



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

**APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y MAGNESIO PARA
ESTIMULAR EL CONTENIDO DE CLOROFILA Y
LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO EN CHILE
JALAPEÑO (Capsicum annuum), BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO BIOTECNÓLOGO

PRESENTA

KARLA JANET ZEVADA SANDOVAL

CD. OBREGÓN, SONORA

OCTUBRE DEL 2005

ÍNDICE

| | |
|---|-------------|
| LISTA DE TABLAS | iv |
| LISTA DE FIGURAS | v |
| LISTA DE GRÁFICAS | vi |
| DEDICATORIAS | vii |
| AGRADECIMIENTOS | viii |
| RESUMEN | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Justificación..... | 3 |
| 1.2. Objetivo..... | 4 |
| 1.3. Hipótesis..... | 4 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | |
| 2.1. Chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>)..... | 5 |
| 2.1.1. Antecedentes..... | 5 |
| 2.1.2. Descripción botánica..... | 6 |
| 2.1.3. Clasificación taxonómica..... | 8 |
| 2.1.4. Factores ambientales que condicionan el cultivo de chile jalapeño... 8 | |
| 2.1.4.1. Luz..... | 9 |
| 2.1.4.2. Temperatura..... | 10 |
| 2.1.4.3. Humedad Relativa..... | 11 |
| 2.1.4.4. Edáficos..... | 12 |
| 2.1.4.5. Potencial Hidrógeno (pH)..... | 12 |
| 2.1.5. Cultivo del chile..... | 13 |
| 2.1.6. Importancia del chile..... | 14 |
| 2.1.7. Propiedades nutricionales y de salud..... | 15 |
| 2.1.8. Usos del chile..... | 17 |
| 2.2. Tipos de fertilización..... | 18 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.1 Fertilización foliar..... | 19 |
| 2.2.1.1. Factores que influyen en la fertilización foliar..... | 19 |
| 2.2.1.2. Respuesta de los cultivos a la fertilización foliar..... | 20 |
| 2.2.2. Fertilización al suelo..... | 20 |
| 2.3. Minerales esenciales..... | 22 |
| 2.3.1. Nitrógeno..... | 25 |
| 2.3.1.1. Importancia del Nitrógeno en las plantas..... | 25 |
| 2.3.1.2. Función del Nitrógeno en las plantas..... | 26 |
| 2.3.1.3. Urea [CO (NH ₂) ₂]..... | 27 |
| 2.3.1.4. Deficiencia del Nitrógeno en las plantas..... | 29 |
| 2.3.2. Magnesio..... | 31 |
| 2.3.2.1. Importancia del Magnesio en las plantas..... | 31 |
| 2.3.2.2. Función del Magnesio en las plantas..... | 31 |
| 2.3.2.3. Sulfato de Magnesio (MgSO ₄ *7H ₂ O)..... | 32 |
| 2.3.2.4. Síntomas de deficiencia de Magnesio..... | 33 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 35 |
| 3.1. Localización del Experimento..... | 35 |
| 3.2. Siembra..... | 35 |
| 3.3. Diseño experimental y tratamientos..... | 36 |
| 3.4. Variables evaluadas..... | 40 |
| 3.4.1. TRC (Tasa relativa de crecimiento)..... | 40 |
| 3.4.2. Número de hojas..... | 40 |
| 3.4.3. Área foliar..... | 41 |
| 3.4.4. Peso seco de la parte aérea | 41 |
| 3.4.5. Longitud de la raíz..... | 41 |
| 3.4.6. Peso volumétrico de la raíz..... | 42 |
| 3.4.7. Peso seco de la raíz..... | 42 |
| 3.4.8. Clorofila total..... | 42 |
| 3.5. Equipo de medición..... | 42 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 44 |
| 4.1. TRC (Tasa relativa de crecimiento)..... | 44 |
| 4.2. Área foliar..... | 46 |
| 4.3. Peso seco de la parte aérea..... | 48 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 4.4. Longitud de la raíz..... | 49 |
| 4.5. Peso volumétrico de la raíz..... | 51 |
| 4.6. Peso seco de la raíz | 52 |
| 4.7. Número de hojas..... | 54 |
| 4.8. Clorofila total..... | 55 |
| 4.8.1. Clorofila primera semana..... | 56 |
| 4.8.1.1. Fertilización al suelo..... | 56 |
| 4.8.1.2. Fertilización foliar..... | 57 |
| 4.8.2. Clorofila segunda semana..... | 58 |
| 4.8.2.1. Fertilización al suelo..... | 58 |
| 4.8.2.2. Fertilización foliar..... | 60 |
| 4.8.3. Clorofila tercera semana..... | 61 |
| 4.8.3.1. Fertilización al suelo..... | 61 |
| 4.8.3.2. Fertilización foliar..... | 63 |
| V. CONCLUSIONES..... | 65 |
| VI. BIBLIOGRAFÍA..... | 66 |

LISTA DE TABLAS

| Tabla | Pág. |
|--|-------------|
| 1. Clasificación taxonómica del chile..... | 8 |
| 2. Composición nutritiva del chile picante..... | 15 |
| 3. Elementos esenciales para la mayoría de las plantas superiores y concentraciones internas que se consideran adecuadas..... | 24 |
| 4. Tratamientos aplicados al cultivo de chile var. Mitla..... | 36 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | Pág. |
|---|-------------|
| 1. Plantas óptimas para la fertilización..... | 36 |
| 2. Resultado de la fertilización 1..... | 39 |
| 3. Resultado de la fertilización 2..... | 39 |
| 4. Resultado de la fertilización 3..... | 39 |
| 5. Los mejores tratamientos de la fertilización al suelo 1 y 2 en la TRC..... | 44 |
| 6. Tratamiento 2, uno de los mejores obtenidos en la fertilización foliar sobre la TRC..... | 45 |
| 7. Los mejores tratamientos, 3 y 1 en la fertilización al suelo sobre el área foliar..... | 46 |
| 8. El mejor tratamiento el 2 y el menos favorable el 7, en la fertilización foliar en la determinación del área foliar..... | 47 |
| 9. Determinación del peso seco de la parte aérea..... | 49 |
| 10. Determinación de la longitud de raíz..... | 50 |
| 11. Los mejores tratamientos, 2 y 1 en la fertilización al suelo sobre el peso volumétrico de la raíz..... | 51 |
| 12. Determinación del peso seco de la raíz..... | 53 |
| 13. Los mejores tratamientos, 1 y 3 en la fertilización al suelo sobre el número de hojas..... | 54 |
| 14. Tratamiento 2, uno de los mejores obtenidos en la fertilización foliar sobre el número de hojas..... | 55 |

LISTA DE GRÁFICAS

| Gráfica | Pág. |
|---|-------------|
| 1.- Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la TRC (Tasa relativa de crecimiento) en aplicación al suelo y foliar..... | 45 |
| 2.- Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre el área foliar en aplicación al suelo y foliar..... | 47 |
| 3.- Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre el peso seco de la parte aérea en aplicación al suelo y foliar..... | 48 |
| 4.- Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la longitud de la raíz en aplicación al suelo y foliar..... | 49 |
| 5.- Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre el peso volumétrico de la raíz en aplicación al suelo y foliar..... | 51 |
| 6.- Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre el peso seco de la raíz en aplicación al suelo y foliar..... | 53 |
| 7.- Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre el número de hojas en aplicación al suelo y foliar..... | 54 |
| 8.- Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la clorofila total en la primera semana en aplicación al suelo..... | 56 |
| 9.- Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la clorofila total en la primera semana en aplicación foliar..... | 57 |
| 10.- Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la clorofila total en la segunda semana en aplicación al suelo..... | 59 |
| 11.- Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la clorofila total en la segunda semana en aplicación foliar..... | 60 |
| 12.- Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la clorofila total en la tercera semana en aplicación al suelo..... | 62 |
| 13.- Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la clorofila total en la tercera semana en aplicación foliar..... | 63 |

DEDICATORIAS

A mi madre:

Por darme la vida y por apoyarme siempre e impulsarme a seguir adelante en todos mis propósitos.

A mis hermanas(os):

Por ayudarme a salir adelante y culminar una etapa mas en mi vida.

A mis amigas(os):

Por compartir su amistad, confianza y apoyo en todo momento.

A mis maestras(os):

Por su apoyo, confianza, dedicación y entrega para proporcionarme los conocimientos adquiridos durante toda la carrera.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida y permitirme llegar a cumplir uno de mis sueños.

A toda mi familia por darme siempre lo mejor.

A mi asesor:

El Dr. Marco Antonio Gutiérrez Coronado. Por su gran apoyo, consejos, paciencia, dedicación y ayuda brinda para la realización de este trabajo. Además por ser una gran persona y gran maestro.

A mis revisores:

M.C. María Guadalupe Aguilar A. Por sus consejos, ayuda y participación en la revisión de este trabajo.

ING. Catalina Mungarro Ibarra. Por todo el apoyo brindado, consejos y su participación en la revisión de este trabajo.

M.C. Amada O. Tamayo. Por su ayuda y participación en la revisión de este trabajo.

A mis amigas(os):

Karla Ceballos, Florelia López, Xochilt Ochoa, Suzuky Pinto, Vania Tellez, Alfa Morales, Nubia Barajas, Landy Camou, Norma Koothry, Areli Camacho, Marcia, Lilian Núñez, Karina Delgado, Reina López, Maritsa, Yasmín, Eduardo Salazar, Heriberto Matuz, Dario, Jorge I. Valois, Francisco Camou, Héctor Llanes (abejita) mi mejor amigo, José Luís, Mario Inzunza, Esau, Noel Pimienta, Santiago, Héctor (Chagui), (pollo), (morrito), (ricitos); por su valiosa amistad y compartir con migo todos esos momentos especiales en todo este tiempo. A todos mis compañeros de la carrera por estar ahí y poyarme.

A mis compañeras de trabajo: Rosalba, Claudia, Vicky, Rossy, Yadira, Verónica, Claudia, Erika, Marisol, Karlita, Maricruz, Brenda. Por ofrecerme su amistad y apoyo durante todo este tiempo.

RESUMEN

Las hortalizas desempeñan un papel muy importante en la agricultura mundial, ya que tienen un amplio margen de ganancias además del valor nutritivo que proporcionan a la alimentación humana. En los últimos años la producción de chile ha llegado a tener gran importancia. Esto, debido a su demanda comercial, derrame económico, el aporte de nutrimentos, además de que una parte de nuestra dieta básica es el maíz, frijol y chile, que es el cultivo por excelencia en México con relación a los demás países latinoamericanos.

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la aplicación del Nitrógeno y el Magnesio en distintas dosis sobre el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) en condiciones de invernadero de manera foliar y al suelo, para observar la respuesta que se tiene en los parámetros de crecimiento y en los niveles de clorofila.

El trabajo experimental se realizó en el invernadero que se encuentra instalado dentro de las instalaciones del ITSON Unidad Náinari, en la calle Antonio Caso s/n col. Villa ITSON en Cd. Obregón, Sonora, durante los meses de Septiembre y Octubre del año 2004.

Se realizó un diseño experimental simple completamente al azar, el cual constó de 7 tratamientos y 4 repeticiones en fertilización al suelo y foliar; resultando un total de 56 unidades experimentales. Para lo cual se tomaron vasos de unisel, llenados a las $\frac{3}{4}$ partes con sustrato comercial (SUNSHINE 3), posteriormente se introdujo una semilla de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) a una profundidad de

1 cm., teniendo como fecha de siembra el 20 de Agosto del 2004, después se regó periódicamente. Cuando brotaron las plántulas y emergió la primera hoja verdadera el 11 de Septiembre del 2004 se adquirieron las características más apropiadas para el experimento, continuando con las fertilizaciones que en total fueron 3, realizando 1 por semana. El experimento finalizó el 1 de Octubre del 2004.

Los tratamientos que se aplicaron fueron: Tratamiento 1 (1 kg de Urea), 2 (2 kg de Urea), 3 (3 kg de Urea), 4 (1 kg de Sulfato de Magnesio), 5 (2 kg de Sulfato de Magnesio), 6 (3 kg de Sulfato de Magnesio) y por último el 7 (testigo).

Las variables que se evaluaron fueron: TRC (Taza relativa de crecimiento), Área foliar, Peso seco de la parte aérea, Longitud de la raíz, Peso volumétrico de la raíz, Peso seco de la raíz, Número de hojas y Clorofila total.

Los resultados obtenidos, arrojaron altas diferencias, en los parámetros de crecimiento, los cuales fueron superiores al testigo, encontrándose que los mejores tratamientos al suelo fueron el 1 (1 kg de Urea), 2 (2 kg de Urea) y el 3 (3 kg de Urea). En lo que respecta a la longitud de la raíz todos los tratamientos superaron ampliamente al testigo hasta con un 95% más de raíz. Por otro lado en la fertilización foliar la mayoría de los parámetros de crecimiento respondieron favorablemente a los tratamientos 2 y 3. En lo que respecta al peso volumétrico de la raíz y longitud de la raíz todos los tratamientos superaron ampliamente al testigo hasta con un 50% y 90% respectivamente.

En cuanto al contenido de clorofila total, tanto al suelo como foliar si se presentaron diferencias estadísticamente significativa entre los tratamientos encontrándose que los tratamientos 1 y 3 fueron los que mostraron mayor respuesta principalmente en los días 4 y 5 de las 3 fertilizaciones. Los niveles de clorofila anduvieron en un rango de 17 a 41 unidades de clorofila.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las bases de la economía de México, como consecuencia de la creciente demanda de alimentos de una población en constante crecimiento se ha visto en la necesidad de incrementar los rendimientos de los productos del campo y tratar de reducir su costo de producción al máximo, especialmente en las hortalizas que requieren de una mayor inversión de capital (Gómez, 1997).

El chile es un cultivo hortícola de gran importancia económica, debido a la gran diversidad de variedades cultivadas en México y por ser de consumo popular. Por otra parte, su amplia distribución y consumo lo hacen un ingrediente indispensable de la cocina Mexicana; se consume en estado fresco, seco o en conserva a manera de condimento, como componente básico de diversos guisos y salsas. Además de sus cualidades nutritivas se le atribuyen propiedades medicinales (Grageda *et al.*, 2001).

