

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



“Respuesta fisiológica del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a diferentes dosis de fertilización bajo sistema de fertirriego y acolchado con plástico negro”

Por:

Benito Gustavo Correa González

T E S I S

**Presentada como Requisito Parcial
para Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre del 2004.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

“Respuesta fisiológica del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) a diferentes dosis de fertilización bajo sistema de fertirriego y acolchado con plástico negro”

TESIS

Realizada por:

Benito Gustavo Correa González

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo en Producción.

Aprobada por:

Ing. José Ángel De la Cruz Bretón
Presidente de jurado

MC. Boanerges Cedeño Rubalcava
Asesor

MC. Juanita Flores Velásquez
Asesor

Ing. Rene De la Cruz Rodríguez
Asesor

MC. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la División de Agronomía.

Buenavista, Saltillo, Coah., México.

Octubre del 2004.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
GENERALIDADES DEL TOMATE	4
Clasificación Botánica	4
Clasificación Agronómica	4
Agronomía del Tomate	5
Fisiología del Tomate	5
CLIMATOLOGÍA	6
Temperatura	7
Suelo	8
Luminosidad	9
Humedad Relativa	10
Agua	10
NUTRICIÓN DE PLANTAS	11
La Nutrición y la Fertilización	12
Componentes de la Nutrición de las Plantas	12
Esenciabilidad de los Elementos en la Nutrición	13
Macronutrientes	13
Micronutrientes	14
NUTRICIÓN	14
Etapas del Desarrollo de las Plantas	14
Movilidad de los Nutrientes en el Suelo	15
Elementos no Móviles	15
Elementos Móviles	15
Requerimientos Nutricionales del Cultivo de Tomate	16
Nitrógeno	16
Fósforo	17
Potasio	17
Calcio	17
Magnesio	17

Microelementos	18
RIEGO POR GOTEO	19
Definición	19
Principales Características	19
Ventajas e Inconvenientes	20
Aplicación, Uso y Ahorro de Fertilizantes	22
FERTIRRIEGO	23
Definición	23
Ventajas e Inconvenientes	24
Selección de Fertilizantes	25
Solubilidad de los Fertilizantes	26
Compatibilidad Química	27
Criterios de Manejo del pH	29
Indicaciones sobre el Fertirriego	29
Comportamiento de los Nutrimientos en Fertirriego	30
Nitrógeno	30
Fósforo	31
Potasio	31
ACOLCHADO DE SUELOS	32
Influencia sobre la Humedad del Suelo	33
Influencia sobre la Temperatura del Suelo	33
Influencia sobre la Estructura del Suelo	34
Influencia sobre la Fertilidad del Suelo	35
Influencia sobre el Crecimiento y Desarrollo de Malas Hierbas	35
Influencia sobre la Calidad del Fruto	36
Efectos del Acolchado sobre Parámetros Fisiológicos de la Planta ...	36
Difusión y Movimiento del Agua en las Plantas	37
Desarrollo del Sistema Radicular	38
III. MATERIALES Y MÉTODOS	39
Localización Geográfica del Área Experimental	39
Clima	39
Descripción del Material Vegetativo	39
Materiales Utilizados	40
Diseño Experimental	40
Fertilización	41
Sistema de Riego	41
Acolchado del Suelo	41
Trasplante	42
Riegos	42
Nutrición	42
Aplicación de Agroquímicos	42

Variables Evaluadas	43
Peso de Materia Seca	43
Área Foliar	43
Fotosíntesis y Resistencia Estomática	45
Rendimiento	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	46
Área Foliar	46
Fotosíntesis y Resistencia Estomática	47
Peso de Materia Seca	48
Numero de Frutos	53
Rendimiento	55
Rendimiento Acumulado	58
CONCLUSIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60

INDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	Pág.
Cuadro 2.1	Las temperaturas críticas para el tomate, según Maroto (1989) y Valadez (1993)	7
Cuadro 2.2	Periodos críticos de los nutrientes	14
Cuadro 2.3	Variación de la solubilidad de varios fertilizantes al variar la temperatura	27
Cuadro 2.4	Compatibilidad entre fertilizantes solubles	28
Cuadro 3.1	Dosis de fertilización evaluados	41
Cuadro 4.1	Comparación del área foliar en tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición	46
Cuadro 4.2	Comparación de fotosíntesis y resistencia estomática en plantas de tomate bajo acolchado y fertirriego con diferentes dosis de nutrición	47
Cuadro 4.3	Comparación de la producción de materia seca total (g) en tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición	49
Cuadro 4.4	Comparación de la materia seca para cada órgano de la planta de tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición, a 54 ddt	51
Cuadro 4.5	Comparación de la materia seca para cada órgano de la planta de tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición, a 113 ddt	52
Cuadro 4.6	Comparación del número de frutos por hectárea en tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición, a 71 ddt	53
Cuadro 4.7	Comparación del número de frutos por hectárea en tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición, a 80 ddt	55
Cuadro 4.8	Comparación del rendimiento no comercial de siete cortes de tomate bajo acolchado y fertirriego con diferentes dosis de nutrición	56
Cuadro 4.9	Comparación del rendimiento comercial de siete cortes de tomate bajo acolchado y fertirriego con diferentes dosis de nutrición	57
Cuadro 4.10	Rendimiento total en tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición	61

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	Pág.
FIGURA 4.1	Rendimiento no comercial acumulado de tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferente dosis de nutrición	59
FIGURA 4.2	Rendimiento comercial acumulado de tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferente dosis de nutrición	59

RESUMEN

El presente trabajo se realizó durante el ciclo primavera-verano del 2002. En el Centro Experimental del Departamento de Agropásticos del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al noroeste de la ciudad. Con el fin de analizar el comportamiento fisiológico del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) var. Floradade a diferentes dosis de fertilización bajo sistema de fertirriego y acolchado plástico a campo abierto. Así mismo, analizar y comparar el efecto de las diferentes dosis de fertilización para determinar una dosificación adecuada para el cultivo.

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, el cultivo fue sometido a cuatro niveles de fertilización: T1 (500-350-750), T2 (400-280-600), T3 (300-210-450) y T4 (200-140-300), manteniendo una misma relación de N:P:K (1:0.7:1.5). En cada uno de los tratamientos se evaluó área foliar; peso de materia seca; fotosíntesis y resistencia estomática; número de frutos y rendimiento comercial y no comercial (rezaga), sometiéndolos a análisis estadístico y prueba de tukey (0.05).

Los resultados indican que la respuesta de la planta a una disminución de nutrientes está asociada al incremento del área foliar y peso de materia seca, ya que la mejor respuesta de las plantas estuvo relacionada con la menor dosis de nutrientes. En cuanto al rendimiento, la respuesta de la planta a una disminución de nutrientes está asociada a un alto rendimiento (T4=53.640 t·ha⁻¹), pero mostró un aumento de frutos de menor calidad. Observándose que el nivel 200-140-300, estimuló mejor la respuesta de la planta al incremento de área foliar, peso de materia seca y rendimiento total.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) también conocido como jitomate, es una hortaliza muy cotizada y la más extendida mundialmente. La aceptación que tiene en las diversas culturas del mundo se evidencia por ser el segundo producto hortícola en el consumo mundial.

En nuestro país el tomate es una de las especies hortícolas más importantes debido al valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera. El tomate se cultiva en aproximadamente 28 estados, destacando 11 de ellos por sus volúmenes. Es el principal producto hortícola de exportación, ya que representa el 37% del valor total de las exportaciones de legumbres y hortalizas y el 16% del valor total de las exportaciones agropecuarias, y los mercados tradicionales del tomate mexicano son Estados Unidos de América y Canadá.

