelo.....	40
4.4.3.2 Fertilización Foliar.....	41
4.5 Longitud de raíz.....	43
4.6 Peso volumétrico.....	44
4.7 Peso seco de raíz.....	46
V CONCLUSIÓN.....	48
BIBLIOGRAFÍA.....	49

LISTA DE CUADROS

	Pág.
1. Clasificación taxonómica del tomate.....	5
2. Composición nutricional del tomate en 100 g del producto.....	8
3. Características fisicoquímicas de la urea granulada.....	16
4. Características físicas del MgSO ₄	20

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Forma estructural de la clorofila.....	18
2. Medición de altura de las plantas de tomate con regla graduada....	24
3. Integrador de área foliar.....	25
4. Secado de las muestras de parte aérea.....	26
5. Medición de clorofila.....	26
6. Medición de longitud de raíz.....	27
7. Medición de peso volumétrico de la raíz.....	27
8. secado de muestras.....	28

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
1. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre la tasa relativa de crecimiento (TRC) en fertilización al suelo.....	30
2. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre la tasa relativa de crecimiento (TRC) en fertilización foliar.....	31
3. Efecto de las diferentes dosis de urea y sulfato de magnesio aplicado al suelo en el área foliar.....	32
4. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el área foliar en aplicación foliar.....	33
5. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el peso seco de la parte área en fertilización al suelo.....	34
6. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el peso seco de la parte área en fertilización foliar.....	35
7. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el contenido de clorofila total en fertilización 1 al suelo.....	36
8. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el contenido de clorofila total en fertilización 1 foliar.....	37
9. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el contenido de clorofila total en fertilización 2 al suelo.....	39
10. Gráfica 10. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el contenido de clorofila total en fertilización 2 foliar.....	40
	41

11. Gráfica 11. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el contenido de clorofila total en fertilización 3 al suelo.....	
12. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el contenido de clorofila total en fertilización 3 foliar.....	43
13. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre la longitud de la raíz en fertilización al suelo.....	44
14. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre la longitud de la raíz en fertilización en foliar.....	44
15. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el peso volumétrico de la raíz En fertilización al suelo.....	46
16. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el peso volumétrico de raíz en fertilización al suelo.....	46
17. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre Peso seco raíz en fertilización al suelo.....	47
18. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre Peso seco raíz en fertilización foliar.....	48

RESUMEN

El tomate es un fruto con alto valor comercial y una enorme importancia mundial. La aceptación general es en la alimentación, ello debido a su utilización en forma muy variada. Además, de sus excelentes cualidades organolépticas, alto valor nutricional y en contenido de licopeno y vitamina C. Comparado con otros con otros vegetales, los frutos de tomate son menos perecederos y más resistentes a daños por transportes.

Es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada.

Una de las metas de este trabajo fue conocer si los parámetros de crecimiento de la planta de tomate en etapa joven se ven afectados, ya sea positiva o negativamente por diferentes concentraciones de Nitrógeno y Magnesio, aplicados al cultivo en forma directa y foliar, con el fin de obtener un mejor desarrollo y rendimiento de la planta.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la influencia de las dosis de aplicación de Nitrógeno y Magnesio, utilizando como fuentes a urea y sulfato de

magnesio respectivamente, sobre el desarrollo de plantas jóvenes de tomate bajo condiciones de invernadero.

Este trabajo se llevó a cabo bajo un diseño experimental simple, completamente al azar, constó de 7 tratamientos y 5 repeticiones en fertilización foliar y al suelo, resultando un total de 70 unidades experimentales. Para lo cual se tomaron vasos de unicel, llenado a $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad con sustrato SUNSHINE 3, posteriormente se introdujo una semilla a una profundidad de 1 cm. teniendo como fecha de siembra el 1 de Octubre del 2004, una vez sembrado se regó periódicamente cumpliendo las necesidades de requerimiento de agua, cuando emergió la primera hoja verdadera (16 de Octubre) se adquirieron las características mas apropiadas para el experimento.

Los tratamientos aplicados fueron: Tratamiento 1 (1 Kg de urea), Tratamiento 2 (2 Kg de urea), Tratamiento 3 (3 Kg de urea), Tratamiento 4 (1 Kg de sulfato de magnesio), Tratamiento 5 (2 Kg de sulfato de magnesio), Tratamiento 6 (3 Kg de sulfato de magnesio) y Tratamiento 7 testigo.

La respuesta encontrada en el caso de fertilización directa, el tratamiento que arrojó los mejor datos fue el 1 (1 Kg urea), ya que en todas las variables evaluadas fue el que tuvo un mejor comportamiento, superando en todos los casos al testigo

Por otro lado en cuanto a la fertilización foliar el mejor tratamiento fue el 5 (2 Kg de sulfato de magnesio) en la mayoría de las variables evaluadas, excepto clorofila total de la primera y la tercera aplicación

Es necesario considerar que las conclusiones a las que se llegó son para una mejor vigorosidad de la planta para etapas tempranas de crecimiento, pero es necesario complementar este experimento llevándolo hasta cosecha para emitir una recomendación más completa.

I INTRODUCCIÓN

El tomate es un fruto con alto valor comercial y una enorme importancia mundial. Posee excelentes cualidades organolépticas, alto valor nutricional y en contenido de licopeno y vitamina C. Comparado con otros vegetales, los frutos de tomate son menos perecederos y más resistentes a daños por transportes.

Es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en la demanda del producto o a las oportunidades de exportación aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada.

El cultivo de hortalizas en el Valle del Yaqui, Sonora, se ha visto incrementado en área como resultado de su alta redituabilidad, potencial que contrasta con los cultivos extensivos que tradicionalmente se han sembrado en la región. En promedio de los últimos 10 años, se han sembrado 9525 has de hortalizas representando el 3.6 % del área cultivable total en el valle.

La importancia de las hortalizas se ve enfatizada por el hecho de que a nivel nacional ocupan junto con los frutales cerca del 27% del área cultivada, generando el 36% del valor de la producción agrícola (Valenzuela y Guerrero, 2000).

Por otra parte, uno de los materiales que se necesita incorporar al cultivo de esta hortaliza son los fertilizantes, ya que estos son esenciales para el buen crecimiento y desarrollo de la planta y por lo tanto del fruto. Entre estos elementos destacan el nitrógeno y magnesio.

Para poder comercializar las plantas obtenidas, éstas deben de cumplir con ciertos requisitos, por ejemplo un buen color, forma, tamaño; como resultado de esto se estudió el efecto de la aplicación al suelo y foliar de nitrógeno (usando como fuente urea) y magnesio (usando como fuente sulfato de magnesio) para incrementar los parámetros de crecimiento de la planta joven de tomate en condiciones de invernadero y así obtener mayores resultados.

1.1 Justificación.

La producción de tomate es de gran importancia para nuestro país, debido a su demanda comercial que genera divisas que ayudan al sector agrícola, además de sus aportes nutricionales. En este proyecto se tratará de determinar de que manera las concentraciones de Nitrógeno y Magnesio aumentan los parámetros de crecimiento de una variedad de tomate (*Lycopersicum esculentum*).

La carencia de ambos nutrientes en la planta de tomate daría como resultado menor vigor vegetativo, velocidad crecimiento e intensidad del color verde de la masa foliar, además tendrían una mala apariencia, producción limitada y por lo tanto pérdidas económicas por el poco rendimiento que se tuvieran.

Este experimento servirá para saber si los parámetros de crecimiento de la planta de tomate se ven afectados, ya sea positiva o negativamente por diferentes concentraciones de Nitrógeno (urea) y Magnesio (sulfato de magnesio) que se aplicaran al cultivo al suelo y foliar, con el fin de obtener un mejor desarrollo y rendimiento de la planta.

Con la presente investigación las personas beneficiadas serán los productores agrícolas y los productores de plántulas, ya que podrán optimizar el uso de la urea y de sulfato de magnesio.

1.2 Objetivo

Evaluar la influencia de las dosis de aplicación de urea y sulfato de Magnesio sobre el desarrollo de plantas jóvenes de tomate bajo condiciones de invernadero

1.3 Hipótesis

La aplicación de urea y sulfato de magnesio tanto al suelo como foliar afecta de manera positiva el crecimiento y desarrollo vegetal inicial de plantas jóvenes de tomate bajo condiciones de invernadero.

II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tomate (*Lycopersicum esculentum*)

2.1.1 Origen

Es una planta originaria de Perú, Ecuador y México, países en donde se encuentran varias formas silvestres. Fue introducida en Europa en el siglo XVI. Al principio se cultivaba como planta de adorno, fue a partir de 1900 cuando se extendió el cultivo como alimento humano (Maroto, 1992).

2.1.2 Clasificación taxonómica.

Botánicamente se clasifica el tomate como *Lycopersicum esculentum*. Este género pertenece a la familia de las solanáceas. Esta familia abarca varias especies de importancia económica. Los géneros más importantes de la familia de las solanáceas son: el tomate, la berenjena, el pimentón, los ajies y el tomatillo (Pérez *et al.*, 1997).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del tomate.

Nombre común	Tomate
Nombre científico	<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Orden	Solanáceas
Familia	Solanáceas
Genero	<i>Lycopersicum</i>
Especie	<i>Esculentum</i>

http://redescolar.ibe.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi_biosfera/flora/tomate.htm

2.1.3 Descripción botánica.

Semilla: la semilla del tomate son aplanadas y de forma lenticular, de dimensiones aproximadas de 5*4*2 mm, está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, un gramo de semilla contiene entre 300 y 500 de ellas. La semilla permanece viable por 3 o 4 años.

(<http://gro.itesm.mx/agronomía2/extensivos/Cttomatendicedecultivo.html>· Avena).

Planta: perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado o indeterminado (Muñoz y Castellanos, 2003).

Sistema radicular: raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central,

donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes).

<http://www.adevag.com/pdf/EI%20Tomate.pdf>

Raíz: la raíz principal se desarrolla rápidamente a profundidades mínimas de 80 cm, sin embargo, con el sistema de transplante, el sistema radicular tiende a ser fibroso con muchas raíces laterales hasta de 40 cm de profundidad (Pérez *et al.*, 1997).

Tallo principal: eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Su estructura, de fuera hacia dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o cortex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Muñoz y Castellanos, 2003).

Hoja: compuesta e imparpinada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal (Muñoz y Castellanos, 2003).

Fruto: baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es

indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (<http://sakata.com.mx/paginas/ptomate.htm>).

2.1.4 Importancia.

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio.

En cuanto a la demanda de tomate en el mercado de USA esta ha tenido un crecimiento sin precedente en los últimos años, pues la importación creció de 19,000 ton en 1994 a 180000 ton en el año 2000, es decir un incremento de casi 10 veces en solo 6 años. En cuanto al origen de este volumen 44000 ton (25%) proceden de México (Muñoz y Castellanos, 2003).

El tomate ha venido despertando en los últimos años un gran interés entre la comunidad científica por el efecto beneficioso que parece tener sobre nuestro organismo, y son cada vez más los estudios que parecen confirmar que este vegetal es una fuente inagotable de propiedades preventivas y curativas. <http://www.juver.com/nutricion/articulos/tomate.htm>.

2.1.5 Valor nutricional.

Compuesto por un 90 por ciento de agua, vitaminas: A, B-1, B-6, C, PP, E, K; y minerales como: potasio (alta cantidad), calcio, fósforo, yodo, zinc, cobre, hierro, manganeso, flúor, calcio (Cuadro 2).

<http://www.sakata.com.mx/paginas/ptomate.htm>

Cuadro 2: Composición nutricional del tomate en 100 g de producto.