Es un cultivo rentable y genera el mayor número de jornales respecto al resto de los cultivos en las diferentes regiones donde se cultiva. En México se siembran alrededor de 120, 000 ha de chile, lo que le permite ocupar el tercer lugar en producción mundial, con 1, 180,000 ton/año, luego de China y Turquía, con 7, 025,000 ton/año y 1, 390,000ton/año respectivamente (López, 2002).

Aunque es posible sembrar casi todos los tipos en cualquier zona, algunos se adaptan mejor a ciertas condiciones ambientales que otros. Esto ha provocado la

especialización regional en la producción comercial de algunos chiles (Gómez, 1997).

Por otra parte, el crecimiento vegetal requiere la incorporación de elementos esenciales en los materiales que constituyen a las plantas. Entre estos elementos destacan el magnesio y el nitrógeno (Salisbury *et al.*, 1992).

Debido a que los productores de Chile desean exportar, estos deben de cumplir con ciertas normas de calidad en las que se resaltan el color, forma, tamaño, consistencia; de igual forma se debe evitar marchitamientos, daños mecánicos, enfermedades, cicatrices y manchas; dando como consecuencia un alto costo de producción (Gómez, 1997).

Debido a la creciente demanda por este producto se planteó evaluar el efecto de la aplicación del Nitrógeno y el Magnesio en distintas dosis sobre el cultivo de Chile jalapeño (*Capsicum annuum*) en condiciones de invernadero de manera foliar y al suelo, para observar la respuesta que se tiene en los parámetros de crecimiento y en los niveles de clorofila.

1.1. Justificación.

La producción de Chile 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. Dentro de los factores de producción, tenemos el relacionado a la nutrición vegetal, la cual debe ser balanceada y sin que afecte el desarrollo de las plantas.

La determinación de clorofila es un método utilizado para estimar el estado nutricional de los cultivos en lo que se refiere a Nitrógeno, Magnesio y Hierro principalmente.

Los métodos tradicionales que se emplean para determinar clorofila en los tejidos vegetales por extracción con acetona al 80% o con N, N-dimetilformamida son costosos, requieren de mayor tiempo y son mucho más complicados. Por esa razón proponemos la utilización de un medidor portátil de clorofila, el Spad 502 Minolta el cual es un aparato que aunque es costoso, tiene una infinidad de ventajas que es fácil de usar, entrega medidas rápidas, precisas, no destructivo y está altamente correlacionado con el contenido de N en el cultivo.

Al aumentar los niveles de clorofila, los parámetros de crecimiento se verán ampliamente favorecidos; dándonos como resultado una hortaliza de mayor valor nutricional, mejores características fisiológicas (color, forma, textura etc.) y de esta manera aumentar su valor económico en el mercado. Lo cual beneficiará a los habitantes del Valle del Yaqui, ya que la principal actividad que realiza en esta región es la agricultura; también los jornaleros que laboran en el campo e incluso sus familias, comerciantes y consumidores; ya que se obtendrá un producto de calidad y de un mejor precio.

1.2. Objetivo.

Evaluar el efecto de la aplicación del Nitrógeno y el Magnesio en distintas dosis sobre el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) en condiciones de invernadero de manera foliar y al suelo, para observar la respuesta que se tiene en los parámetros de crecimiento y en los niveles de clorofila.

1.3. Hipótesis.

El uso de Nitrógeno y Magnesio, incrementa los parámetros de crecimiento y los niveles de clorofila del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum*).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Chile jalapeño (*Capsicum annuum*).

2.1.1. Antecedentes.

El chile (*Capsicum annuum*) es originario de América tropical, de las regiones meridionales de Norteamérica (México), de Perú y otros países americanos (Fersini, 1984).

Es una planta cultivada desde la antigüedad por indios americanos que Colón encontró en su primer viaje y llevó a España en 1493, extendiéndose a lo largo del siglo XVI por otros países de Europa, Asia, y África (Maroto, 1992).

Según Laborde y Pozo (1984), el cultivo del chile jalapeño se registra desde comienzos del presente siglo a nivel comercial, en la cuenca baja del río Papaloapan, comprendiendo esta parte de los estados de Veracruz y Oaxaca. El chile jalapeño debe su nombre a la ciudad mexicana de Jalapa, capital de Veracruz.

Las variedades de chile se diferencian unos de otros por el color (verdes, amarillos o rojos), la forma (largos o acampanados), y el sabor (dulces o picantes). Se sabe que a mediados del siglo XVI se cultivaban plantas de chile en Italia, Alemania e Inglaterra y que en Moravia había chilares (sembradíos de chile a finales de esa centuria).

El chile se dio tan bien en estas nuevas tierras y el gusto de su fruto se aclimató tan bien a los paladares autóctonos, que pronto se olvidó el origen americano de la planta. A tal grado, que en muchos sitios de África y de la India se creía que el chile era originario de esas regiones. Hoy día, la demanda de chiles jalapeños está en fuerte crecimiento (cerca de 20% anual). Uno de los países donde más ha tenido acogida en los últimos años es los Estados Unidos, donde el principal condimento envasado no es la salsa de tomate (ketchup) sino la salsa con trozos de chile jalapeño (Pozo, 1981).

2.1.2. Descripción botánica.

La clasificación de esta planta cultivada es difícil por el gran número de variedades existentes y la falta de características definidas, por la constante hibridación. Actualmente se admite que se cultivan 5 especies: *Capsicum annuum*, *C. chinensis*, *C. frutescens*, *C. pendulum* y *C. pubescens*. La especie más variable del género es *C. annuum* y es la más ampliamente cultivada; en México se conocen más de 100 variedades, dulces y picantes (Grageda *et al*, 2001).

El INCA (1982) indica que esta planta pertenece a la familia de las solanáceas, anual o perenne, es herbácea o arbustiva.

La descripción botánica expuesta por Bosso y Serafini (1981) es la siguiente:

Raíz: Pivotal, profundiza de 0.70 hasta 1.20 m.

Tallo: Erecto, herbáceo, leñoso en la base, estriado, muy ramificado y por lo regular lampiño de color verde oscuro.

Hojas: Peciolas, alternas, lisas y brillantes de hasta 15 cm. de largo,, alargados en unas variedades y anchas, ovaladas en otras.

Flores: Son sencillas, aparecen en las axilas de las hojas, perfectas de color blanco, amarillo a veces púrpuras según la variedad que se trate. Ruiz (1983), comenta que las flores tienen el cáliz gamosépalo y persistente, el cual está provisto de 5 a 6 dientes. La corola presenta 5 a 6 pétalos soldados, tiene el tubo muy corto y el limbo plegado. Andráceo formado por 5 a 6 estambres que se encuentran insertos en el tubo de la corola con filamentos más largos que las anteriores. Ovario de 2, 3 ó 4 lóculos multiovulados y con numerosas semillas, el estilo cilíndrico, de longitud igual o mayor que los estambres, terminado en un estigma muy corto, claviforme, verdoso o amarillento.

Fruto: Es como una baya-vaina y en algunas variedades se hace curvo cuando se acerca a la madurez, el color verde del fruto se debe a la alta cantidad de clorofila acumulada en la capa del pericarpio. Los frutos maduros toman color rojo o amarillo debido a los pigmentos licopersicina, xantofila y caroteno.

2.1.3. Clasificación taxonómica.

Ruiz (1983) muestra la clasificación taxonómica del chile (*Capsicum annum*) como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del chile.

| | |
|--------------|-----------------|
| Reino: | Vegetal |
| División: | Embryophyta |
| Subdivisión: | Diploidalia |
| Clase: | Dicotyledonea |
| Subclase: | Metachlamydae |
| Orden: | Tubíflorae |
| Familia: | Solanácea |
| Género: | <i>Capsicum</i> |
| Especie: | <i>annuum</i> |

2.1.4. Factores ambientales que condicionan el cultivo de chile jalapeño.

El medio ambiente es el conjunto de condiciones exteriores que afectan la vida y desarrollo de un organismo e indica lo dinámico del medio natural de una planta, ya que constantemente se está combinando la intensidad de sus factores.

El ambiente para la producción y desarrollo de cultivos protegidos está constituido por todos los factores climáticos modificados por el tipo de estructura y su cubierta; el medio de crecimiento de las raíces, formado por suelos naturales o sustratos artificiales; las interacciones del cultivo con otros organismos con los que las plantas se relacionan, como insectos, hongos, bacterias y virus; así como

todas las modificaciones y prácticas culturales realizadas para acondicionar y manejar de la mejor manera ese ambiente, con la finalidad de crearle a la planta las mejores condiciones y pueda expresar todo su potencial productivo (Montoya, 2002).

Los principales factores que intervienen en el desarrollo de los cultivos, mismos que se pueden modificar y/o controlar mediante sistemas de cultivo protegido son: la intensidad de la luz, la temperatura, la humedad ambiental y la cantidad de CO₂ existente en el aire. Estos elementos son dependientes entre si, cuando se modifica uno de ellos los otros también son afectados (Fersini, 1984).

2.1.4.1. Luz.

La energía solar es el factor ambiental que ejerce una mayor influencia sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, al afectar entre otros procesos biológicos la fotosíntesis, que transforma la energía solar en energía química utilizando luz con longitudes de onda entre 400 y 700 nm, conocida como radiación fotosintéticamente activa, principalmente absorbida por los pigmentos clorofílicos, incluye efectos sobre la germinación de la semilla, elongación del tallo, expansión foliar, síntesis de clorofila y otros productos secundarios en respuesta a la incidencia. La incidencia de flujo tónico con longitudes de onda de 400-500 nm (luz azul), 600 a 700 nm (luz roja) y de 700 a 800nm (luz roja lejana), percibidas por fotorreceptores biológicos (fitocromo y otros) presentes en pequeñas cantidades en las plantas (Montoya, 2002).

2.1.4.2. Temperatura.

La temperatura ejerce una gran influencia sobre el crecimiento y el metabolismo de las plantas y no hay tejido o proceso fisiológico que no esté influido por ella (Gómez, 2002).

Valadez (1989) asegura que el chile es de clima cálido y que el rango de temperatura de germinación es de 23 a 29.5°C, de 8 a 10 días de emergencia. La temperatura ambiente para su desarrollo, por el día es de 18.3 a 26.6°C y por la noche de 15.5 a 18.3°C. A temperatura menor de 10°C se pueden presentar daños en la floración (aborto floral) y a menores de 15°C comienza a detener el desarrollo. La temperatura óptima para la formación de flores es de 22°C. Van Heff *et al.*, (1984) por su parte manifiesta que la mayoría de las hortalizas se desarrollan bien en climas con temperaturas promedio entre los 10 y 30°C. Por lo que el chile se desarrolla adecuadamente en zonas templadas y cálidas.

Tamaro, 1974; Ferrán, 1975 y Cásseres 1984; consideran que las variedades picantes, en general, tienen unos requerimientos térmicos inferiores a las “dulces” que se dan mejor en condiciones de temperatura media más elevada que los chiles picantes, el cual tiene la misma adaptación general que el tomate, aunque también en el grupo de los pimientos picantes existe una gama varietal muy amplia desde el punto de vista de la adaptación.

2.1.4.3. Humedad Relativa.

La humedad en el ambiente, debajo de una estructura de protección de cultivos, interviene en varios procesos: el amortiguamiento de los cambios de temperatura, el aumento o disminución de la transpiración, en el crecimiento de los tejidos, en la viabilidad del polen para obtener mayor porcentaje de fecundación del ovario de las flores y en el desarrollo de enfermedades (Montoya, 2002).

Thompson y Kelly (1957), indican que el chile es muy sensible a las condiciones de baja humedad y alta temperatura que provoca en el una excesiva transpiración, que se manifiesta en la caída de flores y frutos.

Cuanto más húmedo esté el ambiente, menos evaporación y transpiración de las plantas. A mayor temperatura menos humedad relativa. A menor humedad relativa mayor consumo de agua. Cuando la transpiración es intensa, como consecuencia de la falta de humedad en el ambiente o por las altas temperaturas, puede haber más concentración de sales en las partes donde se realiza la fotosíntesis y quede disminuida esta función (Montoya, 2002).

Choe *et al.*, (1989), realizaron experimentos con diferentes temperaturas y humedades del suelo para diferentes semillas de (*Capsicum annuum*) sembrándolas en invernadero con temperaturas de 13, 18 y 23°C y humedad del suelo de 20, 25 y 30%. Obtuvieron que la germinación y el desarrollo de las plántulas fue muy rápido con altas temperaturas y 25% de humedad del suelo.

Hedge (1987), recomienda mantener el cultivo de chile con un 40% de humedad aprovechable, si se desea tener una mayor producción de materia seca y rendimiento, y una mejor eficiencia del agua; este cultivo no tolera inundaciones.

2.1.4.4. Edáficos.

Este cultivo se desarrolla bien en diferentes clases de suelo desde ligeros (arenoso), hasta pesados (arcilla) pero prefiere los limoarenoso y arenoso (Valadez, 1989).

Van Heff *et al.*, (1984) expresa que se puede cultivar en suelos de textura franco, franco limosa y franco arenosa. Requiere suelos profundos, ricos, bien aireados y sobre todo bien drenados, en los que no “duerma” el agua (Cásseres, 1984).

2.1.4.5. Potencial Hidrógeno (pH).

Rick (1984), reporta que el chile requiere de un suelo ligeramente ácido con valores entre 5.5 a 6.5.

En cuanto a la salinidad Valadez (1989), menciona que esta hortaliza esta clasificada como moderadamente tolerante soportando contenidos de 2560 a 6400 ppm y Maroto (1992), comenta que el chile es menos resistente a la

salinidad que el tomate y que en cultivos enarenados puede cultivarse con un pH próximo a 8.

2.1.5. Cultivo del chile.

El cultivo del chile en los últimos 10 años se ha convertido en una de las hortalizas que generan más mano de obra en el país, y por la gran demanda que presenta en los mercados nacional e internacional, los productores se han visto obligados a buscar nuevas tecnologías para mejorar su producción, reducir costos y agilizar su comercialización (Grageda *et al.*, 2002).