La producción total mexicana de tomate durante los últimos diez años (1991-2000) fue de 19 millones de toneladas, concentrándose el 70% de la producción en los estados de Sinaloa (39.9%), Baja California (14.7%), San Luis Potosí (7.9%) y Michoacán (6.7%); con un rendimiento promedio de 25 toneladas por hectárea en una superficie sembrada cercana a las 80 mil hectáreas, con un precio que durante el 2000 promedió los 3,836 pesos mexicanos por tonelada, Según el Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2003.

México ocupa el décimo lugar a nivel mundial como productor de tomate, pero es el tercer comercializador del producto en el mundo, siendo los principales productores de tomate a nivel mundial: China, Estados Unidos,

Turquía, Italia, Egipto e India, quienes han producido en los últimos 10 años el 70% de la producción mundial.

Sin embargo, el panorama de ajuste económico y las oportunidades que se están presentando con el TLC (Tratado de Libre Comercio de América del Norte), los progresos técnicos, la competencia en los mercados mundiales, obliga a los productores a enfrentarse con las realidades económicas difíciles. El nuevo panorama impone estrategias para permanecer y crecer en un mercado altamente competitivo.

El sector agrícola se ve obligado a realizar esfuerzos, para encontrar la mejor solución a problemas relativos a la nutrición, producción, rendimiento, precocidad, comercialización, ahorro de mano de obra y de energía, lucha contra las inclemencias del tiempo, escasez del agua, etc.

Por lo tanto, la búsqueda del incremento en la calidad del producto es la tendencia actual del productor para lograr mayores nichos en el acomodo del producto y poder ser competitivo. Esto puede lograrse con la aplicación de técnicas que proporcionen a la planta condiciones adecuadas para su crecimiento y desarrollo, repercutiendo en un mayor rendimiento y calidad del fruto.

La utilización de tecnologías como acolchado, fertirriego y riego por goteo son una alternativa para disminuir algunos limitantes en la productividad del cultivo de tomate.

Es por eso que hoy en día el uso de los plásticos en la agricultura y horticultura moderna contribuye eficazmente a elevar el nivel de la calidad del fruto, influyendo notoriamente en la humedad, temperatura, estructura y fertilidad del suelo; vegetación espontánea y protección de frutos. En resumen permite obtener cosechas abundantes, precoces, sanas y limpias.

Por otra parte la utilización del fertirriego, ha logrado resultados prácticos para incrementar los rendimientos, ya que los nutrimentos que existen en el suelo, muchas veces se encuentran fijados y no están disponibles para los cultivos, por lo que éstos llegan a presentar deficiencias nutricionales, sin embargo, la utilización de fertirriego, nos ayuda a eliminar las carencias dándole un balance nutricional más adecuado a los cultivos, creando y manteniendo un ambiente óptimo en la zona de las raíces del cultivo, en termino de disponibilidad de agua y nutrimentos, acorde a los requerimientos reales de la especie y variedad, para cada condición edafológica; y para cada etapa del desarrollo fenológico del cultivo.

De acuerdo a lo anterior los objetivos que trata cumplir este trabajo son los siguientes:

Analizar el comportamiento fisiológico de las plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) var. Floradade bajo diferentes dosis de fertilización, acolchado plástico y fertirriego. Así mismo, analizar y comparar el efecto de las diferentes dosis de fertilización para determinar una dosificación adecuada para el cultivo de tomate.

Se plantea la siguiente hipótesis:

Al disminuir la dosis de fertilización, el aprovechamiento de las plantas será igual de eficaz y el comportamiento fisiológico no variara.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

GENERALIDADES DEL TOMATE

Clasificación botánica

Según Guillen (1991), el tomate se clasifica botánicamente como *Lycopersicum esculentum*, Mill. Este género pertenece a la familia de las solanáceas, de esta clasificación se reconocen los siguientes tipos botánicos:

- Comune: Tomate hoja de papa.
- Grandifolium: Tomate erecto, arbustivo.
- Cerasiforme: Tomate cereza.
- Pyriforme: Tomate pera.

Clasificación Agronómica

Según el hábito de crecimiento de la planta, se pueden distinguir dos tipos, que son los determinados y los indeterminados.