Agua	95 %
Ácidos	1 %
Azúcares	2.5 %
Pigmentos	0.5 %
Sólidos solubles	0.2 %
Proteína	1 g
Cenizas	0.3 g
Vit A	1.700 UI
Vit B1	0.1 mg
Vit B2	0.02 mg
Vit C	21 mg
Niacina	0.6 mg
Sodio	3 mg
Potasio	244 mg
Valor energético	22-26 cal

<http://www.sakata.com.mx/paginas/ptomate.htm>

2.1.6 Requerimientos edafoclimáticos.

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

Temperatura

El óptimo térmico para el desarrollo del tomate es de 23-25 °C y de 15-17 °C, durante el día y la noche respectivamente y una humedad relativa del 70%. Las temperaturas por debajo de 8 °C y por encima de 3 °C, alteran el desarrollo (deficiente fructificación por deficiencias en el desarrollo de los frutos) del tomate y a 0°C se hielan. (Muñoz y Castellanos, 2003).

Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre un 60% y un 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. Una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (León, 1980).

Luminosidad

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad.

Suelo

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados. En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados. Es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego.

<http://www.infoagro.com/hortalizas /tomate.htm>

Riegos

La aplicación del agua en el cultivo de tomate debe ser cuidadosa, debido a que tanto la sequía como un exceso de agua afectan en la calidad y producción del fruto. El número de riegos es variable según el suelo y clima las necesidades también son menores en la primera etapa del cultivo, hasta que las temperaturas se van elevando con la primera avanzada; en la producción de tomate tardío, que

se desarrolla hasta el final con temperaturas de verano, los riegos son mas frecuentes, cada 8-10 días en los meses de calor fuerte.
<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>.

2.2 La fertilización

La fertilización, hoy en día, se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas y favorece el buen desarrollo de los cultivos, mejorando el rendimiento y calidad del producto (Grageda, 1999).

Los diferentes cultivos hortícolas poseen una distinta demanda de los elementos nutritivos, cuya absorción es paralela al ritmo de desarrollo. La base de la economía de la fertilización es la respuesta del cultivo de la misma, expresada por medio de funciones de producción o de crecimiento (Domínguez, 1997).

Los fertilizantes de uso más extendidos son los abonos simples en forma de sólidos solubles (nitrato cálcico, nitrato potásico, nitrato amónico, fosfato monopotásico, fosfato monoamónico, sulfato potásico, sulfato magnésico) y en forma líquida (ácido fosfórico, ácido nítrico), debido a su bajo costo y a que permiten un fácil ajuste de la solución nutritiva, aunque existen en el mercado abonos complejos sólidos cristalinos y líquidos que se ajustan adecuadamente, solos o en combinación con los abonos simples, a los equilibrios requeridos en las distintas fases de desarrollo del cultivo (Jiménez 1992).

La demanda nutrimental del cultivo es función de su potencial de acumulación de materia seca y para determinar la demanda nutrimental de un cultivo, es preciso tener conocimiento del requerimiento de se nutrimento, del índice de cosecha y del rendimiento esperado bajo una condición edafoclimática dada (Berrios, 2000).

Las condiciones de aplicación de los fertilizantes responden tanto a las características propias de los mismos como al comportamiento del cultivo en su eficiencia de absorción por parte de las raíces y las hojas y a sus requerimientos en las distintas etapas de crecimiento y desarrollo (Gil *et al.*, 1979).

2.2.1 Fertilización foliar.

La capacidad de absorción de nutrientes a través de la superficie foliar es variable según el tipo de cultivo y el tipo de nutriente aplicado, teniéndose en cuenta las necesidades reales y los niveles de toxicidad (Richter, 1982).

La aplicación foliar se realiza con aspersiones aéreas por medio de pulverizadores específicos. En estas aspersiones se suele combinar la práctica de fertilización con las prácticas terapéuticas del cultivo: tratamiento con productos insecticidas y fungicidas. La aplicación foliar es un medio tanto de corrección complementaria de fertilización como una forma única de suministro de algunos elementos, principalmente de los nutrientes como el Zn, Mn, Cu, Bo, Mb y eventualmente Fe (Rodríguez, 1989).

La fertilización foliar es útil para respaldar o completar la fertilización tradicional y optimizar los rendimientos, corregir deficiencias nutrimentales de los cultivos que no se logran con la fertilización común al suelo, mejorar la calidad del producto, acelerar o retardar alguna etapa fisiológica de la planta (frutales), ser mas eficiente en el aprovechamiento nutrimental de los fertilizantes y corregir algunos problemas fitopatológicos de los cultivos (Santos y Aguilar, 1998).

El nitrógeno es rápidamente absorbido por esta vía; respetando las concentraciones de la solución llega a ser un excelente vía complementaria de suministro. El nitrógeno, el potasio y el sodio poseen una muy alta movilidad en la

absorción foliar, en cambio el boro, magnesio y calcio son de muy baja movilidad por este método (Rodríguez, 1989).

Las aspersiones con urea son muy comunes en las fertilizaciones nitrogenadas en cítricos y frutales, también en hortícolas y otros cultivos extensivos. Las aspersiones de urea sobre las hojas han dado como resultado la quema del follaje, incluso empleando concentraciones débiles (Gil *et al.*, 1979).

Factores que intervienen en la absorción de las aplicaciones foliares:

- Las concentraciones demasiado elevadas producen quemaduras
- El empleo de productos mojantes aumenta la superficie de absorción reduciendo el peligro de quemaduras
- La absorción se realiza a temperaturas poco elevadas y en atmósferas relativamente húmedas.
- Son preferibles las pulverizaciones mediante gotas gruesas.
- La rapidez con que se absorbe un ion varía según la naturaleza de ion que lo acompañe en la fórmula.
- La absorción es mejor por el envés
- Es probable que la absorción se vea favorecida al desarrollarse las raíces en un medio pobre.

2.2.2 Fertilización al suelo.

La fertilización del suelo está destinada a restituir, mantener o aumentar el potencial productivo del suelo para que las plantas que se cultiven tengan todos los aportes que necesitan para poder desarrollarse adecuadamente. El suelo ya cuenta con un grado de fertilidad que viene dado por la naturaleza de la roca madre, los depósitos aéreos, la composición (complejo arcillo-húmico) y otros factores como el clima, la topografía, y la circulación del agua. Dependiendo de

estos factores se necesitará más o menos trabajo para que el suelo consiga una fertilización óptima.

Los objetivos que se persiguen con la fertilización de la tierra son tanto mantener y aumentar la fertilidad del suelo sin malgastar los recursos no renovables ni las energías, ni introducir elementos tóxicos o contaminantes que a la larga ayudan a morir a la tierra de cultivo. También se evitan las pérdidas de nutrientes por lavado y se incorporan residuos orgánicos vegetales y animales y se mantiene la cubierta vegetal.

<http://www.agrilogica.com/tecnicas/fertilizacion.htm>

El abastecimiento de los nutrimentos a través del suelo está afectado por muchos factores de diferentes tipos: origen del suelo, características físicas, químicas y biológicas, humedad, plagas y enfermedades.

<http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art247-255.pdf>

Es un método que se caracteriza por su practicidad y economía. Los fertilizantes sólidos y líquidos deben ser lo suficientemente soluble, la forma de aplicación es con el riego de aspersión o mediante el riego por goteo (Rodríguez, 1989).

La fertilización por vía edáfica, o sea por el suelo, requiere que se apliquen las formulaciones correctas en tiempo y cantidad, las referidas fórmulas pueden aplicarse por vía líquida con el equipo adecuado y, aprovechar las enormes ventajas que la aplicación de nutrimentos por vía foliar ofrece para que en conjunto se logren los resultados óptimos que tanto necesita el agricultor mexicano.

<http://www.gro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/CCanaTopicos.html>

Dentro de los problemas de la utilización de los nutrientes del suelo por la planta se mencionan: a) cambios químicos de los elementos como precipitados o fijaciones a partículas del suelo, b) lavado de ciertos elementos, c) la heterogeneidad del suelo y el volumen ocupado por las raíces, d) pérdida de

elementos en forma de gas, e) utilización de nutrientes por la flora y fauna microbiana.

(<http://www.agroenzymas.com.mx/www/noticias/tecjul02.html>).

La fertilización es una tecnología agrícola por sí misma, y pertenece en todos los casos a las ciencias del suelo o edáficas, ya que los cultivos tienen en general las mismas necesidades de minerales y en cambio las características de los suelos que interaccionan con su fertilidad son muy variables de un tipo de suelo a otros de manera que es el suelo y no el cultivo el que norma el tipo de fertilización por aplicar (Rojas, 1982).

Una de las recomendaciones más importantes, especialmente para el nitrógeno, es la de no aplicar en una sola oportunidad toda la dosis de fertilizante recomendada; esto es, atendiendo al comportamiento nutricional de la planta en sus diferentes etapas de desarrollo; es decir que la planta presenta una exigencia nutricional variada en cada etapa de su desarrollo.

La aplicación del nitrógeno (N) se debe realizar como cobertura, dividida en dos dosis, para ser aplicadas en igual número de oportunidades. Los fertilizantes deben ser distribuidos a chorrillo en el fondo del surco de plantación y luego cubrirlos ligeramente para evitar su contacto directo con las raíces de las mudas, pues el contacto entre las raíces y el fertilizante podría tener efectos negativos.

Con el fin de mantener en permanente producción a la planta, después de cada corte se deberá aplicar las mismas dosis de fósforo y potasio, así como la del nitrógeno, dividida en dos fracciones: una al inicio de la brotación y la otra a los treinta días después de esta primera aplicación.

El nitrógeno deberá ser aplicado siempre en cobertura. Esta aplicación dosificada y parcelada se debe principalmente a que, según resultados de investigaciones, este cultivo empieza realmente a exigir nutrientes en cantidades importantes después de aproximadamente treinta días de siembra.

<http://www.steviaparaguay.com/cultivocomercial/cultivo.htm>

2.3 Nitrógeno

Es el mineral más importante en la nutrición de las plantas. Es fundamental en el crecimiento y producción. Forma parte de todas las proteínas, de la clorofila que da el color verde a las plantas y de muchas enzimas (Richter, 1982).

Se encuentra en la planta cumpliendo importantes funciones bioquímicas y biológicas. Es un elemento muy móvil. El nitrógeno mineral una vez en el interior de las células pasa a constituir las bases nitrogenadas para las distintas funciones biológicas. El nitrógeno ingresa en la formación de los aminoácidos, luego éstos entran en la síntesis de proteínas del vegetal. Constituyendo un elemento plástico por excelencia. El nitrógeno se halla en la formación de las hormonas, de los ácidos nucleicos y de la clorofila (Back, 1975).

Favorece la absorción del magnesio; el amoniacal, que en si tiene un efecto contrario, se transforma, por lo general rápidamente, en el suelo, en nítrico, de manera que, en conjunto, los abonos nitrogenados tienen una acción favorable sobre la alimentación en magnesio (Gil *et al.*, 1979).

Es absorbido fundamentalmente en forma nítrica (NO_3). También es posible la absorción bajo forma amoniacal (NH_4), si bien es más limitada. El nitrógeno absorbido bajo forma orgánica no tiene importancia desde el punto de vista de la alimentación nitrogenada, salvo en lo que se refiere a la absorción de urea por las hojas (Gil *et al.*, 1979).

Es importante seleccionar la forma más adecuada de nitrógeno(N) tomando como indicadores el estado fenológico o el estado de desarrollo de la planta o de la zona del área radicular (Rodríguez, 1989).

La urea, es usualmente la fuente de nitrógeno de menor costo, (en forma de amida NH_2). Es el fertilizante químico comercial sólido de mayor riqueza en nitrógeno (cuadro 3) (Gómez, 2002).

Cuadro 3. Características físico-químicas de la urea granulada.

Composición química	46-0-0
Nitrógeno total	46%
presentación	granulado
Color	Blanco- blanco amarillento
Dureza	Presión para romper los gránulos: 0.9-1.6 Kg

<http://www.profertil.com.ar/quees.htm>

Una vez incorporada al suelo se transforma en carbonato amónico ($\text{CO}_3(\text{NH}_4)_2$), induciendo una cierta alcalinidad; luego las bacterias lo nitrifican pasando al estado de nitrato y produciendo una reacción ácida.