El chile se produce en casi todo el país, en los dos ciclos agrícolas, donde aproximadamente el 80 % se consume internamente, en una superficie aproximada de 120 mil hectáreas y una producción de 1 millón 200 mil toneladas. En las regiones del Golfo destacan las variedades Jalapeño, Serrano y Habanero; en el Bajío y el Altiplano Norte predominan los chiles secos, como ancho, guajillo, pasilla y mulato, así como el jalapeño, en la Mesa Central destacan el poblano, manzano, serrano y carricillo, en el Pacífico Norte, el pimiento morrón (bell), jalapeño, anaheim, caribe y fresco, y en el Sureste, destacan el serrano, el jalapeño, costeño y habanero (Gómez, 2002).

México siembra chile en 120 000 ha, lo que le permite ocupar el tercer lugar en producción mundial, con 1' 180 000 ton/año, luego de China y Turquía, con 7' 025 000 ton y 1' 390 000 ton, respectivamente. Los estados del país que más producen esta hortaliza en fresco son Chihuahua, con 16, 434ha, Sinaloa con 16, 298ha y Guanajuato con 11, 460ha (López, 2002).

La producción del chile es altamente tecnificada, con una visión empresarial, donde hace 25 o 30 años se tenían rendimientos promedio de 12 a 15 ton/ha, pero con los nuevos materiales genéticos, sistemas de fertirrigación, y mejores prácticas de cultivo, existen productores que levantan hasta 100 ton/ha señalo Pozo Compodónico (Gómez,2002).

2.1.6. Importancia del chile.

La importancia del chile en México es evidente tanto por la amplia distribución de la superficie sembrada, como por su alto consumo en el país (Pozo, 1981). Es una de las hortalizas de mayor importancia económica y social (Martínez *et al.*, 1998). Además destaca por su demanda comercial y el contenido de nutrientes que aporta en especial vitamina C (Casseres, 1984).

El cultivo de chile cumple con una función socioeconómica muy importante para todo el país, ya que requiere de muchos cuidados en todas las etapas de su desarrollo vegetativo, se utilizan en promedio de 120 a 150 jornaleros por hectárea en las labores de cultivo, principalmente en las cosechas, lo cual beneficia a los trabajadores agrícolas de las regiones productoras (Morales, 1991).

En el país, el chile jalapeño se siembra principalmente en 3 zonas productoras importantes: La cuenca baja del río Papaloapan, que comprende parte de los estados de Veracruz y Oaxaca; en el norte del estado de Veracruz principalmente en los municipios de Papantla, Espinal y Cazonas y la región de Delicias, Chihuahua. Existen además otros estados productores como son: Yucatán,

Campeche, Chiapas, Sinaloa, Sonora y Nayarit entre otros (Hernández *et al*, 1991).

Su fruto es ampliamente utilizado en toda América Central. Estados Unidos absorbe el 85% de las ofertas de México y el resto Canadá, siendo los principales estados exportadores: Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Nayarit, Jalisco, Veracruz, Baja California y Guanajuato. A nivel nacional, el chile se siembra como cultivo único en un 90% del área sembrada, el otro 10% se siembra como cultivo asociado, preferentemente con maíz o frijol (SARH, 1984).

2.1.7. Propiedades nutricionales y de salud.

Tabla 2. Composición nutritiva del chile picante.

Por 100 g de producto comestible, según Watt *et al.* (1975) citada por Maroto (1992).

| ELEMENTO | FRUTO FRESCO |
|-------------------------|--------------|
| Agua (%) | 88.8 |
| Prótidos (g) | 2.3 |
| Grasas (g) | 0.2 |
| Hidratos de carbono (g) | 9.1 |
| Fibra (g) | 1.8 |
| Cenizas (g) | 0.6 |
| Calcio (mg) | 10 |
| Fósforo (mg) | 25 |
| Hierro (mg) | 0.7 |
| Vitamina A (UI) | 770 |
| Tiamina (mg) | 0.09 |
| Riboflavina (mg) | 0.06 |
| Niacina (mg) | 1.7 |
| Ac. Ascórbico (mg) | 235 |
| Valor energético (cal) | 37 |

Los chiles jalapeños tienen alto contenido de potasio, vitaminas A y C, tienen bajo contenido de sodio. Además, contienen hierro, magnesio, tiamina, riboflavina y niacina (Tabla 2).

Un fruto maduro contiene de 150 a 180mg/100g en comparación con los 20 a 25mg de vitamina C por 100g de tomate. Se le atribuyen algunas propiedades medicinales, como digestivo, diurético, etc. (Casseres, 1984).

El contenido de vitaminas y principalmente su sabor agradable y estimulante, ya sea en variedades dulces o picantes, hacen que esta hortaliza sea un ingrediente valioso y casi esencial en la preparación de alimentos en muchos países del mundo (Maroto, 1992).

La presencia del alcaloide llamado capsicina en los chiles jalapeños los hace de gran valor en la dieta del ser humano. La capsicina no tiene olor ni sabor, solo estimula la liberación de neurotransmisores que estimulan los puntos receptores de dolor en la lengua y boca. En respuesta a este estímulo, el cerebro libera endorfinas, se incrementa el metabolismo, se libera más saliva y se suda.

Una comida con chiles picantes acelera el ritmo metabólico en un 25%, lo cual provoca un consumo adicional de 45 calorías. El chile es una excelente forma de agregar sabor a las comidas sin añadir un solo gramo de grasa.

La capsicina crea en las paredes del estómago una coraza que la protege de los daños que provocan los ácidos y el alcohol; además, existen evidencias de que la capsicina puede reducir la presión arterial; en Tailandia encontraron que el chile jalapeño contiene anticoagulantes que permiten a la sangre fluir constantemente (sin coágulos), reduciendo así la posibilidad de un ataque al corazón.

También se está investigando la capacidad del chile jalapeño para reducir los niveles de colesterol. Igualmente se ha reportado que los chiles jalapeños actúan como un afrodisíaco.

La capsicina contenida en los chiles picantes, es un poderoso antioxidante, el cual interfiere en la reacción en cadena de los radicales libres, culpables del envejecimiento.

Recientes investigaciones sospechan que la capsicina podría destruir las células cancerígenas antes de que estas causen problemas. Igualmente, la capsicina es un expectorante y descongestionante natural, ayudando a prevenir la bronquitis y enfisema.

Como puede ver, hay un buen número de razones para disfrutar aún más si ya es consumidor de chiles jalapeños, y si no lo es, le sugerimos que los vaya incluyendo en su dieta habitual.

(<http://www.empacadorasanmarcos.com.mx/historia.html>)

2.1.8. Usos del chile.

Cabe mencionar que el uso del chile no ha sido solamente alimenticio, También se le atribuyen algunas propiedades medicinales, pues algunas investigaciones comprueban su efectividad al utilizarlo como anestésico y también como estimulantes de la transpiración entre otras.

Como condimento el chile picante se usa en muchas formas: picado, fresco, en salsas, en rajadas o tajadas, guisado con carnes o con vegetales, y encurtidos. También hay chiles que se deshidratan enteros y hay otros especiales que se muelen y se mezclan en la preparación de diversos condimentos. Los cultivares dulces se consumen principalmente fresco en ensaladas; también en platos preparados; como guisos y rellenos con carne y arroz. El pimiento se emplea para rellenar aceitunas verdes (Cásseres, 1984).

Como uso médico se puede decir que el chile estimula el apetito, aumenta la orina, aumenta la menstruación y fortalece el estómago, sirve como purgante, seca heridas y llagas infectadas (López, 1994).

2.2. Tipos de fertilización.

La fertilización es una técnica agrícola por sí misma y pertenece, en todo caso, a las ciencias del suelo o edafológicas, ya que los cultivos tienen en general las mismas necesidades de minerales (Rojas, 1972).

Los fertilizantes se aplican generalmente al suelo para ser absorbidos por la raíz, pero la planta también los puede absorber por la hoja y puede ser ventajoso aplicarlos así por economía, para evitar algún factor edáfico, para tener una más rápida respuesta, etc. (Fersini, 1984).

2.2.1. Fertilización foliar.

La fertilización foliar de frutas y hortalizas es un tema que había pasado un tanto desapercibido, o al menos confundido por la gran cantidad de marcas que se encuentran en el mercado (Rodríguez, 1999).

El concepto de nutrición foliar se ha limitado a señalar a esta vía para la alimentación de la planta como ocasional, complementaría y directa a las hojas. Sin embargo, la realidad va más allá de las expectativas comunes ya que las plantas, absorben y acumulan los compuestos aplicados “foliarmente”, también por otros órganos y tejidos aéreos como son frutos, flores axilas, tallos, y todos los puntos meristemáticos de la planta (Yáñez, 1998).

La fertilización foliar, 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. La fertilización foliar no sustituye a la fertilización tradicional de los cultivos, pero si se considera una práctica especial que sirve de respaldo, garantía o apoyo para suplementar o completar los requerimientos nutrimentales de un cultivo, que no se puede abastecer mediante la fertilización al suelo (Aguilar, 1998).

2.2.1.1. Factores que influyen en la fertilización foliar.

Entre los factores que influyen en la absorción foliar de nutrimentos se citan los siguientes:

Características de la solución por asperjar, condiciones del medio, de la planta se ha de tomar en cuenta la especie del cultivo, estado nutricional, etapa de desarrollo de la planta, y edad de las hojas. De los minerales por asperjar se debe tomar en cuenta, su valencia y el ión acompañante, la velocidad de penetración y la translocabilidad del mineral dentro de la planta (Yañez, 1998).

Para el buen éxito de la fertilización foliar es necesario tomar en cuenta según el cultivo por fertilizar, la concentración de la sal portadora del nutrimento, el pH de la solución, la adición de coadyuvantes, y el tamaño de la gota del fertilizante líquido, el ángulo de contacto de la solución aplicada y la superficie mojada. En general, las hojas jóvenes absorben mejor que las viejas. Del medio ambiente se debe considerar la temperatura del aire, el viento, la luz, la humedad relativa y la hora de aplicación (Rodríguez, 1999).

2.2.1.2. Respuesta de los cultivos a la fertilización foliar.

Varios trabajos han demostrado la bondad de la fertilización foliar en la respuesta positiva de los cultivos. Los incrementos de rendimiento por el uso de esta práctica han sido muy variables. Sin embargo los incrementos mas frecuentes oscilan entre un 10 y 30% para la mayoría de los cultivo (Aguilar, 1998).

2.2.2. Fertilización al suelo.

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>)

La fertilización directa al 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.

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

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>)

Dentro de los problemas de la utilización de los nutrientes del suelo por la planta se mencionan:

- ❖ cambios químicos de los elementos como precipitados o fijaciones a partículas del suelo.
- ❖ Lavado de ciertos elementos,
- ❖ La heterogeneidad del suelo y el volumen ocupado por las raíces,

- ❖ Pérdida de elementos en forma de gas.
 - ❖ Utilización de nutrientes por la flora y fauna microbiana.
- (<http://www.agroenzymas.com.mx/www/noticias/tecjul02.html>).

2.3. Minerales esenciales.

Las plantas en su metabolismo necesitan elementos químicos esenciales, los cuales deben ser aportados en cantidad y proporción adecuadas y en forma de iones asimilables (Muñoz *et al*, 1992).

Los requerimientos de nutrientes de la planta están en la función de las condiciones de crecimiento de la variedad del cultivo, de la población de plantas y del rendimiento esperado (Arciniega, 2002).

De los factores que inciden directamente en el buen desarrollo y productividad de los cultivos tiene vital importancia la adecuada utilización de los materiales fertilizantes usados como fuentes de nutrición. Es necesario, por tanto, contar con materiales de buena calidad, que nos proporcionen la seguridad de estar manejando las fuentes idóneas y libres de elementos detrimentales.

Por lo anterior, los fertilizantes para los programas de nutrición deberán ser altamente solubles, aportando características que faciliten y mejoren el manejo del cultivo, esto es:

- ❖ Materiales altamente solubles.
- ❖ Bajo impacto en el aumento de la conductividad eléctrica.

- ❖ Bajo índice salino.
- ❖ Auxiliares en el manejo del pH de las soluciones.
- ❖ Libres de elementos detrimentales como Cloro (Cl) y Sodio (Na).
- ❖ Versátiles, que puedan usarse vía sistema radicular, como vía foliar.
- ❖ Compatibilidad de las fuentes fertilizantes solubles.

(Gómez, 2002).

Los criterios principales por los que un elemento puede considerarse esencial o no para cualquier vegetal son dos:

En primer lugar, un elemento es esencial si el vegetal no puede completar su ciclo de vida (esto es, formar semillas viables) en ausencia de tal elemento.

En segundo lugar, un elemento es esencial si forma parte de cualquier molécula o constituyente de la planta que es, en si mismo esencial para esta (como es el caso del nitrógeno en las proteínas o el magnesio en la clorofila).

Aunque estos 2 criterios tienen amplia aceptación entre los expertos en nutrición mineral, a menudo se consideran algunos otros criterios.

Daniel Arnon y Perry Scout (1939) propusieron el empleo de un tercer criterio: Si un elemento es esencial, debe actuar directamente en el interior de la planta, sin que influya que algún otro elemento sea más fácilmente disponible, ni antagonizar el efecto de algún otro elemento (Casseres, 1984).

Son 17 los elementos que en la actualidad se consideran esenciales para todas las plantas superiores (Tabla 3), así como la forma molecular o iónica con que las plantas los absorben con mayor facilidad del suelo y del aire.

Tabla 3. Elementos esenciales para la mayoría de las plantas superiores y concentraciones internas que se consideran adecuadas.

| ELEMENTO | SIMBOLO | FORMA DISPONIBLE AL VEGETAL | CONCENTRACION EN TEJIDO SECO | |
|------------------|---------|---|---------------------------------|---------|
| | | | Mg/kg | % |
| Molibdeno | Mo | MoO_4^{2-} | 0.1 | 0.00001 |
| Níquel | Ni | Ni^{2+} | | |
| Cobre | Cu | Cu^+ , Cu^{2+} | 6 | 0.0006 |
| Zinc | Zn | Zn^{2+} | 20 | 0.0020 |
| Manganeso | Mn | Mn^{2+} | 50 | 0.0050 |
| Boro | B | H_3BO_3 | 20 | 0.002 |
| Hierro | Fe | Fe^{3+} , Fe^{2+} | 100 | 0.010 |
| Cloro | Cl | Cl^- | 100 | 0.010 |
| Azufre | S | SO_4^{2-} | 1.000 | 0.1 |
| Fósforo | P | H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} | 2.000 | 0.2 |
| Magnesio | Mg | Mg^{2+} | 2.000 | 0.2 |
| Calcio | Ca | Ca^{2+} | 5.000 | 0.5 |
| Potasio | K | K^+ | 10.000 | 1.0 |
| Nitrógeno | N | NO_3^- , NH_4^+ | 15.000 | 1.5 |
| Oxígeno | O | O_2 , H_2O , CO_2 | 450.000 | 45 |
| Carbono | C | CO_2 | 450.000 | 45 |
| Hidrógeno | H | H_2O | 60.000 | 6 |

(Salisbury *et al.*, 1992).