La planta de hábito determinado es de tipo arbustivo, de porte bajo, pequeño y de producción precoz. Se caracteriza por la formación de las inflorescencias en el extremo del ápice.

El tomate de hábito indeterminado crece hasta alturas de 2 metros, o más, según el manejo que se le aplique. El crecimiento vegetativo es continuo. Este tipo de tomates tiene tallos axilares de gran desarrollo. Según las técnicas

culturales, se eliminan todos o se dejan algunos. Para la producción mecanizada, se prefieren las variedades de tipo determinado (Guillen, 1991).

Agronomía del Tomate

El tomate es una planta de clima cálido, resistente al calor y a la falta de agua (un retraso de riego de 4 a 5 días). Se da bien en climas con temperaturas entre 18 y 26 °C. Las temperaturas óptimas durante el día y la noche son de 22 y 16 °C respectivamente. No resiste heladas en ninguna etapa de su desarrollo.

El clima húmedo con temperaturas altas y una humedad relativa superior al 75%, es poco apropiado para el tomate, debido a que este favorece los ataques de enfermedades fungosas. Por esto, se debe cultivar el tomate en áreas áridas o semiáridas preferentemente. Es muy resistente a la sequía, sin embargo, requiere de riegos oportunos para su mayor producción.

La producción de tomates se efectúa en una gran variedad de suelos. Para obtener una buena producción y frutos de alta calidad, se requiere de un terreno que permita la fácil penetración de las raíces a 80 cms de profundidad como mínimo. El suelo no debe tener capas duras o compactas ni humedad ni sales en exceso.

El tomate se puede producir en suelos con un rango bastante amplio de reacción o de pH. El pH puede ser moderadamente ácido hasta ligeramente alcalino (de 6.0 a 7.2). Los suelos de textura franca tienden a favorecer una producción precoz y una maduración uniforme y simultánea (Guillen, 1991).

Fisiología del Tomate

Los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo del tomate dependen de las condiciones del clima, del suelo y de las características

genéticas de la variedad.

Del momento de la siembra a la emergencia transcurren entre 6 y 12 días. La temperatura óptima del suelo, para una rápida germinación, es de 20 a 25 °C.

Desde la siembra hasta el momento del transplante ocurren entre 30 y 70 días. Se obtiene la primer cosecha de una variedad precoz a los 70 días después del transplante. De una variedad tardía, bajo condiciones de crecimiento lento, se obtiene la primer cosecha a los 100 días después del transplante.

El tomate es neutro en cuanto a la duración de la luz por día. Por lo tanto, florece a su debido tiempo de acuerdo con la edad y con el desarrollo que tiene. Las temperaturas bajas y un crecimiento exuberante retardan la floración y provocan flores de difícil fecundación.

La coloración del fruto se debe a la acumulación de pigmentos. La temperatura óptima durante la maduración del fruto es de 18 a 24 °C. La exposición del fruto al sol puede provocar un bloqueo o quemazón de la piel. Por esta razón se requiere suficiente follaje para la protección de los frutos (Guillen, 1991).

CLIMATOLOGÍA

El tomate es una hortaliza de clima cálido y soleado, es muy susceptible a heladas. Prospera bien en regiones áridas y semiáridas con riego, aunque puede tolerar una sequía transitoria, pero si se somete a la plantación con frutos formados a periodos largos sin suficiente agua, puede presentarse la pudrición basal en los frutos; si estos están maduros, se rajan como consecuencia del riego después del periodo seco (Woo, 1997)

Temperatura

Durante del desarrollo de la planta, la temperatura juega un papel muy importante, el tomate es una planta termoperiódica, crece y se desarrolla a diferentes temperaturas dependiendo de la etapa fonológica de la planta. Durante la fase de crecimiento vegetativo una temperatura alta (25 °C) favorece el crecimiento foliar a expensas del ápice, mientras que a una temperatura baja (15 °C) ocurre lo contrario. Las altas temperaturas (26/20 °C) durante la floración y fructificación provocan caída de flor y evitan el cuajado (30/20 °C) (Nuez , 1995).