El nitrógeno de la urea es nitrógeno orgánico, pero se transforma rápidamente en el suelo en nitrógeno amoniacal. La urea puede descender en el suelo como si se tratara de un nitrato. En condiciones normales, la descomposición de la urea se realiza en un tiempo de 3-8 días.

Se debe tener en cuenta para su manejo y aplicación lo siguiente:

- Por su alta concentración facilita el manejo y almacenamiento. Las presentaciones son en polvo, gránulos y cristales, son recomendables por su gran higroscopicidad las formas en gránulos.
- Las aplicaciones al suelo se hacen con antelación por su proceso en transformación
- El contenido de amidas del ácido alofánico (biuret) no debe exceder el 2% del contenido total, un exceso provocaría síntomas de toxicidad en el cultivo.

La deficiencia del Nitrógeno en las plantas inhibe la producción de clorofila, que deriva en un amarillamiento general (clorosis) debido a la falta de clorofila y los tallos se suelen volver rojos o púrpuras por la excesiva formación de antocianinas ya que los glúcidos, al no consumirse como esqueletos carbonados para la síntesis de compuestos nitrogenados, derivan su metabolismo hacia estos compuestos secundarios. Los síntomas se inician en las hojas más viejas y luego en tallos y frutos. Las plantas presentan un crecimiento reducido y bajo contenido de clorofila.

<http://www.profertil.com.ar/quees.htm>.

Una alta disponibilidad de nitrógeno en especial si un cultivo es bien regado, estimula un crecimiento vegetativo muy vigoroso y disminuye la producción. Cuando se aplican dosis de fertilizantes nitrogenados muy altas se produce toxicidad rápidamente: las hojas aparecen quemadas en el borde y entre las nervaduras, y antes de secarse el tejido se pone flácido como si estuviera cocido (Richter, 1982).

2.4 Magnesio

Es uno de los constituyentes de la clorofila, desempeñando por ello un papel primordial en la vida vegetal. Sin embargo, el magnesio de la clorofila no representa más que una parte del que está presente en la planta, e incluso en las propias hojas.

El magnesio es absorbido por la planta en forma catiónica Mg^{++} . Ingresa en el interior de la célula participando en distintas funciones y constituciones moleculares. Por ejemplo, forma parte de la molécula de clorofila, forma parte constituyente de los pectatos de Ca y Mg de las laminillas medias de las células, entra en la constitución molecular de 15 enzimas del grupo de las sintetizadoras

de polipéptidos, las transfosforilasas y descarboxilasas, interviene en la síntesis de los aceites vegetales (Rodríguez, 1989).

El Magnesio es importante ya que es absolutamente esencial, pues se encuentra formando el núcleo de la clorofila (Fig. 1). También es parte integral de los ribosomas, además el ión activa una serie de enzimas, entre estas, la RNA-polimerasa y la polinucleótido-fosforilasa. La mayoría de las plantas lo requieren en grandes cantidades (Bidwell, 1996).

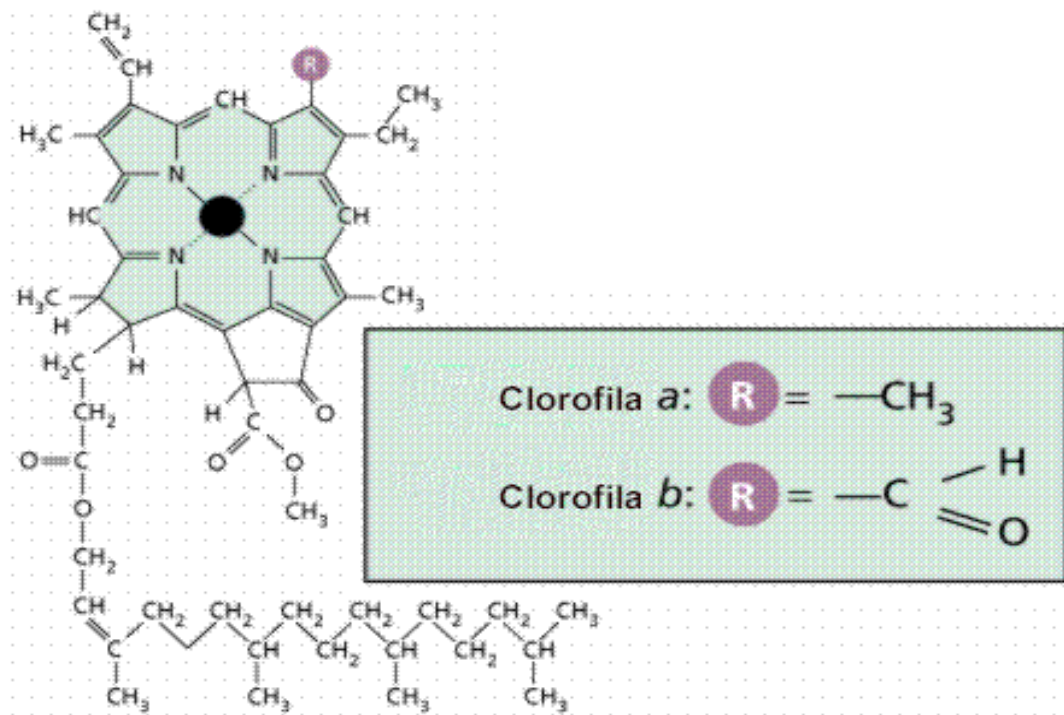


Fig. 1. Forma estructural de la clorofila.

El magnesio desempeña importantes funciones en las plantas; parece estar implicado en la estabilización de partículas ribosómicas al enlazar las subunidades que forman el ribosoma. Está involucrado en muchas reacciones de numerosa capacidad, en primer lugar puede servir para ligar enzimas y sustrato, como por ejemplo en reacciones que implican transferencia de fosfato desde el ATP, en las que el magnesio actúa como un eslabón que vincula la enzima a su sustrato. En

segundo lugar, puede servir para alterar la constante de equilibrio de una reacción mediante enlace con un producto. En tercer lugar, puede anexarse formando un complejo o un inhibidor enzimático (Bidwell, 1996).

Deficiencia de Magnesio

La deficiencia de magnesio afecta en gran modo el tamaño, estructura y función de los cloroplastos, incluyendo a los procesos de transferencia electrónica en el fotosistema II y determina un mayor aumento del almidón cloroplástico, responsable de la mayor proporción de materia seca existente en las hojas deficientes de magnesio.

La sintomatología aparece en las hojas bajas. Presenta una decoloración amarillenta internerval, que se mueve desde el centro de la lámina hacia los bordes y desde las hojas inferiores a las superiores. Suele estar inducida generalmente por acumulaciones de potasio en el suelo. Se debe tener mucho cuidado al diagnosticar esta deficiencia, pues es posible confundirla con una carencia de potasio, lo cual traería como consecuencia la completa defoliación del cultivo (Rodríguez 1989).

Se desarrolla clorosis entre las nervaduras foliares o pueden aparecer pigmentos brillantes de color rojo, naranja, amarillo o púrpura. Puesto que el magnesio es muy soluble y de rápido transporte por toda la planta, los síntomas de sus deficiencias generalmente aparecen primero en las hojas maduras. (http://bonsaimania.com/infobonsai/infobonsai4_jun03.htm#enfermedades)

Sulfato de magnesio.

Sal de Epsom es un sulfato de magnesio heptahidratado obtenido por cristalización de salmueras naturales seguido de una purificación a través de procesos tecnológicamente avanzados. El contenido de nutrientes es de 13% de Azufre y 16% de magnesio.

Cuadro 4. Características físicas del $MgSO_4$

Peso molecular (g/mol)	246.47
Color y forma	Cristales blancos
Densidad (Kg/m^3)	1,700
Solubilidad a 20 °C	71g/100 ml de agua
Compatibilidad	Compatible con la mayoría de los fertilizantes, reacciona con sales solubles de Ca, disminuyendo la solubilidad del sulfato
Manejo y almacenamiento	Para evitar el endurecimiento, almacenar en condiciones secas, frescas y oscuridad.
Comportamiento en el suelo	Fuente rápida liberación de Mg y azufre en forma de sulfato. Sal neutra, pH en solución acuosa está entre 6-7

<http://www.disagro.com/tomate/tomate.htm>

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del experimento

El trabajo se llevó a cabo en el invernadero instalado dentro del ITSON unidad Nainari ubicado en la calle Antonio Caso s/n col. Villa ITSON en Cd. Obregón,

3.2 Diseño de experimentos

Se manejó bajo un diseño de experimento simple, completamente al azar, constó de 7 tratamientos y 5 repeticiones en fertilización foliar y otros 7 tratamientos y 5 repeticiones en fertilización al suelo cada uno, resultando un total de 70 unidades experimentales. Los análisis estadísticos (análisis de varianza y comparación de medias) se efectuaron con ayuda del programa estadístico Nuevo León, 1994.

Se tomaron vasos de unicel, llenado a $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad con sustrato SUNSHINE 3, posteriormente se introdujo una semilla a una profundidad de 1 cm bajo la superficie del sustrato aproximadamente, teniendo como fecha de siembra el 1 de Octubre del 2004, una vez sembrado se regó periódicamente cumpliendo las necesidades de requerimiento de agua, cuando emergió la primera hoja verdadera (16 de Octubre) se lograron las características mas apropiadas para el experimento.

3.3 Tratamientos

Se aplicaron los siguientes tratamientos:

- Tratamiento 1: 1 Kg ha⁻¹ de urea
- Tratamiento 2: 2 Kg ha⁻¹ de urea
- Tratamiento 3: 3 Kg ha⁻¹ de urea
- Tratamiento 4: 1 Kg ha⁻¹ de sulfato de magnesio/ha
- Tratamiento 5: 2 Kg ha⁻¹ de sulfato de magnesio/ha
- Tratamiento 6: 3 Kg ha⁻¹ de sulfato de magnesio/ha
- Tratamiento 7: Testigo

Se aplicaron una vez por semana durante 3 semanas consecutivas después de la aparición de las primeras hojas verdaderas en forma directa al suelo y foliar, conformando dos análisis completamente independientes; completando un total de 70 unidades experimentales (35 para fertilización foliar y 35 para fertilización al suelo).

Se hicieron los cálculos para las cantidades de cada uno de los fertilizantes en base al número de plantas existentes en una hectárea y su proporción a las plantas por tratamientos y repeticiones y para obtener la cantidad de urea y sulfato de magnesio de cada tratamiento.

Número de plantas por hectárea.

Hay 2 metros entre surcos de tomate y 4 plantas por metro, entonces hay 4 plantas por cada 2 m², por lo tanto:

4 plantas.....2 m²

X plantas.....10, 000 m²

X = 20,000 plantas Ha⁻¹

Tratamientos:

Tratamiento 1

1000 g urea.....20,000 plantas

X g urea.....35 plantas

X = 1.75 g urea para cada planta del tratamiento 1

Tratamiento 2

2000 g urea.....20,000 plantas

X g urea.....35 plantas

X = 3.5 g urea para cada planta del tratamiento 2

Tratamiento 3

3,000 g urea.....20,000

X g urea.....35 plantas

X = 5.25 g de urea para cada planta del tratamiento 3

Tratamiento 4

1000 g MgSO₄.....20,000 plantas

X g MgSO₄.....35 plantas

X = 1.75 g MgSO₄ para cada planta del tratamiento 4

Tratamiento 5

2000 g MgSO₄.....20,000 plantas

X g MgSO₄.....35 plantas

X = 3.5 g MgSO₄ para cada planta del tratamiento 5

Tratamiento 6

3,000 g MgSO₄.....20,000

X g MgSO₄.....35 plantas

X = 5.25 g de MgSO₄ para cada planta del tratamiento 6

3.4 Variables evaluadas

3.4.1 Altura de la planta.

Esta variable se empezó a evaluar después de que se iniciaron las aplicaciones, para esto se uso una regla graduada y los valores se dieron en centímetros (Fig. 2). Con los resultados obtenidos se calculó la tasa relativa de crecimiento (TRC) para lo cual se usó la siguiente formula:

$$TRC = \frac{Af - Ai}{T}$$

Donde: Af: altura final

Ai: altura inicial

T: días transcurridos



Fig. 2. Medición de las plantas de tomate con regla graduada.