Los **macronutrientes** son 9 los más requeridos, se necesitan en concentraciones de 1000 mg/kg de materia seca. Estos a su vez pueden dividirse en:

- ❖ Macronutrientes primarios: Nitrógeno, Fósforo y Potasio.
- ❖ Macronutrientes secundarios: Calcio, Azufre y Magnesio.

Los **micronutrientes, oligoelementos o elementos traza** son 8 los cuales se necesitan en concentraciones de tejido iguales o menores a 100 mg/kg de materia seca y son: Cloro, Boro, Cinc, Manganeso, Cobre, Molibdeno, Hierro (Rodríguez, 1992).

2.3.1. Nitrógeno.

2.3.1.1. Importancia del Nitrógeno en las plantas.

El Nitrógeno es el elemento más abundante en los vegetales después del Carbono, el Hidrógeno y el Oxígeno, ya que participa en los procesos de crecimiento como un componente estructural y funcional (Valadez, 1989).

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.

En el chile jalapeño, se ha mostrado una gran variabilidad en cuanto a la aplicación de fertilizante nitrogenado. En los estados como Chihuahua, Coahuila y Zacatecas se ha observado una gran variabilidad en cuanto a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, la cual varía desde los 160 hasta los 500 kg/ha. Por ejemplo, las dosis recomendadas para la producción de chile en el estado de Chihuahua es de 240 kg/ha, mientras que en la Laguna la recomendación es de 160 kg/ha en el mismo cultivo (Talavera ,2000).

2.3.1.2. Función del Nitrógeno en las plantas.

El Nitrógeno se encuentra en la planta cumpliendo importantes funciones bioquímicas y biológicas. Es un elemento muy móvil. Las plantas lo absorben, principalmente a través de las raíces, como iones amonio (NH_4^+) o como iones nitrato (NO_3^-). Una vez en el interior de las células pasa a constituir las bases nitrogenadas para las distintas funciones fisiológicas (Simpson, 1986).

El Nitrógeno ingresa en la forma de los aminoácidos, luego éstos entran en la síntesis de los prótidos y las proteínas del vegetal.

El Nitrógeno se halla, además, en la formación de las hormonas, de los ácidos nucleicos (con función hereditaria) y de la clorofila.

La molécula de clorofila (de pigmentación verde) es la determinante del proceso de fotosintético, es decir de la producción de material orgánico a partir de bióxido de carbono del aire.

Cuando hay suficiente cantidad de Nitrógeno se producen los siguientes efectos:

- Mayor cantidad de clorofila.
- Mayor asimilación y síntesis de productos orgánicos.
- Mayor “vigor vegetativo”, en algunas especies, manifestado por el aumento de la velocidad de crecimiento, determinado por un aumento de volumen y peso (debido a los alargamientos celulares y a la multiplicación celular).
- Color verde intenso de la masa foliar (mayor densidad clorofílica).
- Mayor producción e hojas de buena sanidad y calidad (aumento de su contenido proteínico).
- A su vez una mayor producción de frutos, semillas, etc., (Rodríguez, 1992).

Bajo condiciones de soluciones nutritivas se ha comprobado que se obtiene el máximo crecimiento de la planta cuando dicha solución contiene 50% de N-NO₃ y 50% de N-NH₄. El fraccionamiento del Nitrógeno es importante a fin de que se mantenga un adecuado nivel de este nutriente durante todo el ciclo de la planta.

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 (Gómez, 2002).

2.3.1.3. Urea [CO (NH₂)₂].

La urea es la carbamida (la diamida del ácido carbónico). Su nombre procede del latín y es utilizado internacionalmente. En las últimas décadas su importancia ha crecido en todo el mundo, y en algunos países se ha convertido en el abono

nitrogenado más importante. Su alta riqueza permite que la unidad de N resulte más barata que otros abonos nitrogenados de gran consumo (Finck, 1988).

Obtención: La urea o carbamida es un compuesto nitrogenado de origen animal. Actualmente también se lo obtiene de la síntesis química, básicamente haciendo reaccionar el amoníaco con el bióxido de carbono (CO₂) o anhídrido carbónico.

Contenido: La urea es el fertilizante sólido de mayor concentración de nitrógeno total alcanzando un 45 a 46% del peso del fertilizante.

Características:

- Es un compuesto orgánico blanco, granulado (1 a 2 mm).
- Es un sólido muy higroscópico y muy soluble en agua (1 kg/l a 20°C.).
- De bajo peso específico (solamente 0.7 kg/l).

Una vez incorporado al suelo se transforma en carbonato amónico [CO₃ (NH₄)₂], induciendo a una cierta alcalinidad; luego las bacterias nitrifican pasando al estado de nitrato y produciendo una reacción ácida, llegando a un índice de acidez de 80.

Se deben tener en cuenta para su manejo y aplicación los siguientes puntos:

- ❖ Por su alta concentración facilita el manejo y el almacenaje.
- ❖ Las presentaciones son en polvo, gránulos y cristal, son recomendables por su gran higroscopicidad las formas en gránulos.
- ❖ Las aplicaciones al suelo se hacen con antelación por su proceso de transformación.

- ❖ El contenido de “biuret” (compuesto tóxico) no debe exceder el 2 % del contenido total, un exceso provocaría síntomas de toxicidad en el cultivo.
- ❖ En la aplicación al suelo debe ser homogéneamente mezclada con la tierra.
- ❖ En el uso de fertilización foliar el contenido de “biuret” debe ser inferior al 0.25% (Rodríguez, 1992).

A diferencia del amoníaco anhídrido o sales amónicas, la urea no puede ser utilizada por las plantas hasta que el nitrógeno que contiene es convertido por la enzima del suelo ureasa a amoníaco.

La urea es realmente soluble y lavable cuando se aplica al suelo, cuando se cambia a amoníaco por la acción de la ureasa, es retenida como cationes intercambiables de amonio por las arcillas y el humus en forma realmente disponible para las plantas. Bajo condiciones favorables de cálida temperatura y humedad del suelo, la urea es hidrolizada a carbonato de amonio y luego por acción bacteriana a nitrato, en menos de una semana.

Cuando se utiliza como abono foliar, actúa directamente, pero en el suelo su acción es muy lenta ya que para que las plantas puedan absorberla, ha de ser previamente transformada (Donahue, 1981).

2.3.1.4. Deficiencia del Nitrógeno en las plantas.

El déficit de Nitrógeno presenta síntomas variados. El rendimiento de un cultivo baja incluso antes de la manifestación sintomática.

El primer síntoma que se presenta es la clorosis, es decir la pérdida de moléculas de clorofila, tomando la planta un color amarillento general. La producción y síntesis orgánica se frena y baja de esta manera la velocidad de crecimiento y desarrollo.

Los síntomas de clorosis ocurren primero en las hojas viejas que trasladan sus substratos a las jóvenes. Luego el síntoma pasa a las hojas en crecimiento activo, comenzando desde el ápice hacia la base e indicando que la deficiencia de Nitrógeno es ya grave.

Los síntomas generales de deficiencia de Nitrógeno son:

- ✧ Menor crecimiento.
- ✧ Debilitamiento de la planta.
- ✧ Amarillamiento.
- ✧ Necrosis de tejidos (muerte).
- ✧ Caída de hojas (Rodríguez, 1992).

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 (Domínguez, 1990).

2.3.2. Magnesio.

2.3.2.1. Importancia del Magnesio en las plantas.

El Magnesio es importante ya que es absolutamente esencial, pues forma el núcleo de la clorofila. También forma 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, 1990).

2.3.2.2. Función del Magnesio en las plantas.

El Magnesio es absorbido por la planta en su forma catiónica Mg^{++} . Ingresa en el interior de las células participando en distintas funciones y constituciones moleculares estos son:

- Forma parte de la molécula de clorofila, molécula que produce la síntesis de los hidratos de carbono a partir de la energía lumínica y el CO_2 de la atmósfera, constituyendo el 2.7% del peso total de esta molécula.
- Forma parte constituyente de los pectatos (de Ca y Mg) de las laminillas medias de las células; es abundante el Mg en las semillas, tejidos meristemáticos y frutos.
- Esta en la constitución moléculas de 15 enzimas del grupo de las sintetizadoras de polipéptidos, las transfosforilasas y descarboxilasas.
- Interviene en la síntesis de los aceites vegetales.

- Interviene en la regulación de la presión osmótica, aunque es indispensable principalmente porque forma parte de la molécula de clorofila (Rodríguez, 1992).

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 numerosas 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, 1990).

2.3.2.3. Sulfato de Magnesio (Mg SO₄ * 7H₂O).

La 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.

Características físico-químicas del sulfato de Magnesio:

1. Peso de moléculas (g/ml): 246.47
2. Color y Forma: Cristales blancos
3. Densidad (kg/m³): 1 700
4. Solubilidad: 71 (g/100 ml) de agua a 20° C
5. Compatibilidad: compatible con la mayoría de fertilizantes

6. Manejo y almacenamiento: Para evitar el endurecimiento, almacenar en condiciones secas, frescas y oscuridad. El endurecimiento, de alguna forma disminuye la solubilidad inmediata de la sal en el agua.
7. Comportamiento en el suelo: Fuente de rápida liberación de magnesio (Mg^{+2}) y azufre en forma de sulfato (SO_4^{-2}). Sal neutra, pH en solución acuosa está entre 6 y 7.

(<http://www.agroimpulso.com.ar/agronomos/agricultura/fertilizantes.htm>)

2.3.2.4. Síntomas de deficiencia de Magnesio.

La carencia de este elemento, debido a los problemas del suelo o por su cantidad insuficiente, produce los siguientes síntomas:

- Clorosis general en la planta, principalmente en las hojas viejas (por la falta de clorofila). 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
- Desfoliación intensa en la planta.
- Los síntomas son más notables después del período vegetativo (de intenso crecimiento) y generalmente después de intensas lluvias en suelos que son susceptibles de un gran lavado o lixiviado de las sales.
- Las plantas que padecen una carencia aguda de Mg no son capaces de elaborar clorofila.
- Los síntomas de la carencia de Mg se suelen presentar en forma de manchas amarillas seguidas de un cambio de color de las hojas hacia el color pardo (Simpson, 1986).

Cuando 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 (Bidwell, 1990).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento.

El trabajo experimental se realizó en el invernadero que se encuentra instalado dentro del ITSON unidad Náinari, en la calle Antonio Caso s/n col. Villa ITSON en Cd. Obregón, Sonora, durante los meses de Septiembre y Octubre del año 2004.

El invernadero es una estructura con paredes de cristal y techo de lámina, en el cual se cuenta con aire acondicionado y se controla la temperatura en un rango que va de los 18-25 °C.

3.2. Siembra.

Se tomaron vasos de unisel, llenado a 3/4 partes de su capacidad con sustrato SUNSHINE 3, posteriormente se introdujo una semilla de chile jalapeño variedad Mitla, a una profundidad de 1 cm. bajo la superficie del sustrato aproximadamente, teniendo como fecha de siembra el 20 de Agosto del 2004, una vez sembrado se regó periódicamente cumpliendo las necesidades de requerimiento de agua, cuando brotaron las plántulas y emergió la primera hoja verdadera (Figura 1); el 11 de Septiembre del 2004 se adquirieron las características más apropiadas para el experimento.



Figura 1. Plantas óptimas para la fertilización.

3.3. Diseño experimental y tratamientos.

Para este estudio se maneja un diseño experimental simple completamente al azar, el cual constó de 7 tratamientos (Tabla 4) y 4 repeticiones, en fertilización al suelo (28 unidades experimentales) y foliar (28 unidades experimentales), resultando un total de 56 unidades experimentales. Se aplicaron los fertilizantes una vez por semana durante 3 semanas consecutivas (Figura 2, 3, 4) después de la aparición de las primeras hojas verdaderas. Los análisis estadísticos (análisis de varianza y comparación de medias) se efectuaron con ayuda del programa estadístico Nuevo León 1994.

Tabla 4. Tratamientos aplicados al cultivo de chile var. Mitla

| TRATAMIENTO | FUENTES | DOSIS |
|-------------|---------------------|--------|
| 1 | Urea | 1kg/ha |
| 2 | Urea | 2kg/ha |
| 3 | Urea | 3kg/ha |
| 4 | Sulfato de Magnesio | 1kg/ha |
| 5 | Sulfato de Magnesio | 2kg/ha |
| 6 | Sulfato de Magnesio | 3kg/ha |
| 7 | Testigo | ----- |

Los cuales se aplicaron en las siguientes fechas:

Fertilización 1 Sábado 11 de Septiembre del 2004

Fertilización 2 Sábado 18 de Septiembre del 2004

Fertilización 3 Sábado 25 de Septiembre del 2004

Los productos utilizados se encuentran en presentación comercial y se llevaron a cabo los cálculos correspondientes para aplicar la dosis indicada para cada unidad experimental.

En base al número de plantas por hectárea = 40,000., se hace una regla de tres para calcular cuanto fertilizante le corresponde a cada plántula de acuerdo a la dosis establecida (Tabla 4).

Tratamientos para la fertilización al suelo:

Tratamiento 1

1000 g / ha de Urea ----- 40,000 plantas

X g de Urea ----- 1 planta

X= 0.025 g Urea para cada unidad experimental del tratamiento.

Tratamiento 2

2000 g / ha de Urea ----- 40,000 plantas

X g de Urea ----- 1 planta

X= 0.05 g Urea para cada unidad experimental del tratamiento.

Tratamiento 3

3000 g / ha de Urea ----- 40,000 plantas

X g de Urea ----- 1 planta

X=0.075 g Urea para cada unidad experimental del tratamiento.