Cuadro 2.1 Las temperaturas críticas para el tomate, según Maroto (1989) y Valadez (1993).

Temperaturas críticas del tomate	Temperatura en °C	
	Maroto, 1989	Valadez,1993
Del suelo		10-30
Se hiela la planta	-2	-2
Detiene su desarrollo	10-12	15-35
Mayor desarrollo de la planta	19-24	
Desarrollo normal (media mensual)	16-27	21-24
Germinación: Mínima	10	
Óptima	25-30	
Máxima	35	
Nascencia	18	
Primeras hojas	12	
Desarrollo de la planta: Diurna	13-16	
Nocturna	18-21	
Cuajado del fruto: Diurna	15-18	
Nocturna	23-26	
Maduración del fruto		18-24

Según Serrano (1978), la actividad vegetativa se paraliza con temperaturas máximas diarias inferiores a 10 °C, durante más de 24 horas, con temperaturas superiores a 35 °C, y la humedad relativa baja, la planta puede deshidratarse, con esas mismas temperaturas y una humedad relativa alta, la planta no llegará a la deshidratación, pero si las plantas están en floración se dificulta bastante la fecundación.

Edmont *et al.* (1984), mencionan que las variedades actuales producen los más altos rendimientos en regiones con temperaturas medias en el verano de 22.8 °C, combinada con una moderada intensidad luminosa.

Went mencionado por Rojas (1978), ha demostrado que el tomatero se desarrolla mejor y produce más si las noches son frescas y los días cálidos y que una temperatura nocturna optima para el desarrollo debe ir descendiendo desde la siembra hasta la fructificación; sin embargo, es practica general en muchas zonas agrícolas sembrar el tomatero en primavera para que crezca conforme va entrando el verano.

Suelo

Valadez (1993), cita que el tomate esta clasificado como una hortaliza tolerante a la acidez, cuyos valores de pH se ubican entre 5.0 y 6.8. en lo referente a la salinidad, se clasifica como medianamente tolerante, teniendo valores máximos de 6400 ppm. Con respecto a la textura del suelo, el tomate se desarrolla en suelos livianos (arenosos) y en suelos pesados (arcillosos), siendo los mejores los arenosos y limo-arenosos con buen drenaje.

Por su parte, Serrano (1978), afirma que el cultivo del tomate requiere que el suelo sea profundo, permeable, esponjoso y con abundancia de materia orgánica. El tipo de textura más idóneo para el cultivo es el limo-arenoso, sin descartar suelos más fuertes.

El tomate se desarrolla en todo tipo de suelos, se ha encontrado que cuando son limosos, ligeros, bien drenados, sin anegamiento y con un pH de 6 a 7 las plantas son más productivas (Márquez y Zamora, 1978).

Edmont *et al.* (1984), mencionan que se cultiva en muchos tipos de suelos. Cuando lo importante es la precocidad en la maduración del fruto, se prefieren migajones arenosos bien drenados. Inversamente, cuando la precocidad no es importante y los altos rendimientos son esenciales, se utilizan migajones arcillosos y migajones limosos. En ambos casos el suelo debe ser bien drenado y ligeramente ácido.

Luminosidad

La luz solar es un factor primordial en la vida de las plantas ya que sin ella, estas no pueden realizar la fotosíntesis mediante la participación de la clorofila, el CO₂ atmosférico y la humedad ambiental del suelo y sus nutrimentos. Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta.

En los momentos críticos durante el periodo vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad (Elizalde, 2002).

Edmont *et al.* (1984), mencionan que la intensidad luminosa junto con la temperatura, son los principales factores ambientales necesarios para la producción de las variedades actuales de tomate, la intensidad luminosa debe ser moderada.

Márquez y Zamora (1978), mencionan que el tomate requiere de aproximadamente ocho horas diarias de luz solar.

Humedad Relativa

La humedad relativa óptima oscila entre 60 y 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 periodo de estrés hídrico. También una humedad baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Elizalde, 2002).