3.4.2 Área foliar.

Al terminar el experimento, se levantaron todas las unidades experimentales, se desprendió la parte aérea de las plantas para que posteriormente se midiera el área foliar, para lo cual se utilizó un integrador de área foliar marca CID, inc, modelo CL-202 (Fig. 3), los resultados arrojados se dan en cm cuadrados.



Fig. 3. Integrador de área foliar

3.4.3 Peso seco de parte aérea.

Se tomaron las partes aéreas que consistían en tallos y hojas para colocarlos en bolsas de papel debidamente etiquetadas por tratamiento y repetición sometiéndolos a una temperatura de 70 °C por 48 h en el horno (Fig. 4), posteriormente se pesó en una balanza analítica, el resultado se expresó en gramos.



Fig. 4. Secado de las muestras de parte aérea.

3.4.4 Clorofila total.

Esta variable se empezó a evaluar después de cada aplicación de los tratamientos por 5 días seguidos, cabe señalar que en la primera y en la tercera aplicación de los tratamientos solo se llevó a cabo la medición de clorofila por 4 días, debido a que las condiciones climáticas no eran las adecuadas, ya que se encontraba completamente nublado y por lo tanto las radiaciones solares no serían las adecuadas para llevar a cabo las mediciones de clorofila. Para esto se utilizó el Spad 502 de MINOLTA (Fig. 5), cuyos datos arrojados son Unidades de Clorofila. Las mediciones se llevaban a cabo de 11:00 a 14:00 hrs. ya que a estas horas son en las que hay mayor radiación solar.



Fig. 5. Medición de clorofila.

3.4.5 Longitud de raíz.

Después de terminar el experimento, se separó la raíz de la parte aérea, se lavó y se limpió perfectamente, y se prosigió a medir su longitud (Fig. 6), para esto se usó una regla graduada obteniendo los resultados en cm.



Fig. 6. Medición de longitud de raíz.

3.4.6 Peso volumétrico de raíz.

Para evaluar esta variable se introdujeron las raíces cortadas y debidamente lavadas de cada unidad experimental en una probeta y se midió la cantidad de ml desplazados por la raíz (Fig. 7).



Fig. 7. Medición de peso volumétrico de la raíz.

3.4.7 Peso seco de raíz.

Después de medir su longitud, se separó la raíz y se colocó en bolsas de papel debidamente etiquetadas para meterlas en el horno (Fig. 6), a 70 °C por 48 h, la raíz seca se pesó en una balanza analítica, obteniendo los resultados en gramos.



Fig. 8. secado de muestras.

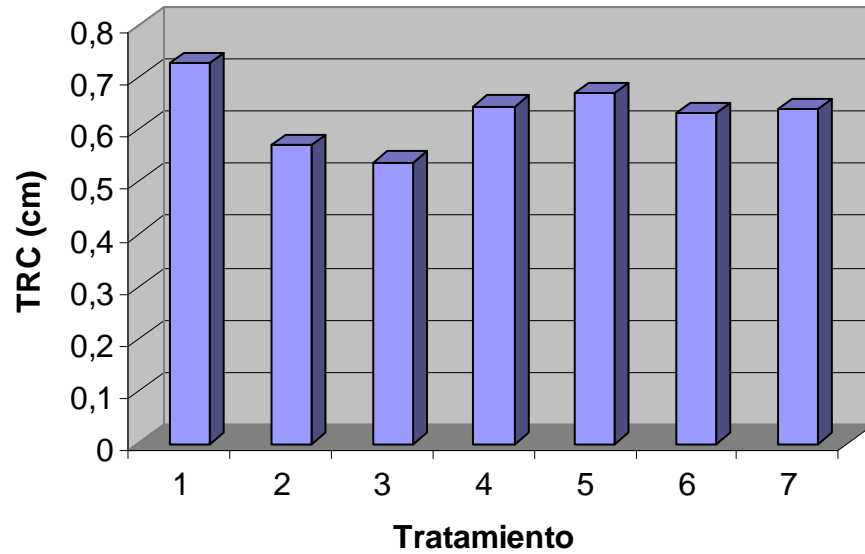
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Tasa relativa de crecimiento

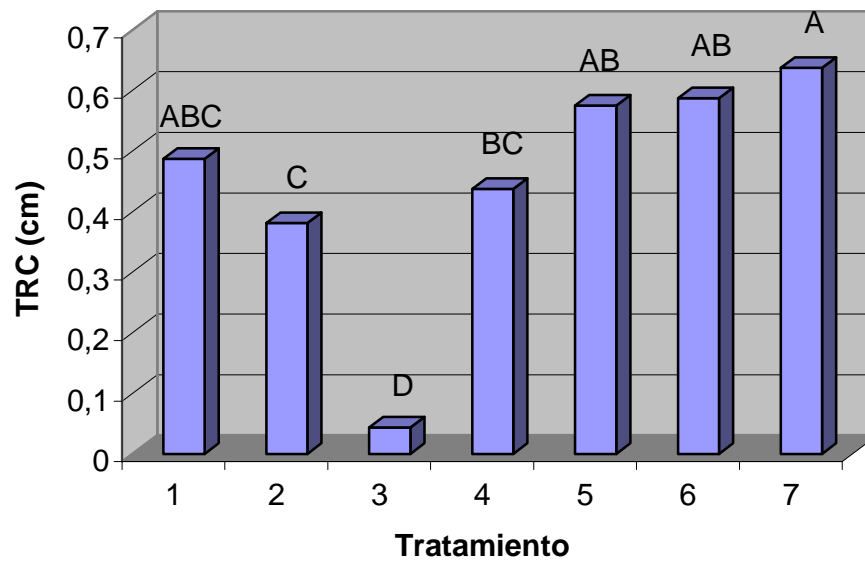
En cuanto a la fertilización al suelo, en la grafica 1 se puede ver que no mostró diferencia estadísticamente significativa, aunque el tratamiento 1 fue el que presentó mayor valor de TRC superando en forma discreta al testigo en un 12 %, esto es porque según Marshner (2003), una cantidad excesiva de nitrógeno en las plantas afecta de manera negativa el crecimiento de éstas, ya que llega un momento en que este inhibe el crecimiento vegetativo hasta llegar a ser tóxico, bloqueando su metabolismo.

Por otro lado en fertilización foliar si se presentó diferencia estadísticamente significativa. Podemos apreciar en la grafica 2 que ninguno de los tratamientos fue mejor que el testigo, ya que este superó en un 13 % a los tratamientos más próximos que fueron el 5 y 6.

Al aumentar las dosis de magnesio, va aumentado la TRC, esto porque el magnesio interviene en la absorción y el transporte de grupos fosfatos, por lo tanto de energía necesaria para estimular el crecimiento vegetativo (Teushner y Alder, 1984).



Gráfica 1. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre la tasa relativa de crecimiento (TRC) en fertilización al suelo.



Gráfica 2. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre la tasa relativa de crecimiento (TRC) en fertilización foliar

4.2 Área foliar

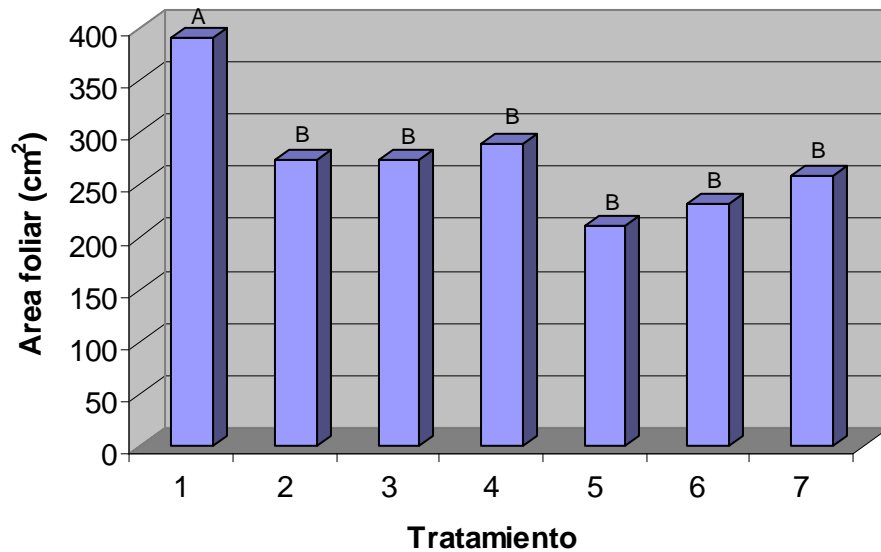
En lo que respecta a fertilización al suelo el tratamiento que tubo mayor efecto fue el 1 superando en un 50.95% al testigo. En la Gráfica 3 se puede apreciar que todos los tratamientos a excepción del numero 1 no presentaron diferencia estadísticamente significativa.

Por otro lado en la fertilización foliar, si hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, el que presentó mayor área fue el testigo, superando en un 12 % al tratamiento 5 y 6, en la Gráfica 4 se puede ver que ningún tratamiento fue mejor que el testigo.

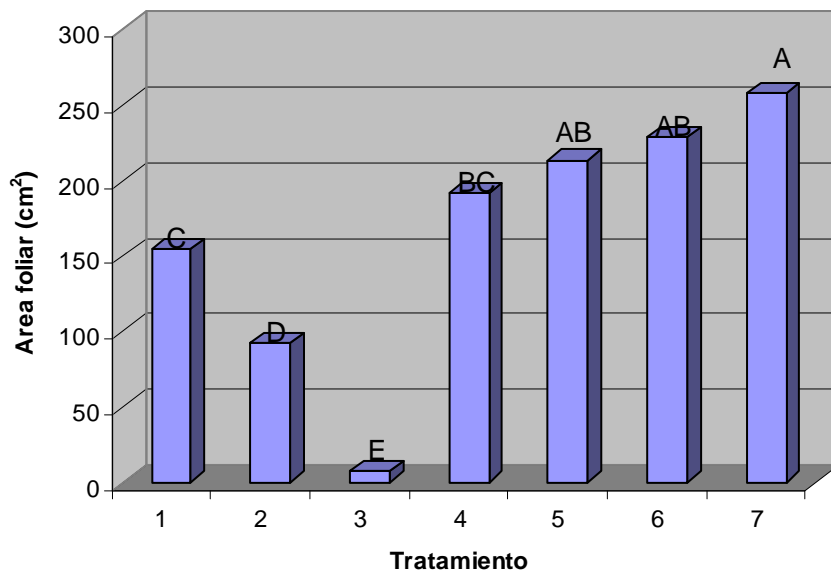
Los resultados anteriores indican que la fertilización foliar no es la mas adecuada, ya que se obtiene resultados muy bajos de esta variable, además de que ninguno supera al testigo (tratamiento 7).

En lo que respecta a los tratamientos 1, 2 y 3 crecieron a la inversa con la cantidad de nitrógeno aplicado, es decir, entre mas nitrógeno se aplique menor es su crecimiento, por lo que al aplicar mayor cantidad de nitrógeno, éste se va moviendo mucho más rápido. Rodríguez (1989), comenta que el nitrógeno posee una alta movilidad en la absorción foliar, por lo que afecta rápidamente al cultivo debido a que se acumula hasta llegar a ser tóxico para la planta.