Tratamiento 4

1000 g / ha de Sulfato de Magnesio ----- 40,000 plantas

X g de Sulfato de Magnesio ----- 1 planta

X= 0.025 g Sulfato de Magnesio para cada unidad experimental del tratamiento.

Tratamiento 5

2000 g / ha de Sulfato de Magnesio ----- 40,000 plantas

X g de Sulfato de Magnesio ----- 1 planta

X= 0.05 g Sulfato de Magnesio para cada unidad experimental del tratamiento.

Tratamiento 6

3000 g / ha de Sulfato de Magnesio ----- 40,000 plantas

X g de Sulfato de Magnesio ----- 1 planta

X= 0.075 g Sulfato de Magnesio para cada unidad experimental del tratamiento.

Tratamiento 7 (Testigo) no hubo aplicación

Para los tratamientos usados en la fertilización foliar, se peso la misma cantidad de fertilizante y se disolvió en 100 ml de agua, posteriormente se realizo la aspersion por la parte aérea (hojas) con la ayuda de un aspersor para cada planta.



Figura 2. Resultado de la fertilización 1.



Figura 3. Resultado de la fertilización 2.



Figura 4. Resultado de la fertilización 3.

3.4. Variables evaluadas.

Las variables analizadas durante el experimento son las siguientes:

- 1.- TRC (Tasa relativa de crecimiento)
- 2.-Número de hojas
- 3.-Área foliar
- 4.-Peso seco de la parte aérea
- 5.-Longitud de la raíz
- 6.-Peso volumétrico de la raíz
- 7.-Peso seco de la raíz
- 8.-Clorofila total

3.4.1. TRC (Tasa relativa de crecimiento).

En esta variable se tomaron cada una de las plantas y se midieron con una regla, la medición se hizo a lo largo hasta donde iniciaron los primordios foliares obteniéndose los resultados en centímetros. Con los resultados obtenidos se calculo la TRC para lo cual se usó la siguiente formula:

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

Donde: Af: altura final

Ai: altura inicial

T: tiempo

3.4.2. Número de hojas.

En esta variable se llevó a cabo un conteo de las hojas de cada planta.

3.4.3. 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, expresando los resultados en cm².

3.4.4. Peso seco de la parte aérea.

Se cortó la parte aérea de las plantas y se introdujeron en bolsas de papel, previamente etiquetadas por tratamiento, se colocaron en el horno a temperatura de 70°C durante 24 horas, la parte aérea seca se pesó en una balanza semianalítica, obteniendo los resultados en gramos.

3.4.5. Longitud de la raíz.

Se tomaron las raíces de cada planta al final del experimento y se midieron con una cinta métrica, los resultados se expresaron en centímetros.

3.4.6. Peso volumétrico de la raíz.

Se introdujeron las raíces cortadas y lavadas en una probeta graduada con cierta cantidad de agua, y se midió la cantidad de líquido que desplaza la raíz. El resultado se expresó en ml de agua/raíz.

3.4.7. Peso seco de la raíz.

Se tomaron las raíces cortadas de las plantas y se introdujeron en bolsas de papel, previamente etiquetadas por tratamiento, se colocaron en el horno a una temperatura de 70°C por 24 horas, la raíz seca se pesó en una balanza semianalítica, obteniendo los resultados en gramos.

3.4.8. Clorofila total.

En esta variable se tomaron lecturas a la cuarta hoja fisiológicamente madura de cada planta diariamente durante 3 semanas entre las 11:00 am. y las 14:00 pm. Los resultados se expresaron en cm día^{-1} .

3.5. Equipo de medición.

Para la toma de lecturas de los parámetros a medir, se utilizó el siguiente equipo:

- Medidor de clorofila SPAD 502 MINOLTA (Clorofila Total)
- Balanza semianalítica Ohaus VI-2400 (Peso)
- Cinta métrica (Longitud)
- Regla (Longitud)
- Probeta (Volumen Desplazado)
- Horno (Peso Seco)
- Integrador de área foliar CID,inc, Modelo CL-202 (Área Foliar)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

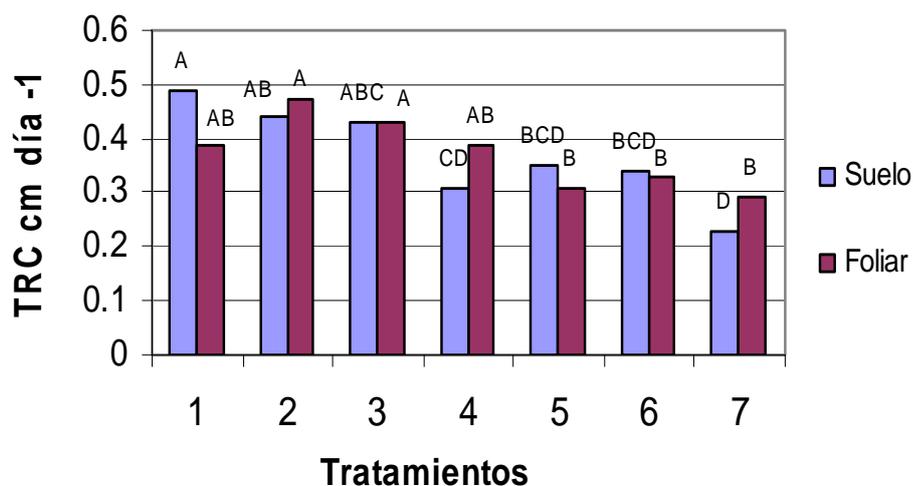
Se analizó el comportamiento de cada una de las variables por tratamiento. A continuación se muestran los resultados obtenidos con respecto a los análisis estadísticos (análisis de varianza y comparación de medias) los cuales se efectuaron con ayuda del programa estadístico Nuevo León 1994.

4.1. TRC (Tasa relativa de crecimiento).

En cuanto a la fertilización al suelo se presentó diferencia estadísticamente significativa entre los tratamiento, siendo el 1 y 2 (Figura 5) los que presentaron mayor TRC superando al testigo. El 1 (1 kg de Urea) con un 113% y el 2 (2 kg de Urea) con un 91%, lo cual nos muestra que los altos porcentajes son favorables (Gráfica 1).



Figura 5. Los mejores tratamientos de la fertilización al suelo 1 y 2 en la TRC.



Gráfica 1. Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la TRC (Tasa relativa de crecimiento) en aplicación al suelo y foliar.

Por otro lado en la fertilización foliar, se observó que había diferencia significativa entre los tratamientos; encontrándose que los tratamientos 2 (2 kg de Urea) y 3 (3 kg de Urea), (Figura 6) presentaron mayor valor de TRC respectivamente con un 62% y 48% superando al testigo (Gráfica 1).



Figura 6. Tratamiento 2, uno de los mejores obtenidos en la fertilización foliar sobre la TRC.

La disponibilidad del Nitrógeno influye notablemente en la tasa de crecimiento de la planta, cuando esta presente en los cultivos en concentraciones adecuadas se manifiesta con el aumento de la velocidad de crecimiento, determinado por un aumento de volumen y peso (debido a los alargamientos celulares y multiplicación celular) (Rodríguez, 1992).

El Nitrógeno es un elemento con gran movilidad en las plantas que pueden trasladarse desde las zonas maduras a las inmaduras (Rost *et al.*, 1992).

4.2. Área Foliar.

En la fertilización al suelo se presentó diferencia altamente significativa entre los tratamientos, donde los que presentaron mayor área foliar fueron el 3 y 1 (Figura 7) superando al testigo. El tratamiento 3 (3 kg de Urea) con un 97% y el 1 (1 kg de Urea) con un 94% (Gráfica 2).

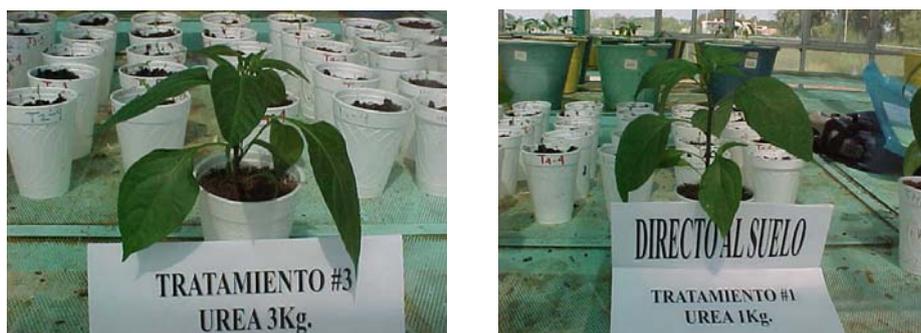
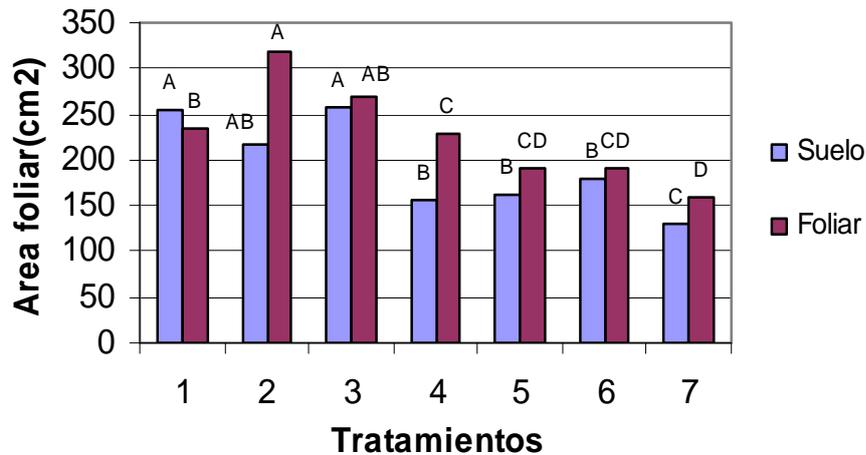


Figura 7. Los mejores tratamientos, 3 y 1 en la fertilización al suelo sobre el área foliar.



Gráfica 2. Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre el área foliar en aplicación al suelo y foliar.

En cuanto a la fertilización foliar los mejores tratamientos fueron el 2 (2 kg de Urea) y 3 (3 kg de Urea) (Figura 8) superando al testigo respectivamente con un 99% y 69% (Gráfica 2).



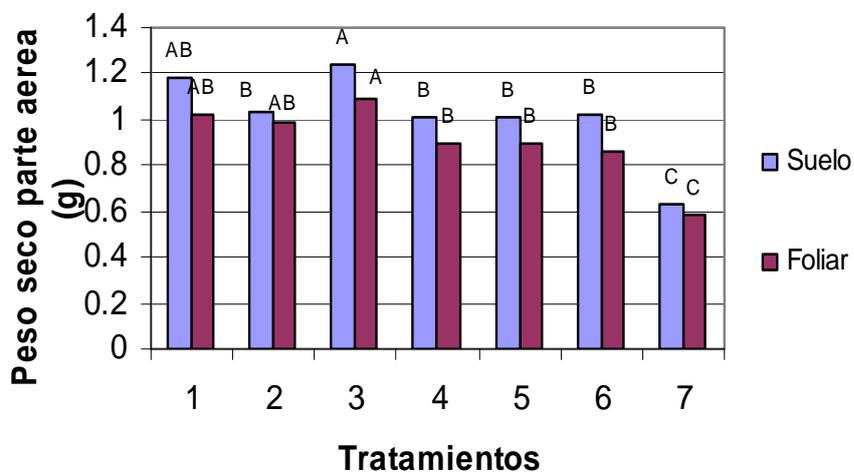
Figura 8. El mejor tratamiento el 2 y el menos favorable el 7, en la fertilización foliar en la determinación del área foliar.

El Nitrógeno es un elemento necesario para la multiplicación celular y el desarrollo de los órganos vegetales, aumenta la superficie foliar y la masa protoplasmica activa (Demolon, 1972).

Una vez en el interior de la célula pasa a constituir la base nitrogenada para las distintas funciones fisiológicas, aumentando el vigor vegetativo: mayor producción de hojas, frutos y semillas (Rodríguez, 1992).

4.3. Peso seco de la parte aérea.

En la fertilización al suelo, se presentó diferencia significativa entre los tratamientos, se puede ver que los mejores fueron el 3 y 1. El tratamiento 3 (3 kg de Urea) con un 97% y el tratamiento 1 (1 kg de Urea) con un 87% superando al testigo (Gráfica 3).



Gráfica 3. Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre el peso seco de la parte aérea en aplicación al suelo y foliar.

Por otro lado en la fertilización foliar, de igual forma los tratamientos 3, 1 y 2 (Figura 9) fueron los que presentaron mayor diferencia significativa respectivamente con un 88 %, 76% y 71% (Figura 9) superando al testigo (Gráfica 3).

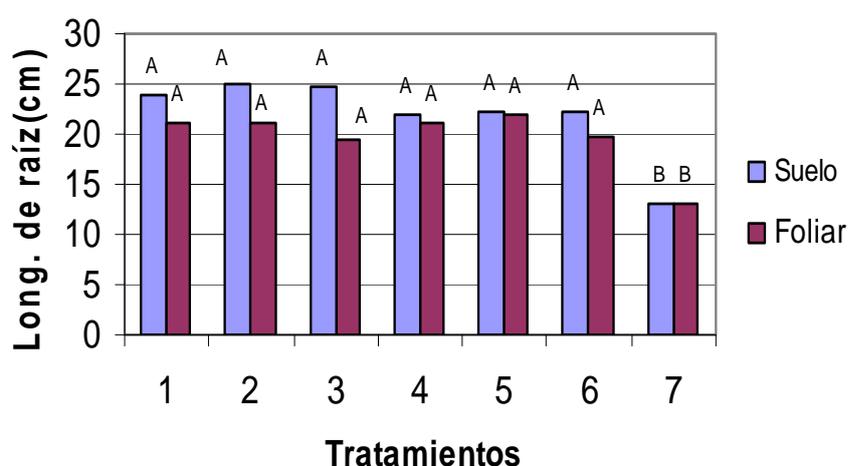


Figura 9. Determinación del peso seco de la parte aérea.

El Nitrógeno presenta un elemento necesario para la multiplicación celular y el desarrollo de los órganos vegetales. Aumenta la superficie foliar y la masa protoplásmica activa, por lo que al tener mas masa foliar nos permite tener un mayor peso seco de la parte aérea (Demolon, 1972).