Por su parte, Gil *et al.* (1997), mencionan que una excesiva humedad relativa favorece al ataque de enfermedades fungosas y dificulta la polinización y la fecundación de las flores. a humedad relativa más favorable para el desarrollo del tomate se considera del 50 al 60%.

Agua

El régimen de humedad para el cultivo del tomate en nuestro país es predominantemente de riego, existiendo además una relación entre el régimen de humedad y los niveles de rendimiento, motivo por lo cual el cultivo se produce abrumadoramente bajo riego, en alrededor del 85%, siendo el 15% restante de temporal.

El tomate es bastante resistente a la sequía pero es muy importante suministrarle riegos para lograr altos rendimientos y buena calidad en el fruto (Gil *et al.*, 1997).

Toovey *et al.* (1965), mencionan que el grado de humedad del suelo ejerce marcado efecto sobre el ritmo de desarrollo, rendimiento y calidad de los frutos. Un sistema eficiente de riego debe mantener la tasa de humedad del suelo en las zonas de las raíces de la planta dentro de los límites preestablecidos. Se necesita por tanto saber cuanta agua hay que aportar y

disponer de un equipo que la distribuya uniformemente.

El riego localizado presenta numerosas ventajas al sistema de riego tradicional con relación a la utilización de aguas salinas y al ahorro de agua; y en las mayores posibilidades de su utilización como vehículo de una dosificación racional de fertilizantes. Es decir, que ofrece la posibilidad de realizar una fertilización día a día, en función del proceso fotosintético y exactamente a la medida de un cultivo, un suelo y un agua de riego determinados y para unas condiciones ambientales definidas (Cadaña, 1998).

NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS

El desarrollo de la planta depende de numerosos factores, entre los cuales se menciona la variedad, la iluminación, la temperatura, la nutrición, el suministro de agua y la concentración de CO₂; que actúan en un complejo de interacciones (Nuez, 1995).

La planta es un producto, tanto de una constitución genética, como de un medio ambiente. La constitución genética es una cantidad fijada para cada tipo de plantas, y determina su potencial de crecimiento máximo bajo unas condiciones favorables a su desarrollo. En pocas palabras, el crecimiento de las plantas es función de varias condiciones ambientales o factores de crecimiento que pueden ser consideradas como variables, y cuya magnitud y combinación determinan el crecimiento que puede obtenerse.

Si todos excepto uno de los factores de crecimiento están presentes en cantidades adecuadas, un incremento en la cantidad de este factor limitante, provocará generalmente un incremento del crecimiento de las plantas (Tisdale, 1982).

La Nutrición y la Fertilización

Todas las partes vivas de las plantas están constituidas por células que realizan numerosas actividades cuyo objeto final es el crecimiento. La transformación de energía luminosa en química, respiración, digestión de alimentos, síntesis de complejos químicos son algunas de ellas (Medina, 1988).

Para un buen crecimiento y desarrollo de la planta es preciso cubrir las necesidades nutricionales de manera armónica, y es la base de una buena técnica de fertilización (Rojas, 1978).

El objetivo principal de un programa de fertilización es suministrar al cultivo las necesidades de nutrimentos, en cantidad adecuada, usando los fertilizantes más eficientes, y aplicándolos en la época más oportuna, de acuerdo al uso y demanda de la planta. Un buen programa de fertilización se traducirá en un buen establecimiento del cultivo, un desarrollo y crecimiento vigoroso de la planta, y finalmente en un alto rendimiento y calidad del producto (Villegas, 1999).

Componentes de la Nutrición de las Plantas

Las materias primas necesarias para el crecimiento de las plantas se componen:

- de bióxido de carbono, obtenido del aire a través de los estomas de las hojas, y
- de agua y de nutrimentos minerales, los cuales normalmente entran a la planta por las raíces (Velasco, 1960).