Por otro lado, según Evans (1983) indica que en el arroz entre mayor sea la cantidad de nitrógeno aplicado menor es el tamaño de sus hojas, se hacen erectas y gruesas y con esto permiten una mayor capacidad fotosintética.



Gráfica 3. Efecto de las diferentes dosis de urea y sulfato de magnesio aplicado al suelo en el área foliar.



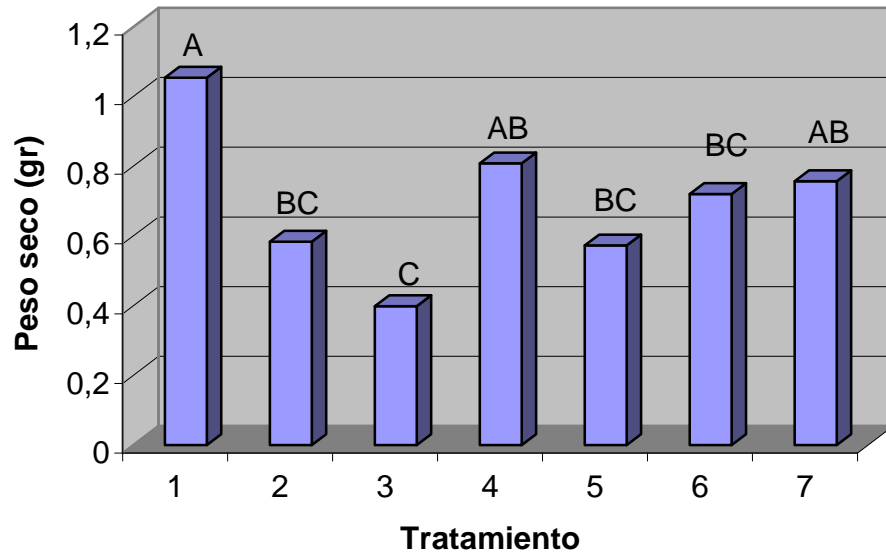
Gráfica 4. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el área foliar en aplicación foliar.

4.3 Peso seco parte aérea

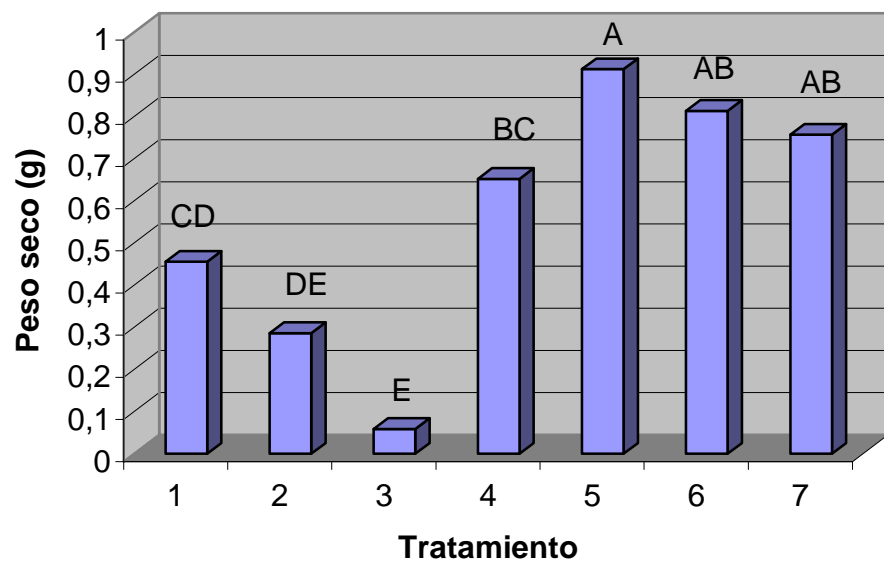
En fertilización al suelo la grafica 5 indica que esta variable presentó diferencia significativa, el mejor tratamiento fue el 1 superando al testigo en un 28 %, lo que indica que es normal porque es el tratamiento que presentó mayor área foliar. En el arroz, el nitrógeno ayuda al mejoramiento de las condiciones de la hoja, es decir, hace que crezcan mas en tamaño y espesor, por lo que se un incremento en el peso seco (Evans 1983).

En lo que respecta a fertilización foliar, la grafica 6 nos muestra que hubo diferencias entre los tratamientos, ya que el mejor fue el 5 superando al testigo en un 20.4 %, esto es porque el magnesio aumenta la fosforilación oxidativa del metabolismo de las células vegetales lo que propicia mayor actividad y mayor fotosíntesis, con lo que se obtiene mayor energía para crecer, desarrollarse y llevar a cabo sus funciones. (Marshner, 2003).

Resulta obvio que el tratamiento que tenga mayor peso seco de la parte aérea será aquel que posea mayor área foliar, este caso se dio en la fertilización al suelo, en cambio en la fertilización foliar no fue el caso, se esperaba que fuera el tratamiento 7 el de mayor peso seco, mas no fue así, fue el tratamiento 5.



Gráfica 5. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el peso seco de la parte aérea en fertilización al suelo.



Gráfica 6. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el peso seco de la parte aérea en fertilización foliar

4.4 Clorofila total

4.4.1 Clorofila en Aplicación 1.

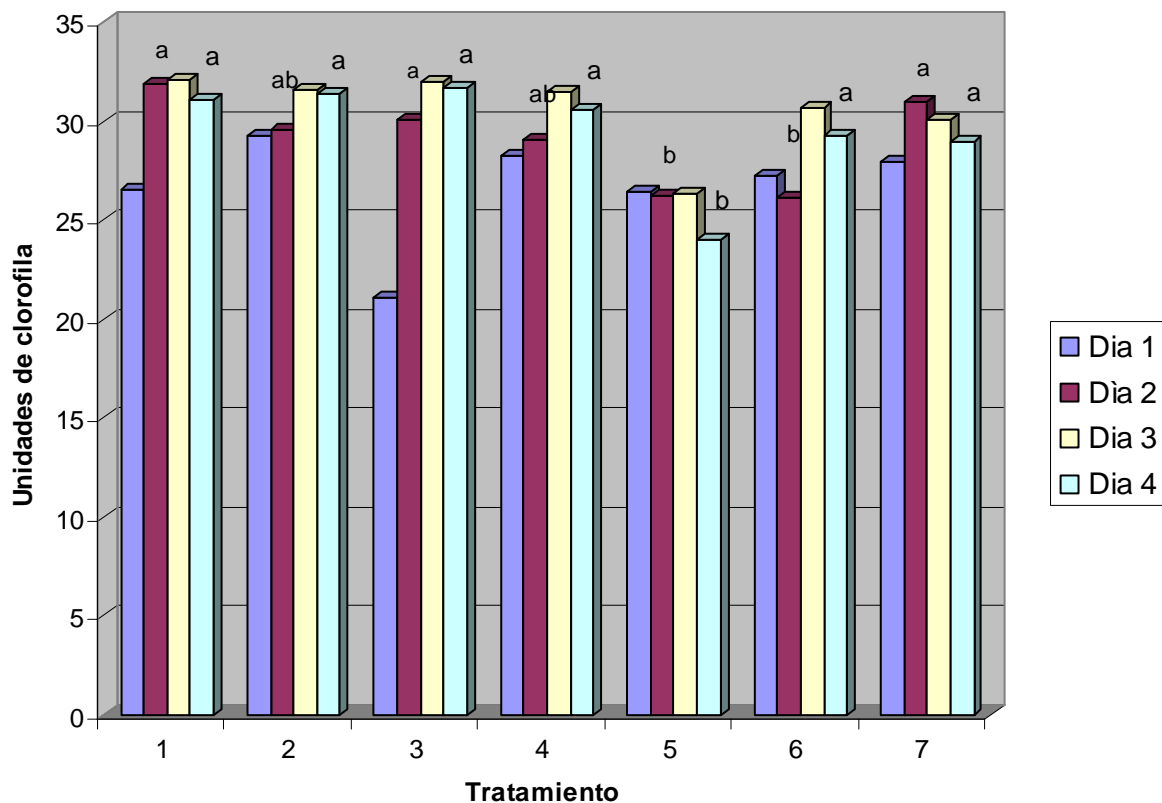
4.4.1.1 Fertilización al suelo

Hubo diferencia estadísticamente significativa en día 2 y 4. Los valores más altos de tasa de clorofila se presentaron el tercer día después de la aplicación del tratamiento, esto porque la planta tarda en aprovechar dichos nutrientes y metabolizarlos, generalmente es a las 72 horas*. Los valores estuvieron dentro del rango de 27-34.

Como podemos ver en la grafica 7, el tratamiento que dio mejores valores fue el 1 superando muy ligeramente al testigo en un 3.25 %, seguido del tratamiento 2, esto porque el nitrógeno en concentraciones óptimas se produce mayor actividad fotosintética, ya que éste forma parte de la estructura de la clorofila (Rodríguez, 1989). *

El contenido de clorofila y la absorción de nitrógeno se han correlacionado con las unidades SPAD en diversas condiciones ambientales como la intensidad luminosa, temperatura, humedad relativa, plagas, densidad de población, fuente de nitrógeno, etc. (Rodríguez *et al.*, 1998).

* Comentario hecho por el Dr. Marco Gutiérrez, Enero 2005

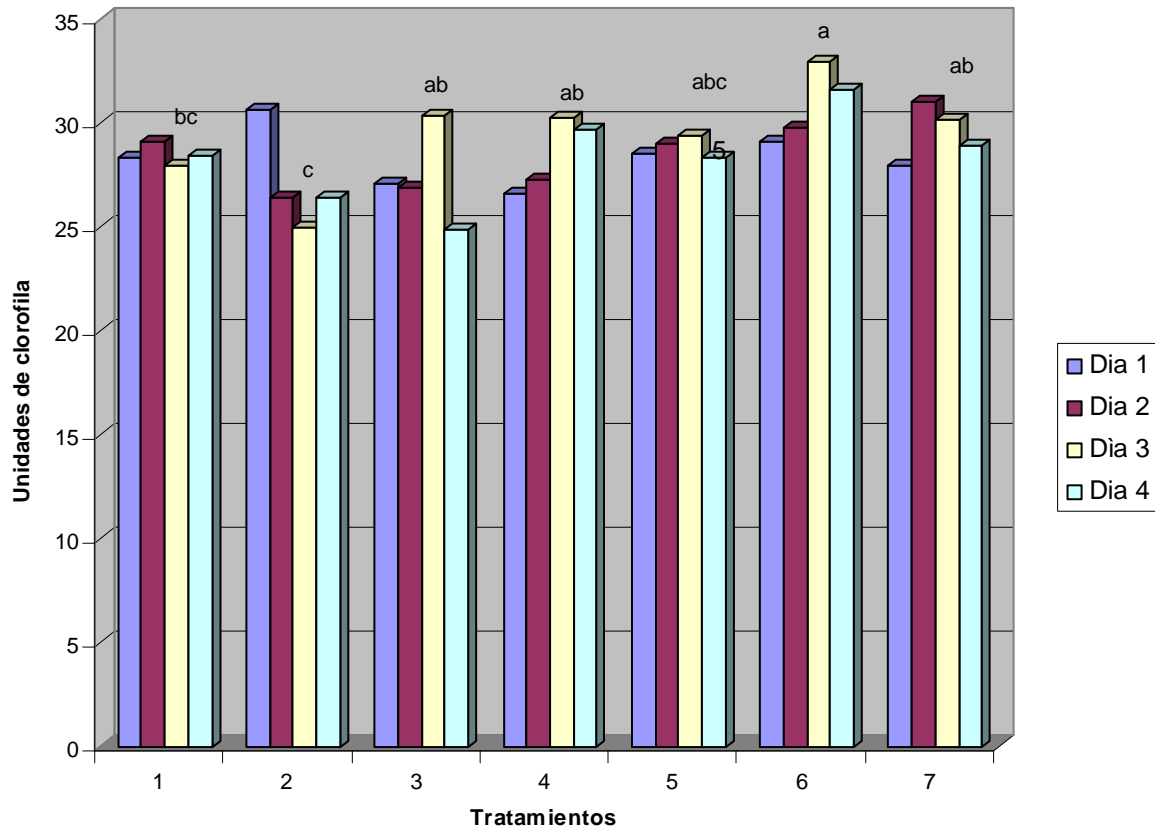


Gráfica 7. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el contenido de clorofila total en fertilización 1 al suelo

4.4.1.2 Fertilización Foliar

Los valores obtenidos estuvieron en el rango de 27-30 unidades de clorofila. Esta variable solamente presentó diferencia estadísticamente significativa en el tercer día después de su aplicación. Como se puede apreciar en la gráfica 8 el mejor tratamiento fue el 6, superando al testigo en un 4.52 %.