4.4. Longitud de la raíz.

En la fertilización al suelo todos los tratamientos superaron ampliamente al testigo hasta con un 95% más de raíz lo cual se puede observar en la (Gráfica 4).



Gráfica 4. Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la longitud de la raíz en aplicación al suelo y foliar.

En lo que respecta a la fertilización foliar de igual manera todos los tratamientos fueron mucho mejores que el testigo hasta con un 90% mas de raíz (Gráfica 4). Lo cual muestra la respuesta favorable que se tuvo en el incremento de este parámetro tanto en la fertilización al suelo como foliar (Figura 10).



Figura 10. Determinación de la longitud de raíz

El Magnesio al ingresar al interior de las células participa en distintas funciones y constituciones moleculares; debido a que el Magnesio interviene en la absorción y transporte de grupos fosfatos, por lo tanto da la energía necesaria para estimular el crecimiento vegetal (Bidwell, 1990). El Nitrógeno es fundamental en el crecimiento como componente estructural y funcional de la planta (Valadez, 1989).

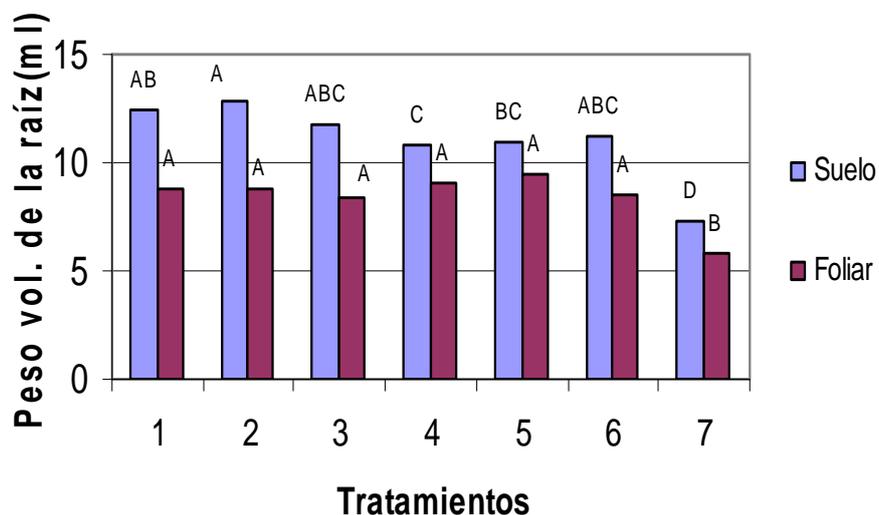
Según Domínguez (1990), una alta disponibilidad de Nitrógeno en especial si el cultivo es bien regado, estimula un crecimiento vegetativo vigoroso y Rojas (1972) menciona que la presencia de un alto contenido de Nitrógeno en el suelo tiende a hacer crecer el tallo relativamente más que a la raíz, en cambio la falta de humedad en el suelo hace que la raíz crezca, el tallo queda corto y las hojas pequeñas.

4.5. Peso volumétrico de la raíz.

En la fertilización al suelo se presentó diferencia estadísticamente significativa, los tratamientos que arrojaron un mayor valor peso volumétrico de raíz fueron el 2(2 kg de Urea) con un 77% y el 1(1 kg de Urea) con un 72% (Figura 11) superando al testigo (Gráfica 5).



Figura 11. Los mejores tratamientos, 2 y 1 en la fertilización al suelo sobre el peso volumétrico de la raíz.



Gráfica 5. Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre el peso volumétrico de la raíz en aplicación al suelo y foliar.

Por otro lado en la fertilización foliar todos los tratamientos superaron ampliamente al testigo hasta con un 50% más de peso volumétrico. (Gráfica 5).

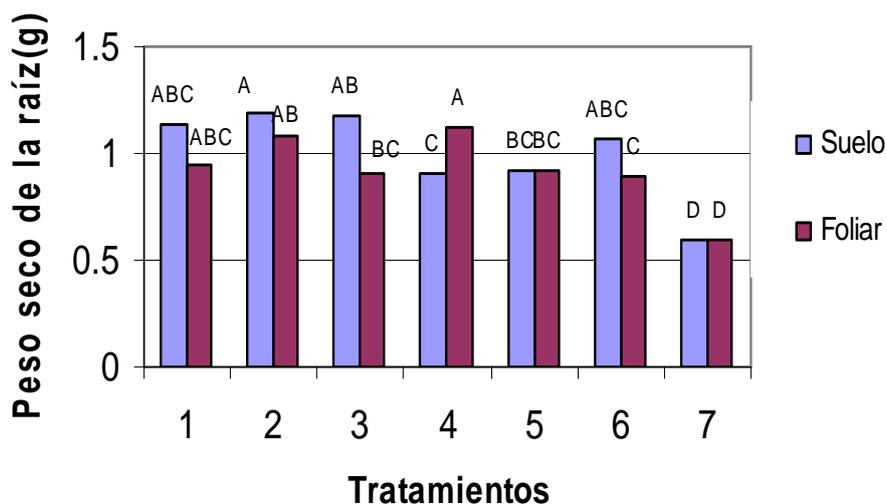
Valadez (1989), comenta que el Nitrógeno es el elemento más abundante en los vegetales, ya que participa en los proceso de crecimiento como componente estructural y funcional.

Según Marsher (2003), a medida que se va incrementando la cantidad de Nitrógeno a las plantas jóvenes pero sin llegar a la cantidad en que es tóxica, se va haciendo más corta la raíz, pero además se hace más voluminosa aumentando su peso volumétrico al tener mayor cantidad de pelos absorbentes.

Las hortalizas tienen una gran necesidad de Magnesio, ya que al ser absorbidos por las plantas participa en distintas funciones y constituciones moleculares (Finck, 1988).

4.6. Peso seco de la raíz.

En la fertilización al suelo esta variable presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos; los que presentaron mayor porcentaje por encima del testigo fueron el 2 y 3. El tratamiento 2 (2 kg de Urea) con 98% y el tratamiento 3 (3 kg de Urea) con un 95% superando al testigo (Gráfica 6).



Gráfica 6. Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre el peso seco de la raíz en aplicación al suelo y foliar.

En cuanto a la fertilización foliar esta variable también presentó diferencias significativas entre los tratamientos; los que presentaron mejor respuesta fueron los tratamientos 4 y 2. El tratamiento 4 (1 kg de Sulfato de Magnesio) con un 90% y el 2 (2 kg de Urea) con un 83% superior al testigo (Gráfica 6). Debido a la gran respuesta que presentó el desarrollo de la raíz en el cultivo; por obvias razones el peso seco de la raíz será favorable (Figura 12).



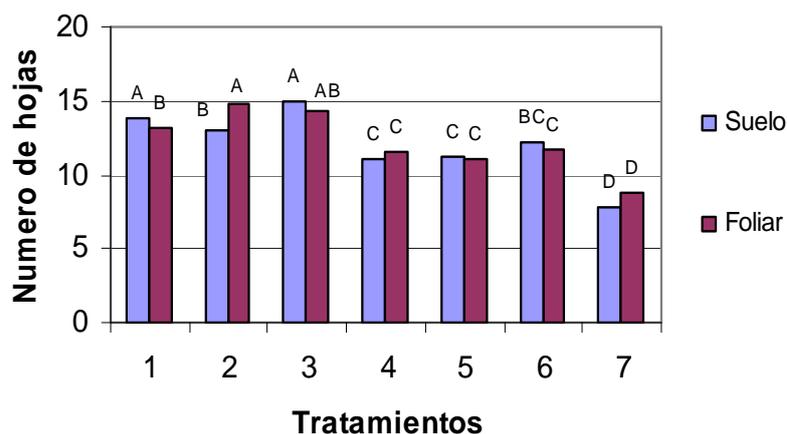
Figura 12. Determinación de peso seco de la raíz

4.7. Número de hojas.

En la fertilización al suelo esta variable presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Los tratamientos que presentaron mejor respuesta fueron el 3 y 1. El 3 (3 kg de Urea) con un 94% y el 1 (1 kg de Urea) con un 77% (Figura 13) en cuanto al número de hojas superior al testigo (Gráfica 7).



Figura 13. Los mejores tratamientos, 1 y 3 en la fertilización al suelo sobre el número de hojas.



Gráfica 7. Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre el número de hojas en aplicación al suelo y foliar.

En cuanto a la fertilización foliar los mejores tratamientos fueron el 2 (2 kg de Urea) con un 69%(Figura 14) y el 3 (3 kg de Urea) con un 63% superior al testigo (Gráfica 7).



Figura 14. Tratamiento 2, uno de los mejores obtenidos en la fertilización foliar sobre el número de hojas.

Domínguez (1990), comenta que el Nitrógeno al estar presente en cantidades adecuadas en el cultivo, aumenta el vigor vegetativo produciendo hojas de buena sanidad y calidad (aumentando su contenido proteínico).

Las plantas que crecen con un exceso de Nitrógeno presentan abundante follaje, generalmente un sistema radical de tamaño mínimo y, por ello, con una proporción entre la zona aérea y la raíz muy elevada (Salisbury *et al.*, 1992).

4.8. Clorofila total.

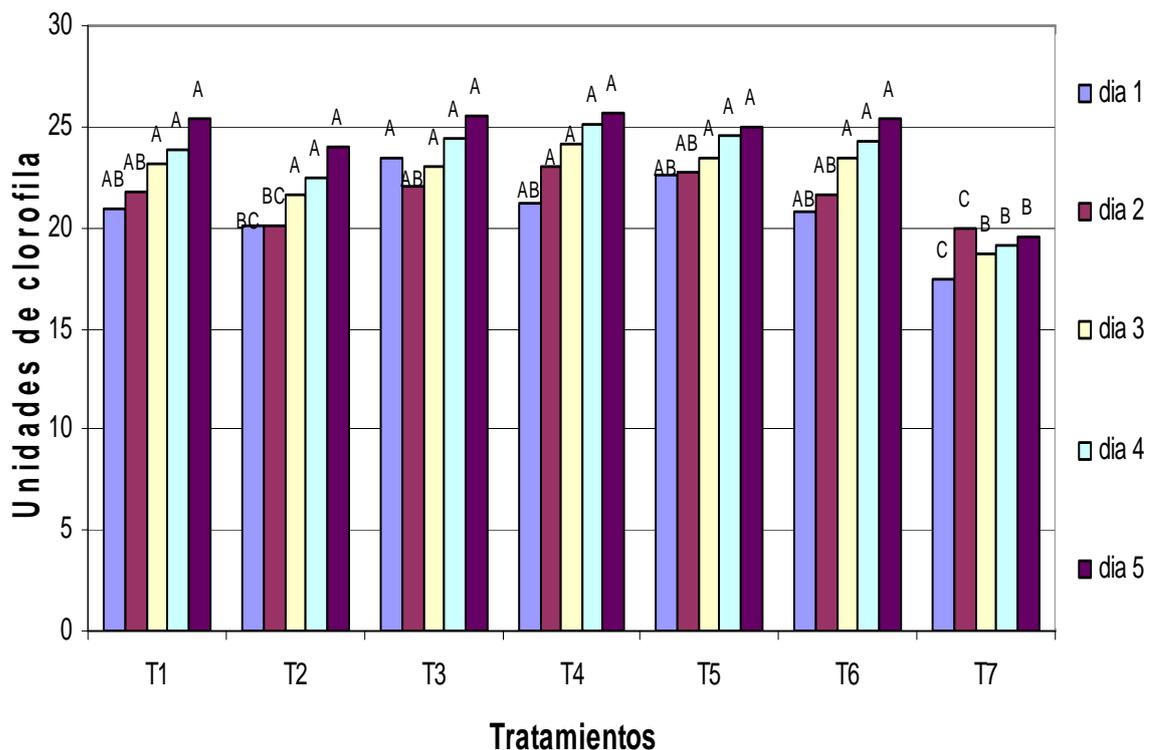
Se realizaron lecturas diariamente durante 3 semanas de los niveles de clorofila presentes en todas las unidades experimentales.

4.8.1. Clorofila primera semana.

A continuación se muestran los resultados de los niveles de clorofila obtenidos durante la primera semana, en la fertilización al suelo y foliar.

4.8.1.1. Fertilización al suelo.

Los tratamientos mostraron alta diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Los valores más altos de clorofila se presentaron en los tratamientos 4, 3 y 1 del día 5 superando al testigo con un 37,35 y 30% respectivamente. Los valores obtenidos estuvieron en el rango de 17-25 unidades de clorofila (Gráfica 8).

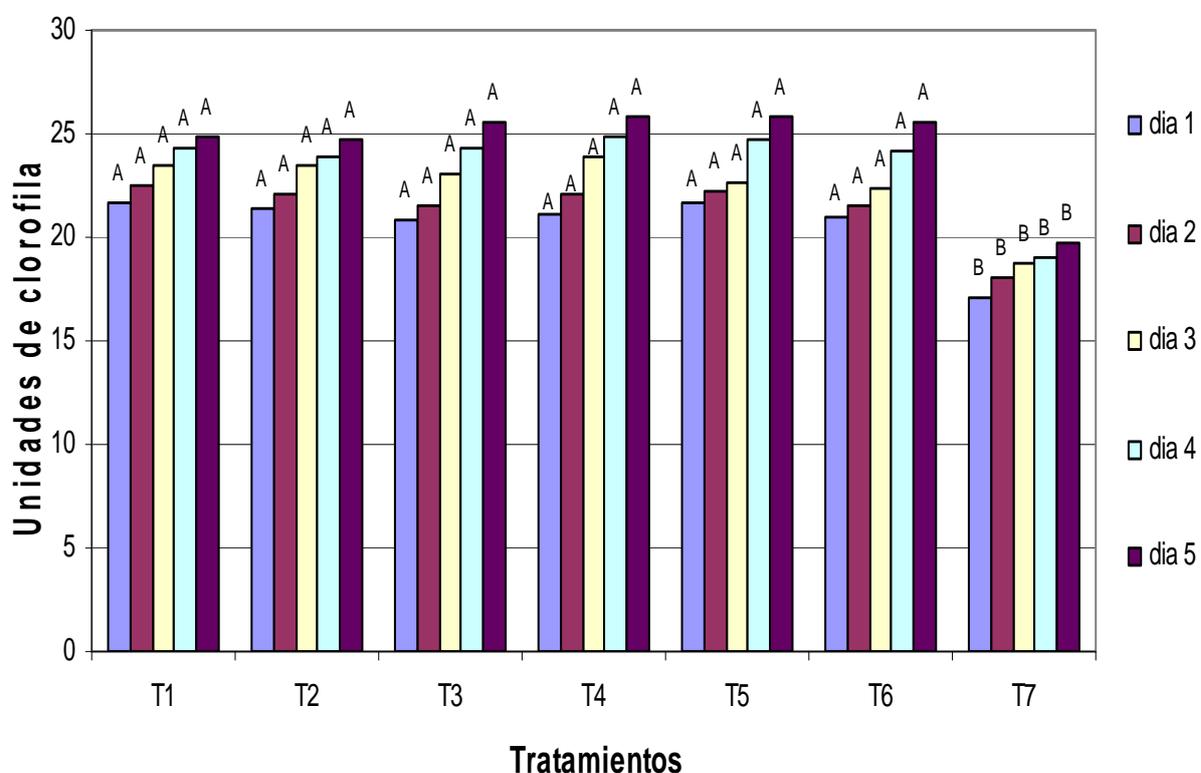


Gráfica 8. Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la clorofila total en la primera semana en aplicación al suelo.