La importancia del agua y del CO₂ en la nutrición de las plantas se hace patente por el hecho de que el agua comprende del 80 a 90% del peso total de la planta en crecimiento, y por el hecho de que el carbono y el oxígeno juntos pueden constituir más del 80% de la materia seca vegetal; contenido de ceniza,

es decir, el residuo mineral obtenido cuando se destruye a la materia orgánica por medio del calor, contribuye a menudo con un 5 a un 15% de la materia seca (Velasco, 1960).

Esenciabilidad de los Elementos en la Nutrición

Las plantas absorben elementos minerales de las extremidades de las raíces de una forma indiscriminada, pero la presencia en una planta de algún elemento particular no constituye una prueba de que este elemento sea esencial para su desarrollo (Tisdale, 1982).

Solo son 16 elementos químicos los esenciales para el crecimiento de la planta. De éstos, tres (carbono, hidrógeno y oxígeno) se obtienen y encuentran en la atmósfera y el agua, siendo empleados en el proceso fotosintético y cualquier insuficiencia de alguno de estos elementos afectará el crecimiento. Los otros trece elementos minerales son necesarios para el desarrollo sano y eficiente de las plantas de cultivo; provienen del suelo, debido a que normalmente entran a la planta a través de las raíces y como algunos de ellos son requeridos en grandes cantidades y otros en dosis pequeñas se les ha dividido en dos grupos (Velasco, 1960 y Rodríguez, 1983).

Macronutrientes

La tierra no puede suministrarlos en las cantidades relativamente altas que se necesitan para el desarrollo de las plantas y sus síntomas de deficiencias son más frecuentes.

Nutrientes primarios

- Nitrógeno, Fósforo y Potasio

Nutrientes secundarios

- Calcio, Magnesio y Azufre

Micronutrientes

La carencia de estos limita lograr rendimientos potenciales

- Boro, Cobre, Fierro, Manganeso, Molibdeno, Zinc y Cloro (Chávez, 1997).

NUTRICIÓN

La nutrición de los cultivos es un aspecto del proceso de producción estrechamente relacionado con el sistema y sus componentes. De la planta interesa, entre otros, su anatomía, la forma como realiza la absorción y el transporte de los nutrientes esenciales, así como la de otros elementos que afectan su crecimiento, el papel fisiológico que desempeñan esos nutrientes, etc. (CIQA, 2001).

Etapas de Desarrollo de las Plantas

Períodos críticos de los nutrientes que están en el suelo o que deben ser aplicados en el crecimiento de la planta .

Cuadro 2.2 Periodos críticos de los nutrientes

0-40 días después de la germinación	Periodo de crecimiento rápido	Periodo de fructificación o etapa de reproducción
Fósforo	Nitrógeno	Calcio
Zinc	Potasio	Boro
Fierro	Azufre	
Manganeso	Molibdeno	
Cobre		
Magnesio		

Todos los nutrientes son importantes a través de todo el periodo de desarrollo; pero hay etapas críticas en las cuales lo limitan la falta de ciertos nutrientes específicos y afectan la producción máxima (CIQA, 2001).

Movilidad de los Nutrimentos en el Suelo

La movilidad de los iones en el suelo es importante porque condicionan el manejo de la nutrición de un cultivo.

Elementos no móviles

Estos nutrimentos permanecen en el sitio en que fueron puestos. Las raíces deben llegar a estos nutrimentos ya que ellos no fluyen hacia el sistema de raíces. A medida que las ramificaciones de la raíz crecen, ellas deben hacer contacto con los nutrimentos para ser absorbidos y llevados a la planta.

Elementos móviles

Los elementos móviles tales como el nitrógeno, potasio y azufre, pueden ser aplicados casi en cualquier forma: al voleo antes de la siembra, en bandas sobre o al lado de la semilla. El principal objetivo es lograr que estos nutrimentos estén disponibles para la planta al iniciar esta su etapa de mayor desarrollo vegetativo, que es igualmente la etapa de mayor necesidad de estos nutrimentos.