Mata (2004), demuestra que el cultivo de sandía y calabaza las unidades de clorofila se ven ampliamente favorecidas con tratamientos que incluyen en la formulación Mg, ya que es el componente central de dicha molécula, encostrándose dentro del rango de 20-34.



Gráfica 8. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el contenido de clorofila total en fertilización 1 foliar.

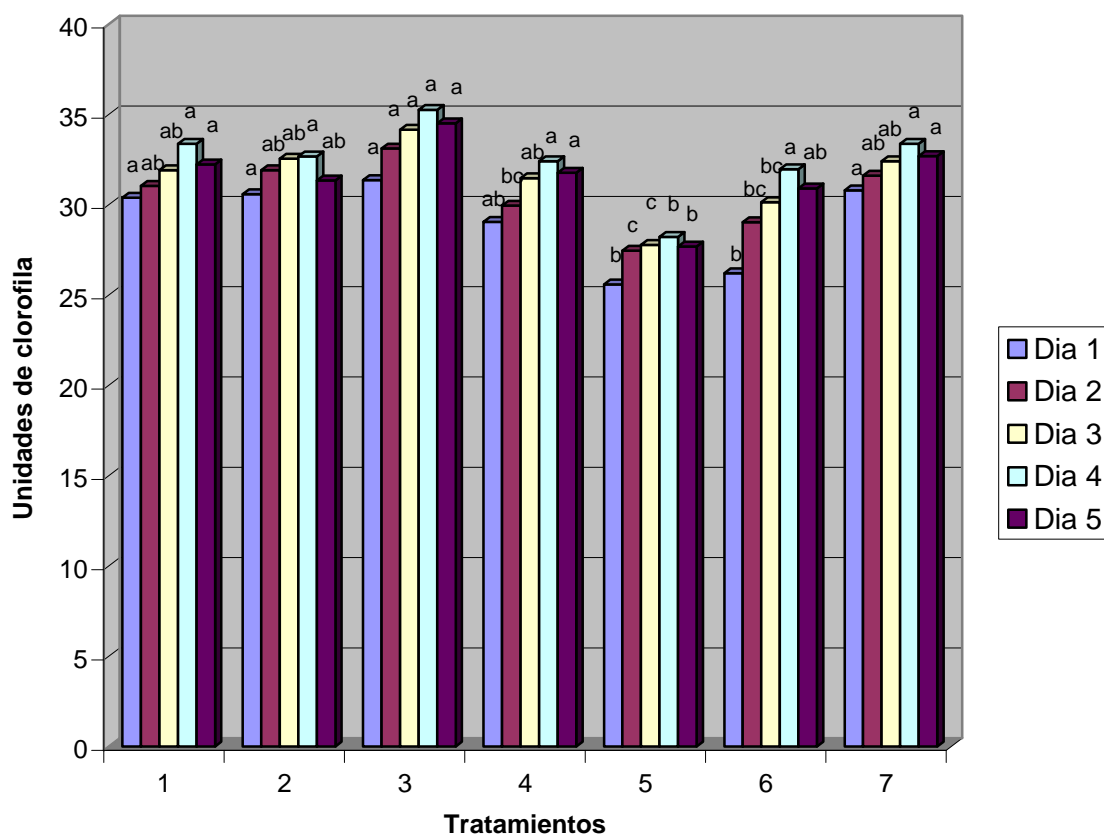
4.4.2 Clorofila en Aplicación 2.

4.4.2.1 Fertilización al suelo

Los valores de clorofila en esta etapa estuvieron en el rango de 27-33 unidades de clorofila. Como se puede ver en la gráfica 9 en todos los días de medición hubo diferencia estadísticamente entre todos los tratamientos. Se puede apreciar que el mejor tratamiento fue el 3 (3 Kg de urea) superando en forma discreta al testigo en un 4.67 %. El tratamiento que presentó valores menores fue el 5 (2 Kg $MgSO_4$).

El nitrógeno, al formar parte de la molécula de clorofila, desempeña muchas funciones como por ejemplo, da mayor vigor vegetativo y color verde intenso de la masa foliar, por lo tanto mayor unidad de clorofila (Rodríguez, 1989).

Rodríguez (1998), en un trabajo realizado para estimar la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate con uso de un SPAD, comenta que la concentración de clorofila mostró valores mayores conforme aumenta la concentración de nitrógeno.



Gráfica 9. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el contenido de clorofila total en fertilización 2 al suelo.

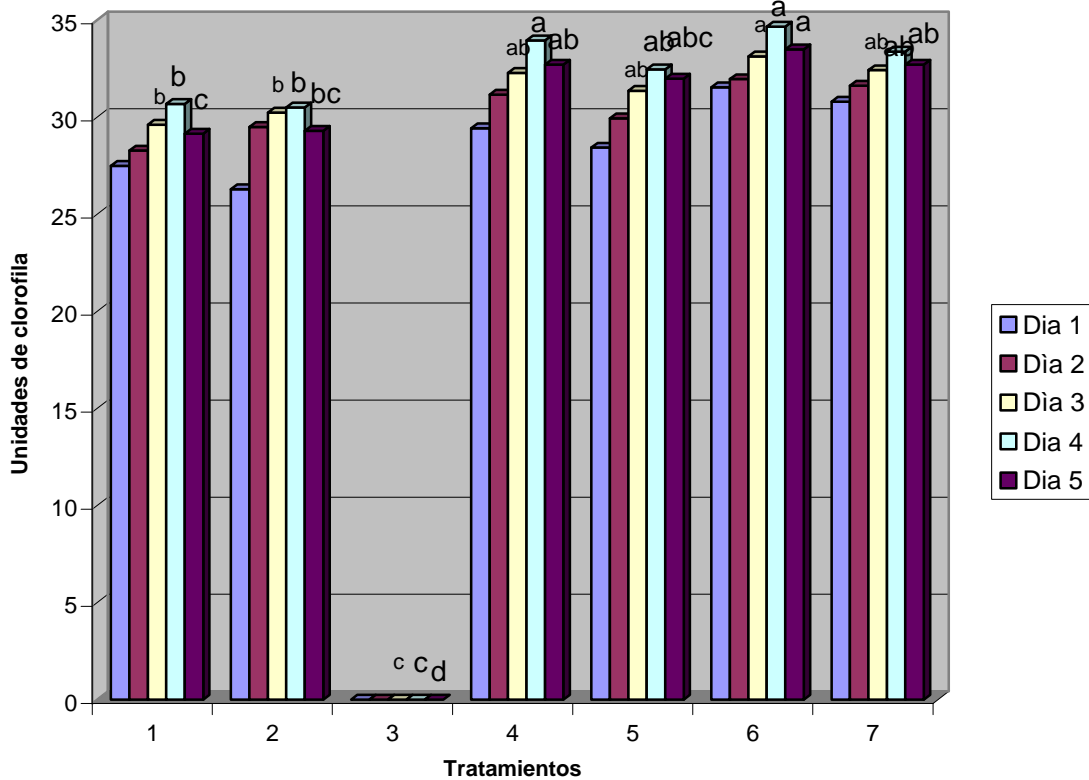
4.4.2.2 Fertilización foliar

Como se puede ver en la gráfica 10 solo hubo diferencia los días 3, 4 y 5 se puede apreciar que el mejor tratamiento sigue siendo el 6, superando al testigo en un 2.41 %. El tratamiento 3 ya no se tomó en cuenta, debido a que por las dosis tan elevadas de nitrógeno que se le aplicaba, este llegó a ser tóxico para las plantas.

Mata, (2004) encontró que en los cultivos de calabaza y sandía las unidades de clorofila se ven ampliamente favorecidas con tratamientos que incluyeron Mg que es el componente central de la molécula de clorofila.

El tratamiento 3, es demasiado nitrógeno, cuando se aplican dosis de fertilizantes nitrogenados muy altas hay acumulación de este produciendo toxicidad rápidamente: las hojas aparecen quemadas en el borde y entre las nervaduras, y antes de secarse el tejido se pone flácido como si estuviera cocido (Salisbury y Ross, 2000).

Al acumularse el nitrógeno, como se puede observar en la gráfica 16, el crecimiento es normal (elongación y división celular), pero como carece de Mg no hay la generación de energía necesaria para llevar a cabo sus funciones fisiológicas (Marshner, 2003).



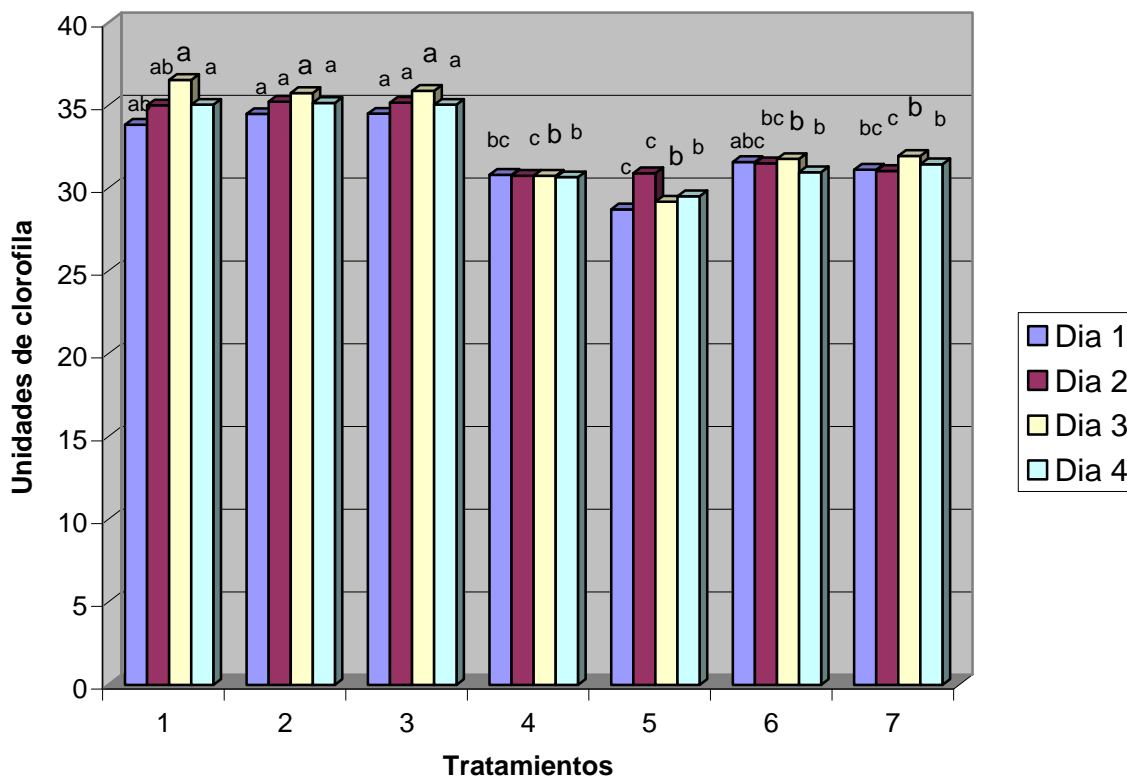
Gráfica 10. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el contenido de clorofila total en fertilización 2 foliar

4.4.3 Clorofila en Aplicación 3.

4.4.3.1 Fertilización al suelo

La gráfica 11, nos muestra que los valores se encuentran en el rango de 28-35.8, en todos los tratamientos se presentó diferencia estadísticamente significativa, los mejores tratamientos fueron el 1, 2 y 3, ambos superando al testigo en un 12 %.