Según Rodríguez (1992), esto se debe a que el Nitrógeno a mayores concentraciones óptimas, produce mayor actividad fotosintética, ya que forma parte de la estructura de la molécula de clorofila al igual que el Magnesio el cual también participa activamente en los procesos de fotosíntesis, pues forma el núcleo de la molécula de clorofila el cual le da el color verde a las plantas y la mayoría de las plantas lo requieren en grandes cantidades (Bidwell, 1990).

4.8.1.2. Fertilización foliar

Los tratamientos mostraron alta diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Todos los tratamientos superaron ampliamente al testigo, con más de un 30% de aumento en las unidades de clorofila. En la Gráfica 9 se puede observar que en los días 4 y 5 se presentaron mayores valores de clorofila en un rango de 17-25 unidades de clorofila.



Gráfica 9. Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la clorofila total en la primera semana en aplicación foliar.

El Magnesio es importante, pues forma el núcleo de la clorofila, forma parte integral de los ribosomas y además este ión activa una serie de enzimas. Es requerido por las plantas en grandes cantidades (Bidwell, 1990).

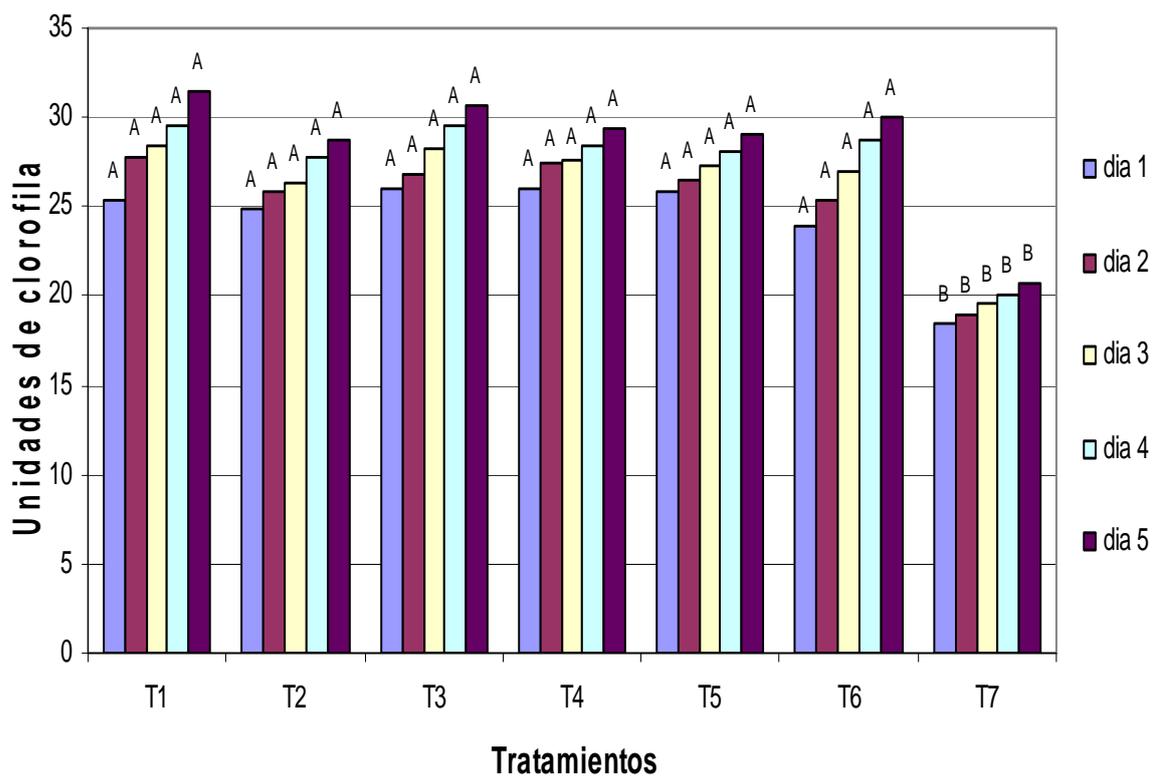
Mata (2004), demuestra que en el cultivo de sandía y calabaza las unidades de clorofila, se ven ampliamente favorecidas con tratamientos que incluyen en la formulación Magnesio, encontrándose dentro del rango de 20-34 unidades de clorofila.

4.8.2. Clorofila segunda semana.

A continuación se muestran los resultados de los niveles de clorofila obtenidos durante la segunda semana, en la fertilización al suelo y foliar.

4.8.2.1. Fertilización al suelo.

Todos los tratamientos mejoraron ampliamente al testigo, con más de un 45% de aumento en las unidades de clorofila. En la Gráfica 10 se puede observar que en los días 3, 4 y 5 se presentaron mayores valores de clorofila los cuales anduvieron en un rango de 18-31 unidades de clorofila.



Gráfica 10. Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la clorofila total en la segunda semana en aplicación al suelo.

Esto es porque el Nitrógeno a mayores concentraciones óptimas produce mayor actividad fotosintética, además de que forma parte de la estructura de la clorofila (Rodríguez, 1999).

El contenido de clorofila y de Nitrógeno se ha correlacionado con las unidades SPAD en diversas condiciones ambientales: Intensidad luminosa, Temperatura, Plagas, Densidad de población, etc. (Hiderman *et al.*, 1992).

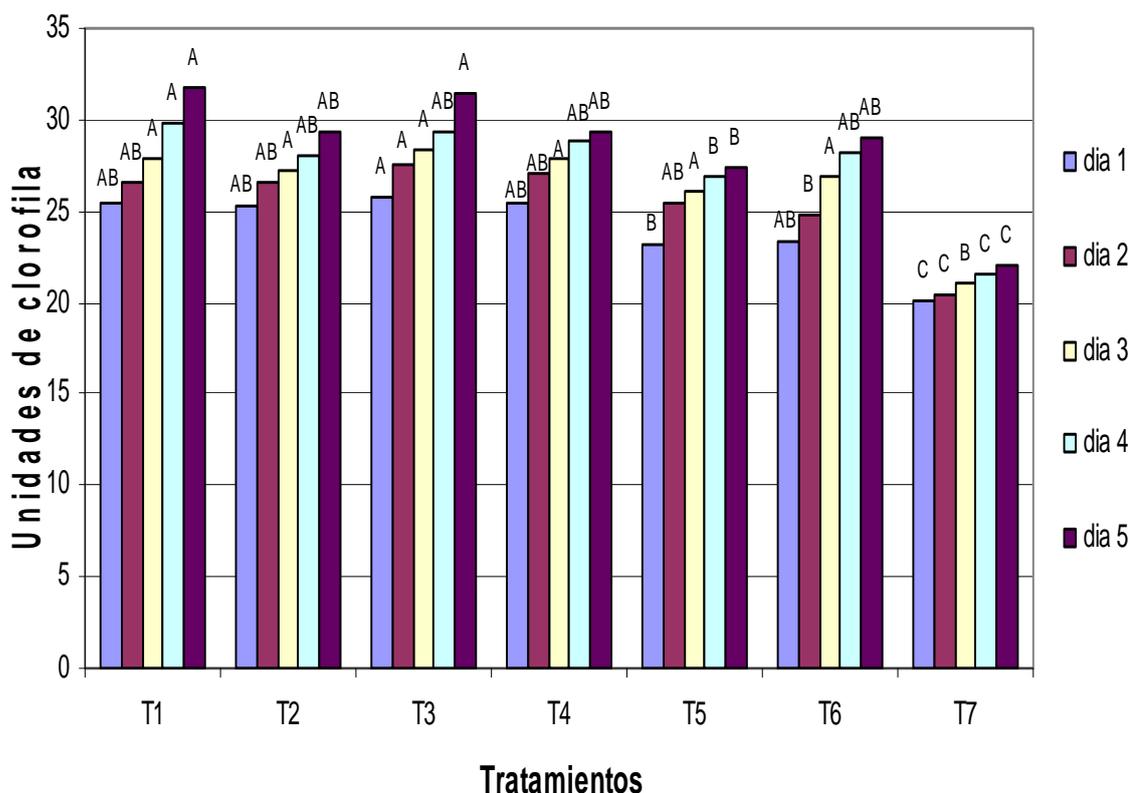
Rodríguez *et al.*, (2005), demuestran que en el cultivo de tomate las unidades de clorofila, se ven ampliamente favorecidas con tratamientos que incluyen en la

formulación N, encontrándose dentro del rango de 7.73 s 53.93 unidades de clorofila.

4.8.2.2. Fertilización foliar.

Los tratamientos mostraron diferencias estadísticamente significativas, encontrándose los valores de clorofila estuvieron en un rango de 20-31 unidades de clorofila.

Todos los tratamientos superaron al testigo, siendo los mejores, el 1 (1 kg de Urea) y el 3 (3 kg de Urea), con un 44% y un 43% respectivamente en el día 5. Lo cual se puede observar en la (Gráfica 11).



Gráfica 11. Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la clorofila total en la segunda semana en aplicación foliar.

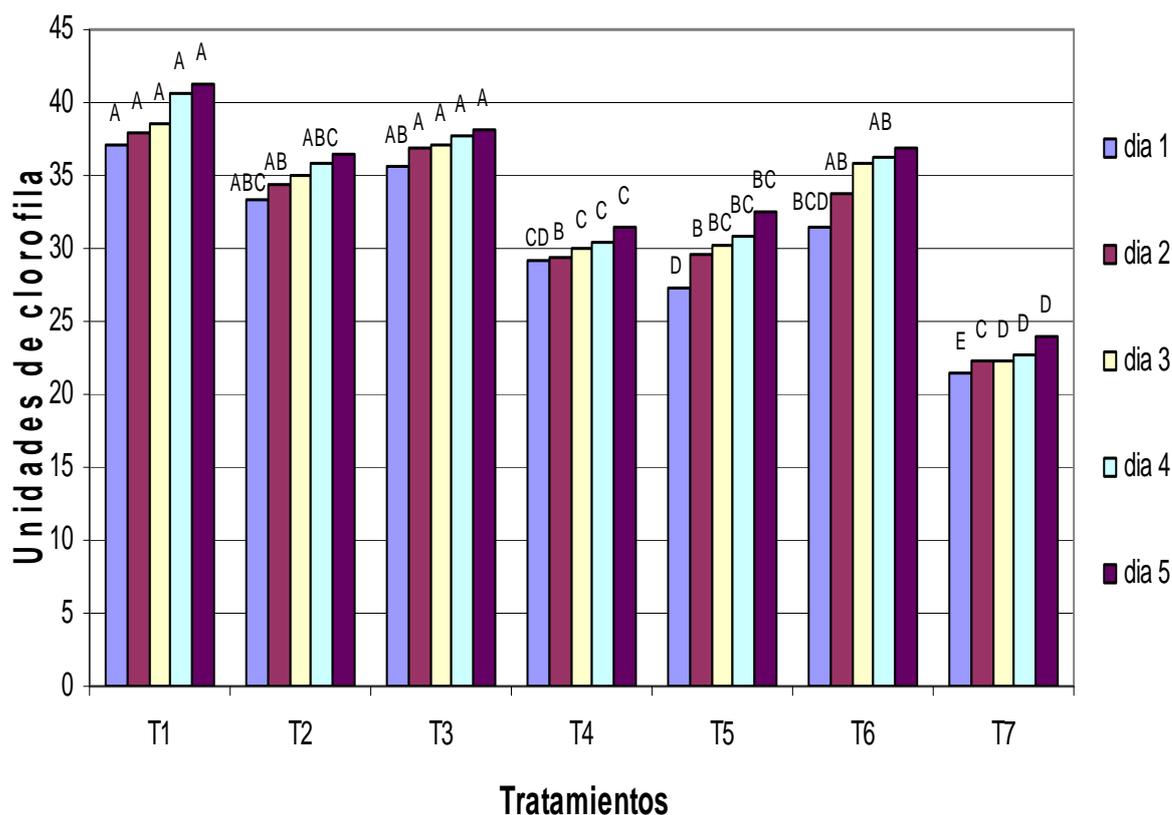
Nova *et al.*, (2000), demuestran que en el cultivo de maíz las unidades de clorofila, se ven favorecidas con tratamientos que incluyen Nitrógeno (Urea) por aplicación foliar, encontrándose que el porcentaje de Nitrógeno esta altamente correlacionado con las mediciones realizadas con el SPAD.

4.8.3. Clorofila tercera semana.

A continuación se muestran los resultados de los niveles de clorofila obtenidos durante la tercera semana, en la fertilización al suelo y foliar.

4.8.3.1. Fertilización al suelo.

Los tratamientos que dieron mejores resultados fueron el 1, 3, superando al testigo con un 73% y un 60% respectivamente ambos del día 5 y 4. Los valores obtenidos estuvieron en un rango de 21-41 unidades de clorofila (Gráfica 12).