El nitrógeno, al formar parte de la molécula de clorofila, desempeña muchas funciones como por ejemplo, da mayor vigor vegetativo y color verde intenso de la masa foliar, por lo tanto mayor unidad de clorofila (Rodríguez, 1989; Marshner, 2003).



Gráfica 11. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el contenido de clorofila total en fertilización 3 al suelo.

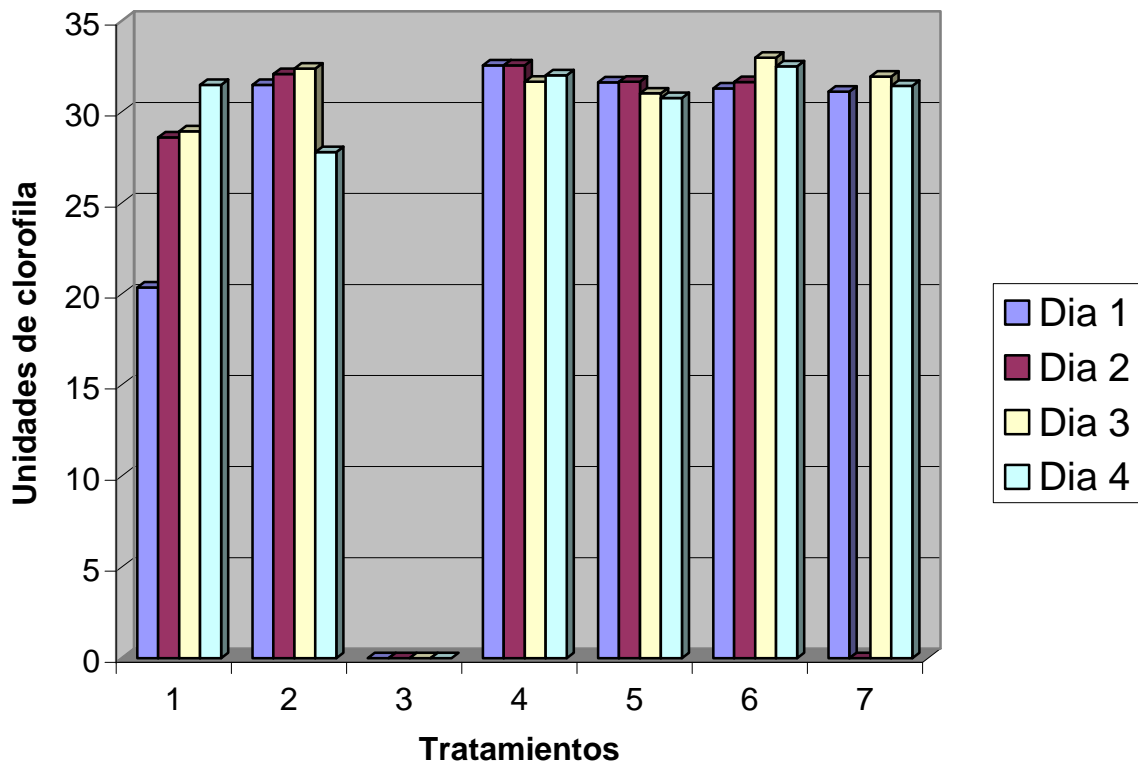
4.4.3.2 Fertilización Foliar

En esta etapa no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos aplicados, ninguno superó al testigo. Como podemos ver en la gráfica 12 los rangos en los valores de clorofila están entre 25-32. Los tratamientos aplicados en esta etapa no afectaron el experimento, esto sin tomar en cuenta el tratamiento 3, ya que a éste último, por las dosis tan elevadas de urea que se aplicaban, se vio inhibido su crecimiento hasta llegar a la senescencia.

Rentería (1998), citado por Peñuelas (2004), reporta que las mediciones de clorofila en rábano y champiñón, bajo condiciones el Valle del Yaqui, no se

encontró diferencia significativa alguna entre las medias, pero si se nota un incremento que se mantiene entre 48%, lo cual refleja que si no se incrementa el contenido total de clorofila, al menos no disminuye conforme pasa el tiempo, sino que mas bien se mantiene constante.

Este pigmento, responsable en parte del proceso fotosintético, no muy fácilmente puede ser afectado por inducciones nutrimentales, ya que genéticamente cada planta o grupos de ellas dentro de la misma familia, tiene un rango de concentración en el cual se detectan sus valores (Salisbury y Ross, 1994).



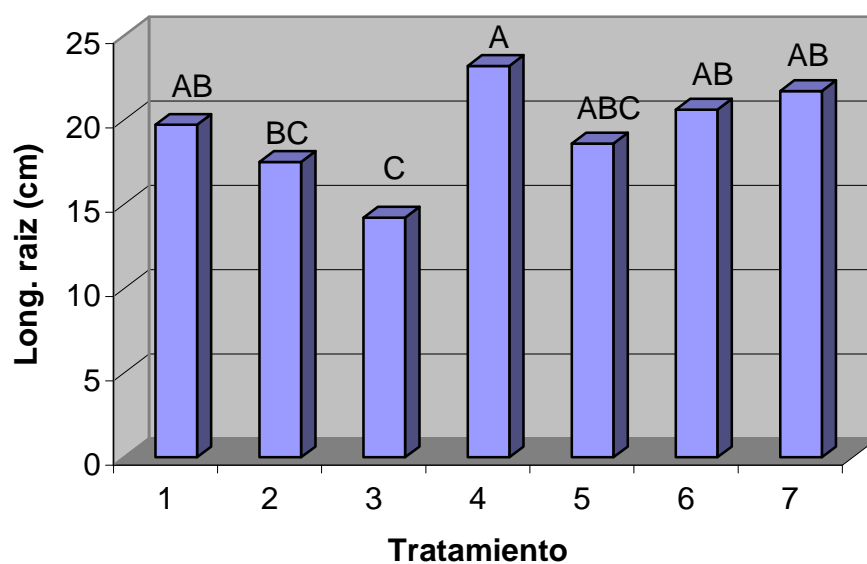
Gràfica12. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el contenido de clorofila total en fertilización 3 foliar.

4.5 Longitud de raíz

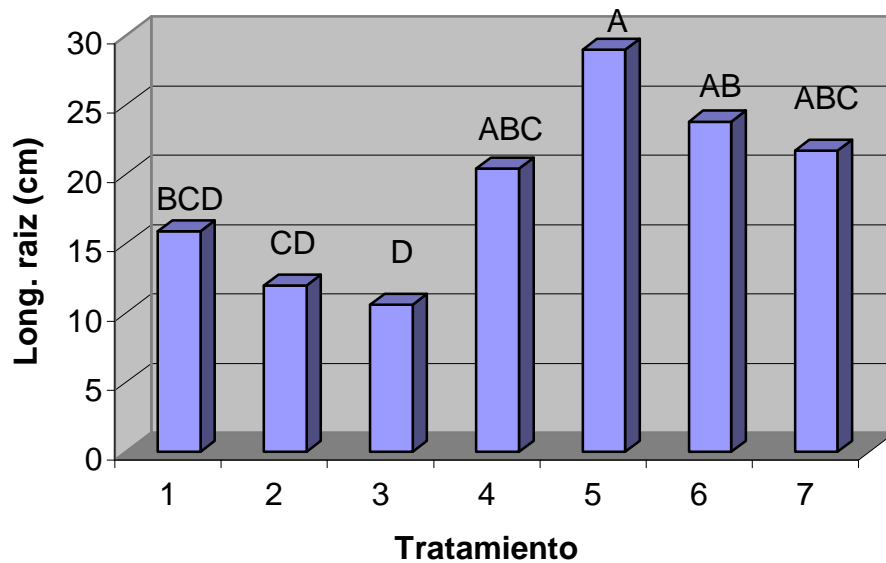
Estadísticamente esta variable si presentó diferencia significativa entre los tratamientos. Como se puede apreciar en la grafica 13 en la fertilización al suelo el tratamiento que presentó valores mas altos fue el 4, superando en un 15 % al testigo.

En cuanto a la fertilización foliar (grafica 14), el tratamiento que presentó mayor valor de longitud de raíz fue 5, superando en un 25 % al testigo. Al contar con mayor longitud las raíces en los cultivos, tienen mayor capacidad de explorar el suelo y subsuelo, en busca de nutrientes, agua, y además elementos necesarios para su desarrollo (Simon, 2001).

A medida que se va incrementado la cantidad de nitrógeno aplicado a las plantas jóvenes de tomate, pero sin llegar a la cantidad en que es toxico, se va haciendo mas corta la raíz pero además se hace más voluminosa, es decir, con mayor cantidad de pelos absorbentes (Marshner, 2003).



Gráfica 13. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre la longitud de la raíz en fertilización al suelo.



Gráfica 14. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre la longitud de la raíz en fertilización en foliar.

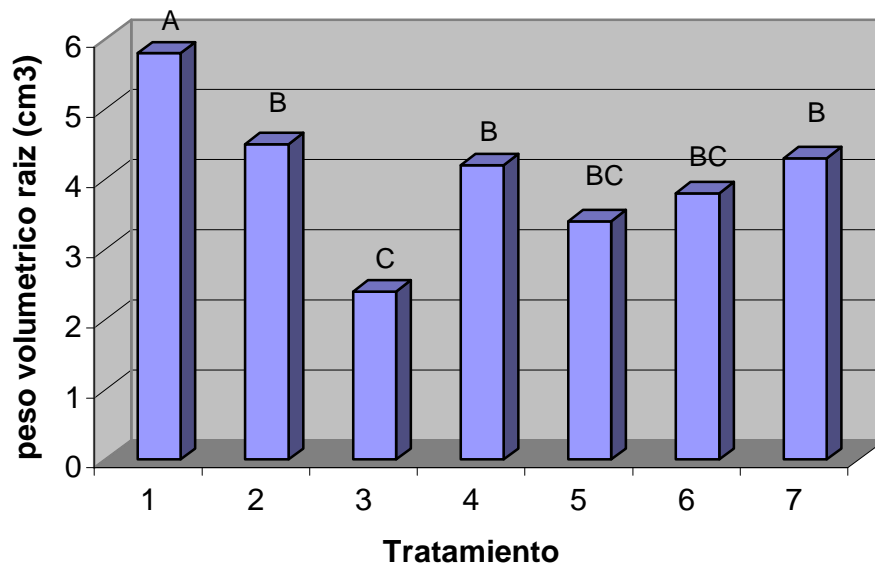
4.6 Peso volumétrico

En la grafica 15 se puede apreciar que en cuanto a la fertilización al suelo si hubo diferencia estadísticamente significativa, siendo el mejor tratamiento el 1 (1 Kg de urea) superando en un 34.8 % al testigo.

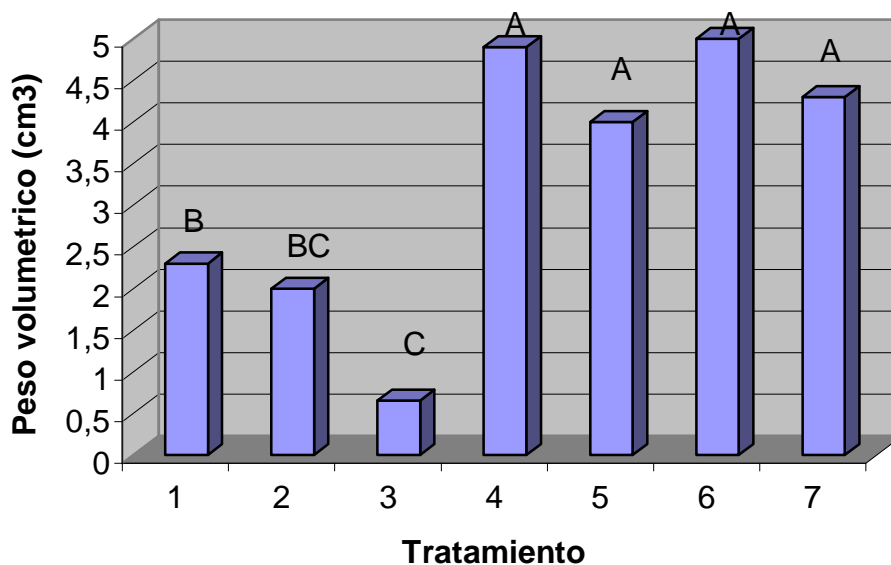
Por otro lado, en cuanto a la fertilización foliar según la grafica 16 los tratamientos 4 y 6 fueron que superaron al testigo en un 15.1 %, pero estadísticamente no presentaron ninguna diferencia.

No ocurrió lo que se esperaba, es decir, que al ir aumentando la cantidad de nitrógeno aplicado también aumentaría la densidad de la raíz (Marchner, 2003) y por lo tanto su peso volumétrico, este comportamiento si se siguió en la variable de longitud de raíz.

A medida que se va incrementado la cantidad de nitrógeno aplicado a las plantas jóvenes de tomate, pero sin llegar a la cantidad en que es toxico, se va haciendo mas corta la raíz pero además se hace más densa aumentando su peso volumétrico al tener mayor cantidad de pelos absorbentes (Marshner, 2003).



Gráfica 15. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el peso volumétrico de la raíz En fertilización al suelo.



Gráfica 16. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el peso volumétrico de raíz en fertilización al suelo.

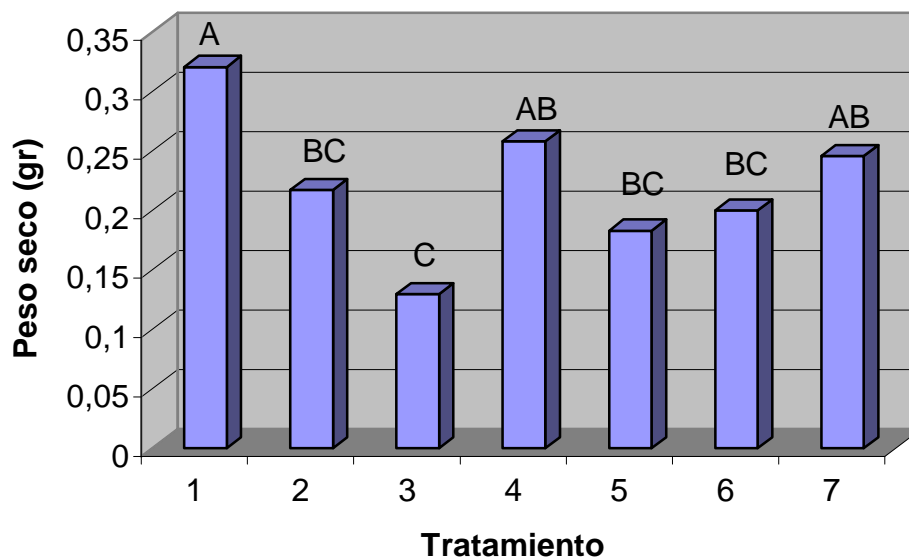
4.7 Peso seco de raíz

En fertilización al suelo esta variable presentó diferencia significativa entre los tratamientos, el que presentó mayor porcentaje por encima del testigo fue el 1 (1 Kg urea) con un 23 %, seguido el 4 en un 19 %. Estas diferencias son evidentes en la grafica 17.

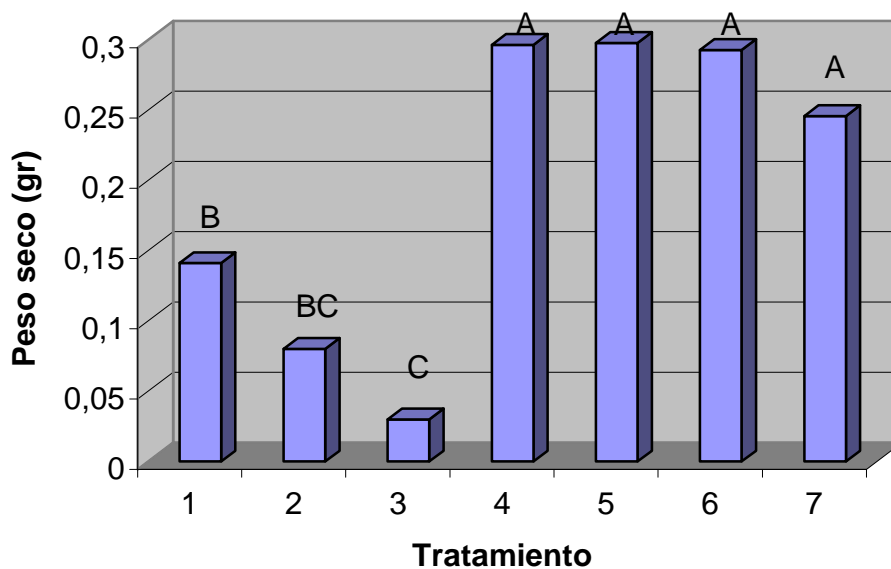
En lo que respecta a la fertilización foliar, también hubo diferencia estadísticamente significativa, obteniendo mayor valor los tratamientos 4,5 y 6, superando al testigo en un 17.5 %, pero cabe aclarar que estadísticamente son iguales estos tratamientos, lo anterior pude apreciarse en la grafica 18.

Es obvio que los tratamientos que presentaron mayor longitud de raíz y peso volumétrico son los mismos que tienen mayor peso seco, ya que a medida que se va incrementado la cantidad de nitrógeno aplicado a las plantas jóvenes de tomate, pero sin llegar a la cantidad en que es toxico, se va haciendo mas corta la

raíz pero además se hace más voluminosa aumentando su peso volumétrico al tener mayor cantidad de pelos absorbentes (Marshner, 2003).



Gráfica 17. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el peso seco de la raíz en fertilización al suelo.



Gráfica 18. Efecto de las diferentes dosis de fertilizantes sobre el peso seco de la raíz en fertilización foliar.

V CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

En cuanto a la fertilización al suelo los mejores resultados los arrojó el tratamiento 1 (1 Kg de urea), ya que en todas las variables evaluadas fue el que tuvo un mejor comportamiento, superando en todos los casos al testigo.

Por otro lado en cuanto a la fertilización foliar el mejor tratamiento fue el 5 (2 Kg de sulfato de magnesio) en la mayoría de las variables evaluadas, excepto clorofila total de la primera y la tercera aplicación.

Es necesario considerar que las conclusiones a las que se llegó son para una mejor vigorosidad de la planta para etapas tempranas de crecimiento, pero es necesario complementar este experimento llevándolo hasta cosecha para emitir una recomendación más completa.

VI BIBLIOGRAFÍA

- Black, C. J. 1975. Relaciones suelo-planta, tomo II. Editorial Hemisferio sur. Pág. 866.
- Berrios, M. 2000. Producción de Tomate en Invernadero. Revista: Hortalizas, Frutas y Flores:24-30.
- Bidwell, R.G.S. 1996. Fisiología vegetal. AGT Editores. México, DF. Pág. 270.
- Castro, B. R, Sánchez P., A. Galaviz, A. Peña, V. Sandoval. 2001. Demanda de Nitrógeno en Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa Brot*). IX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Pág. 18.
- Domínguez, V. A. 1997. Tratado de fertilización. Ediciotorial Mundi Prensa. 3ª edición. Madrid, España. Pág. 613
- Evans, L. T. 1983. Fisiología de los cultivos. Editorial Hemisferio Sur SA. Buenos Aires, Argentina. Pág. 98, 99
- Grageda, G. J. 1999. La Fertilización en Hortalizas. Folleto Técnico Nª 19. Inifap-Cirno-Cech. Pág. 62.

- Jiménez, G. S. 1992. Fertilizantes de liberación lenta: Tipos, Evaluación y Aplicación. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. Pág. 13-16.
- León, G. H. M. 1980. El cultivo de tomate para consumo fresco en el Valle de Culiacán. Editorial Impire. México, DF. Pág. 7.
- Maroto, J. V. 1992. Horticultura herbácea Especial. Editorial Mundiprensa, Madrid, España. Pág. 24.
- Marshner, H. 2003. Mineral nutrition of higher plants. 6^o edición, Academic Press, Boston USA. Pág. 249-252, 277-284.
- Mata, G. M. 2004. Efecto de N, P, K, Ca y Mg en etapas iniciales de crecimiento de Calabaza (*Cucurbita pepo*), Chile (*Capsicum annum*), Melón (*Cucumis melo*), Pepino (*Cucumis sativus*) y Sandía (*Citrullus lannatus*). Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jal. 2004. Pág. 82
- Muñoz, J, y J. Castellanos. 2003. Manual de producción hortícola en invernadero. Impresiones profesionales del centro SA de CV. Guanajuato, México. Pág. 226-231.
- Murrieta, G. I. 2004. Evaluación de dosis de ácidos húmicos, fúlvicos y carboxílicos en plantas jóvenes de tomate y chile bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. ITSON Cd. Obregón Son. Pág. 42.
- Peñuelas, R. O. 2004 Evaluación de diferentes dosis de *Azotobacter Chroococcum* en plantas jóvenes de tomate (*Licopersicum esculentum Mill*) y brócoli (*Brassica oleracea L.*) bajo condiciones de invernadero. Pág. 44, 49, 51.
- Pérez G. M., S. F. Márquez y L. Peña. 1997; Mejoramiento Genético de Hortalizas. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. Pág. 380.

- Richter, G. 1982. Fisiología del Metabolismo de las plantas. Editorial Continental SA de CV. México DF. Pág. 263.
- Rodríguez, F. Fertilizantes. Nutrición vegetal. 1989 editorial AGT editor SA. México DF. Pág. 53 56, 58, 64, 89-91, 123-127, 133.
- Rodríguez, M.M.N., G.G. Alcanzar, S.A. Aguilar, B.J. Etchevers, R.J. Santizo. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Revista Terra 20: 135
- Rojas, M. 1982 Fisiología vegetal aplicada. Editorial Mc. Graw Hill. México, D.F. Pág. 108
- Santos, A. T. Y M. D. Aguilar. 1998. La fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Simposium Nacional sobre Nutrición de cultivos. Querétaro, Qro. Págs. 26-27.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1992. Fisiología de las plantas I. Células: agua, soluciones y superficies. Tomo 1. Editores Paraninfo. SA, España. Pág. 12.
- Simon, M.; K.P. Smith, J.D. Dodsworth, B. Guenther, J. Handelsman y R.M. Goodman. 2001. Influence of tomato genotype on growth of inoculated and indigenous bacteria in the rhizosphere. Applied and Environmental Microbiology: 67(2):515- 520.
- Teushner, H. y R. Alder. 1984. El suelo y su fertilidad, 8ª reimpresión. Editorial CECOSA. México DF. Pág. 510
- Valenzuela, J y Guerrero, M. 2000. Tecnología de producción para hortalizas en el Valle del Yaqui, Sonora. Memoria revista Día del Agricultor 7: 35-39
- <http://sakata.com.mx/paginas/ptomate.htm>).
- <http://www.profertil.com.ar/quees.htm>

<http://www.adevag.com/pdf/EI%20Tomate.pdf>

http://bonsaimania.com/infobonsai/infobonsai4_jun03.htm#enfermedades

<http://www.agrilogica.com/tecnicas/fertilizacion.htm>

<http://www.qro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/CCanaTemas.html>