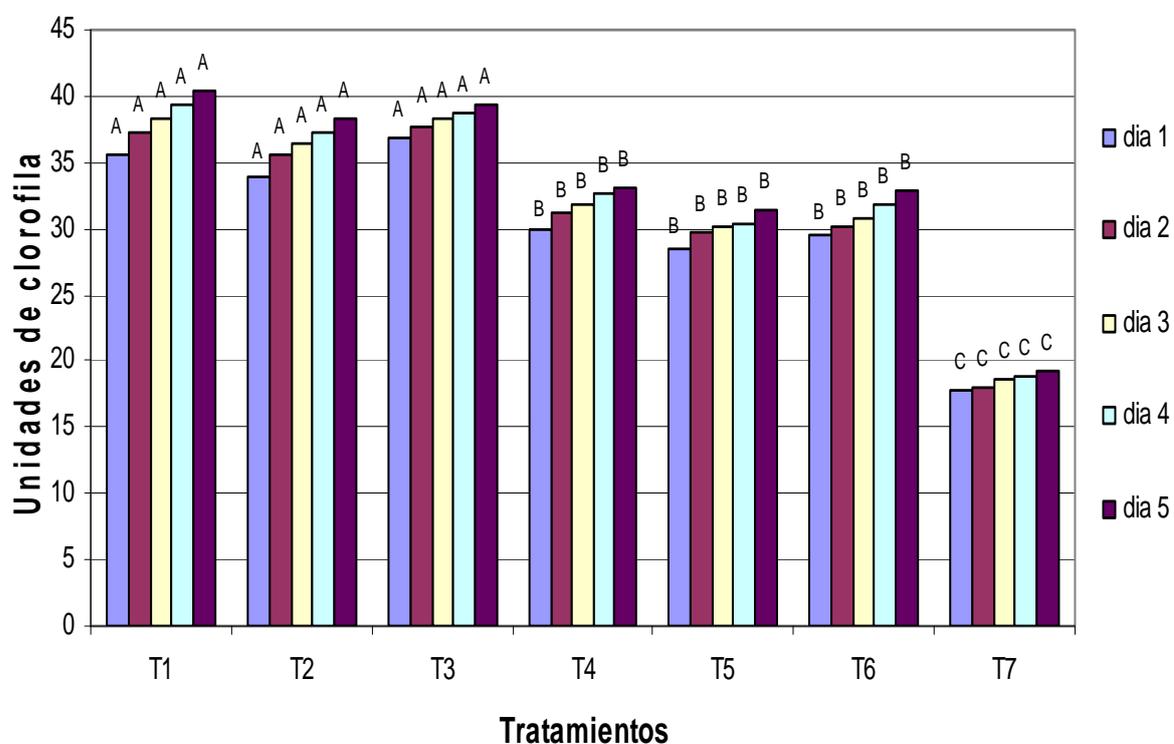
Gráfica 12. Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la clorofila total en la tercera semana en aplicación al suelo.

El Nitrógeno forma parte de la estructura de la clorofila, por lo que participa activamente e la fotosíntesis, al ser absorbido adecuadamente por la planta aumenta la asimilación y síntesis de productos orgánicos. También aumenta el color verde intenso de la masa foliar debido a que hay mayor densidad de clorofila y a su vez mayor producción frutos y semillas (Rodríguez, 1992). Esto nos indica que al estar presente el mineral en la planta las unidades de clorofila van en aumento.

Castellanos (2001), demuestra que el cultivo de chile poblano responde favorablemente a la nutrición con Nitrógeno en bajas dosis en comparación con el chile morrón.

4.8.3.2. Fertilización foliar

Los tratamientos mostraron diferencia estadísticamente significativa entre ellos, encontrándose que los mejores fueron el 1 (1 kg de Urea), el 2 (2 kg de Urea) y el 3 (3 kg de Urea) con un 109%, 100% y un 103% ambos del día 5 y 4 respectivamente superando al testigo con el doble como se puede observar en la Gráfica 13. Los valores de clorofila obtenidos estuvieron en un rango de 17-40 unidades de clorofila.



Gráfica 13. Efecto de las diferentes dosis de N y Mg sobre la clorofila total en la tercera semana en aplicación foliar.

Los altos porcentajes demuestran la respuesta favorable que presentó el cultivo en su etapa de desarrollo al Nitrógeno.

El Nitrógeno es un elementos clave para el buen desarrollo del cultivo por que conforman la molécula de clorofila (pigmento verde) que es la determinante del proceso de fotosíntesis, que permite la producción de materia orgánica a partir de CO₂ del aire (Rodríguez, 1992).

Hartz (1994) demuestra que el cultivo de chile jalapeño requiere baja cantidad de Nitrógeno en las etapas de desarrollo vegetativo e inicio de la floración; después los requerimientos de Nitrógeno se incrementan hasta alcanzar su absorción máxima durante el crecimiento del fruto.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, arrojaron altas diferencias, en los parámetros de crecimiento, los cuales fueron superiores al testigo, encontrándose que los mejores al suelo fueron los tratamientos 1 (1 kg de Urea), 2 (2 kg de Urea) y el 3 (3 kg de Urea). En lo que respecta a la longitud de la raíz todos los tratamientos superaron ampliamente al testigo hasta con un 95% más de raíz.

Por otro lado en la fertilización foliar la mayoría de los parámetros de crecimiento respondieron favorablemente a los tratamientos 2 (2 kg de Urea) y el 3 (3 kg de Urea). En lo que respecta al peso volumétrico y longitud de la raíz todos los tratamientos superaron ampliamente al testigo hasta con un 50% y 90% respectivamente.

En cuanto al contenido de clorofila total, tanto al suelo como foliar si se presentaron diferencias estadísticamente significativa entre los tratamientos encontrándose que los tratamientos 1 y 3 fueron los que mostraron mayor respuesta principalmente en los días 4 y 5 de las 3 fertilizaciones. Los niveles de clorofila anduvieron en un rango de 17 a 41 unidades de clorofila.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M.D.1998.La fertilización foliar un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Artículo de memorias del primer Simposium Nacional sobre Nutrición de cultivos, Querétaro, Querétaro. Págs.26, 27,32
- Arciniega, R.J.2002. Nutrientes en la planta. Hortalizas Frutas y Flores. Manual de fertirrigación 5ta parte. Págs.: 23-27.
- Bidwell, R.G.S.1990. Fisiología Vegetal, AGT Editorial S.A. de C.V. México D.F. Pág.: 274, 275, 278,424.
- Bosso, B. y C. Serafini.1981.El Experto Horticultor. Editorial AGT. México, D.F. Pág.: 65.
- Cásseres, E. 1984. Producción de Hortalizas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. Págs.107-109,132.
- Castellanos, Z.J.2001.Requerimientos nutricionales del chile poblano. Hortalizas, Frutas y Flores. Págs.: 24-27.
- Choe, J. S., Anh, C.K., y Um, Y.C.1989. The effect of night temperatura and soil moisture during the nursely period on the quality of seedling in (*Capsicum annuum*). Research reports of the rural development administration, horticulture.

-
-
- Demolon, A.V. y Pérez, M.J.1972.Crecimiento de vegetales cultivado. Ediciones omega, S.A. Barcelona, España. Págs.:199-201
 - Domínguez, V. 1990.El abono de los cultivos .Ediciones mundi prensa. Págs. 26-29,233-240.
 - Donahue, R. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas, Editorial Prentice/ Hall Internacional, México D.F. Pág.: 178 y 179.
 - Ferrán, L. J. 1975. Horticultura actual. Edit. Barcelona, España. Págs. 379-380.
 - Fersini, A.1984 .Horticultura Práctica. Editorial Diana, México, D.F. Págs. 428, 429,430.
 - Finck, A.1988. Fertilizantes y Fertilización. Fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Editorial REVERTE, S.A. Págs.:195,197,390
 - Grajeda, G.J., Cervantes, M.T. y Ortega, M.P.2001.Manual para la producción de cultivos agrícolas y forrajeros en la sierra de Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Págs.: 141,142.
 - Gómez, B.J.Gpe.1997.Más de 157 mil hectáreas sembradas de chiles. Hortaliza Frutas y Flores. Págs.8 - 11.
 - Gómez, B.J.Gpe. 2002. Se celebra el 16vo. Congreso Internacional del Chile. Hortalizas Frutas y Flores. Págs.12-15.
 - Hartz, T.K.1994. Drip irrigation and fertiga vegetable crops. Fertilizer Research a cal. Department of Food and Agriculture.

-
-
- Hedge, D.M.1987.Effect of soil moisture and N fertilization on growth, yield, nuptake, and water use of bell pepper (*Capsicum annum L.*). Págs.:13-17
 - Hernández, H.J., Pozo, C.O., y Arcus, G.1991.Avances en la obtención de variedades de chile jalapeño (*Capsicum annum L.*) Subtipos espinalteco y candelaria. Resumen del cuarto Congreso Nacional de Ciencias Hortícola, Saltillo, Coahuila, México.
 - Hiderman, J., A. Makino, Y. Kurita, T. Masa y K.Ojima. 1992. Changes in the levels of chlrophyll and Light-harvesting chlorophyll a/b protein of PSII in senescence. *Plant cell physiol.*53. Págs.: 1209-1214.
 - Instituto Nacional de Capacitación al Sector Agropecuario, A.C. INCA.1982.Diccionario Agropecuario de México. Tomo I. México. Págs. 34,35.
 - Laborde, C. y Pozo, C.O.1984.Presente y pasado del chile en México. SARH-INIA, México, D.F. Págs.:8,9.
 - López, T.M.1994. Horticultura. Editorial Trillas. México, D.F. Págs.96-118.
 - López, T.F.2002. México 3er. lugar en producción de chile. Hortalizas Frutas y Flores. Págs. 8-11
 - Maroto, J.B.1992. Horticultura Herbácea Especial. Tercera edición. Ediciones Mundi prensa, Barcelona España. Págs. 372, 373, 374,375.
 - Marshner, H. 2003.Mineral Nutrition of higher plants. 6^a edition, Academic Press, Boston USA.Pág.586.

-
-
- Martínez, D.J., Morales, V.F., y Mata, R.H.1998. Importancia agronómica del conocimiento de la dinámica de crecimiento y nutrimental del cultivo del chile (*Capsicum annum* L.) Artículo de memorias del primer Simposium Nacional sobre Nutrición de Cultivos., Querétaro. Págs. 40,41.
 - Mata, G.M.2004.Efecto de N, P, K, Ca y Mg en etapas de crecimiento de Calabaza (*Cucúrbita pepo*), chile (*Capsicum Nahum*), Melón (*Cucumis melo*), pepino (*Cucumis sativus*) y sandía (*Citrullus lannatus*).Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. Pág.82
 - Montoya, M.I.2002. Producción de cultivos bajo invernadero. Hortalizas Frutas y Flores. Págs.15-20.
 - Morales, L.J.1991.El chile y sus cualidades nutricias. Cuaderno de nutrición. Págs. 41,42.
 - Muñoz, R.J. y Castellanos, J.Z.1992.Manual de producción hortícola en invernadero. Págs. 18-20
 - Novoa, R. y Villagrán, N. 2000. Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. Págs.:1-7
 - Pozo, C.O.1981. Descripción de tipos y cultivares de chile en México (*Capsicum annum* ssp.) SARH, INIA, CIAGF.México, D.F. Págs.20, 21.
 - Rick, R. 1984.Cultivo práctico de las hortalizas. Editorial Continental, S.A. de C.V., México.
 - Rodríguez, S. F. 1992. Fertilizantes, Nutrición Vegetal, AGT Editor, Segunda reimpresión, México, D.F. Págs. 157,158

-
-
- Rodríguez, J.L.1999.La Fertilización Foliar de Frutas y Hortalizas. Artículo de revista productores de hortalizas. Págs.46, 47.
 - Rodríguez, M., Alcanzar, G., Etchevers, J. y Santizó, J.2005. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila.Universidad de Chapingo. Págs.:1-13.
 - Rojas, G.M. 1972. Fisiología Vegetal Aplicada. Segunda edición. Editorial Mc.Graw-Hill. México D.F. Págs. 110-112.
 - Rost, L.T., Barbour, M.G., Thornton, R.M. y Weier, T.E. 1992. Botánica, Introducción a la biología vegetal. Editorial LIMUSA, México D.F. Págs.: 124,147
 - Ruíz, O.M.1983.Tratado elemental de botánica .Editorial E.C.L.A.L.S.A. XV edición, México D.F. Págs.: 113,186.
 - Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1992. Fisiología de las plantas 1 células: agua, soluciones y superficies. Editorial Paraninfo, México, D.F. Págs. 175,176, 177,178.
 - SARH.1984.Presente y Pasado del Chile en México. Publicación especial #85 México, D.F. Págs.108,132
 - Simpson, K.1986.Abonos y estiércoles. Editorial ACRIBIA, S.A. Pág.: 11-15.
 - Talavera, P. 2000.Artículo ANEI-S100211. Simposio 1. Ingeniería de Riego.
 - Tamaro, D. 1974. Manual de horticultura. Edit. Gustavo Gil, S.A. VII Edición. España. Págs. 379.

-
-
- Thompson, H.C., y Kelly, W.C. 1957. Vegetable crops. Mc Graw Hill 5^{ta} Ed. Nueva York-Toronto-Londres Págs. 379-380.
 - Valadez, L.A.1989. producción de Hortalizas. Editorial LIMUSA, México, D.F. Págs.33, 35,38.
 - Van Heff, J.N.M., y Berlijn, J. D. 1984. Horticultura: Manuales para la educación agropecuaria. Edit. Trillas, México.
 - Watt, B.K. y Potts, M.J.1975.Composition of foods. Agricultural Handbook #8 U.S. Dep. of Agric. Washigton.
 - Yáñez, R.J.N.1998. Penetración, absorción y translocación de nutrientes aplicados vía foliar. Memorias del primer Simposium Nacional sobre Nutrición de cultivos, Querétaro, Querétaro. Págs.25-28.
 - <http://www.empacadorasanmarcos.com.mx/historia.html> (21 de junio 2005)
 - <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art247-255.pdf> (15 de mayo 2004)
 - <http://www.agroimpulso.com.ar/agronomos/agricultura/fertilizantes.htm> (23 de junio 2004)
 - <http://www.agrilogica.com/tecnicas/fertilizacion.htm> (10 de julio 2005)
 - <http://www.agroenzymas.com.mx/www/noticias/tecjul02.htm> (23 de junio 2005)