El grupo de nutrimentos indicados durante la etapa de rápido crecimiento, son relativamente móviles en la solución del suelo y son los usados por la planta en mayores cantidades durante su periodo de crecimiento activo. A excepción del fósforo, los nutrimentos indicados bajo la columna de 0-40 días no se usan en cantidades grandes en ningún tiempo del crecimiento; ya que no son móviles en la solución del suelo.

Por el hecho que el sistema de raíces de una planta joven es tan restringida durante los primeros 40 días, este debe tomar 20 veces más nutrimento por cm^3 de superficie radical, que más tarde, cuando hay amplia superficie radicular para buscar y absorber los elementos (CIQA, 2001).

Requerimientos Nutricionales del Cultivo del Tomate

Los nutrimentos requeridos en mayores cantidades son nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales se sugiere se apliquen en relación 1:1:0.5, es decir, por cada kilogramo de N, aplicar un kilogramo de P_2O_5 y medio kilogramo de K_2O (León y Arosamena, 1980).

El tomate debe recibir una suplementación adecuada de todos los nutrimentos esenciales de las plantas para producir un cultivo uniforme, de alto rendimiento y de elevada calidad. Una grave deficiencia de potasio podría reducir la superficie sana de la hoja y la capacidad para realizar fotosíntesis, y por lo tanto causar la muerte prematura de la planta (Ludwick, 1996).

Se debe tomar en cuenta que la correcta elección de los materiales con los que se va a fertirrigar cobra gran importancia a manera de facilitar la absorción de los nutrimentos por las raíces de la planta.

Nitrógeno. En el caso del nitrógeno la disyuntiva principal es la forma de incorporarlo. Esto puede ser en forma de nitrato o de amonio. El tomate es una planta que absorbe el nitrógeno en forma nítrica (NO_3) llevándolo a las hojas vía xilema para su incorporación a cadenas carbonadas para la consecuente formación de aminoácidos y de proteínas. En este transporte los nitratos suben acompañados por cationes como el K, Ca y Mg. Cuando el abono nitrogenado es aportado como amonio (NH_4), la absorción por el xilema hacia las hojas no va acompañado por ningún catión, por lo que son sensiblemente menores las concentraciones de K, Ca y Mg cuando el aporte de nitrógeno es mediante amonio que mediante nitratos.

Otro aspecto del nitrógeno es recordar su notable participación en condiciones de salinidad, sobretodo cuando existe una elevada presencia de iones cloruros. Si la fuente nitrogenada es nitrato, existen claras evidencias de contraposición con el Cl. En cambio, si la fuente es amonio los niveles de Cl al

interior de la planta aumentan (Productores de Hortalizas, 2003).

Fósforo. En cuanto al fósforo, su nutrición viene determinada por su disponibilidad en el bulbo de riego. El pH óptimo para la absorción de fósforo está entre 6 y 7, valores mayores a 7 capturan al fósforo como fosfato cálcico. Con valores de pH menores de 6, el fósforo queda retenido por el hierro y el aluminio (Productores de Hortalizas, 2003).

Potasio. Es conocida la importancia del potasio sobre la calidad de la fruta. El tomate es una de las especies más exigentes en este elemento, necesítándolo durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo. Aspectos tan importantes como la dureza, el color, la vida de postcosecha y el sabor están directamente influenciados por los valores de K en la solución de riego.

Uno de los principales problemas productivos en el cultivo del tomate es la llamada madurez irregular o *blotchy ripening*. Uno de los factores que llevan a producir esta anomalía es una deficiencia de este elemento o bien un exceso de nitrógeno frente a bajos niveles de potasio (Productores de Hortalizas, 2003).

Calcio. La importancia del Ca en la planta de tomate tiene que ver con la firmeza del fruto y con la prevención de desórdenes fisiológicos como el blossom-end rot. Por problemas en los niveles de Ca en la solución de riego o por inconvenientes en el sistema radicular (sean estos falta o exceso de agua, daño radicular, etc), la molécula de Ca no alcanza a llegar a las partes de menores índices transitorios como son los brotes centrales o los frutos en el caso del tomate. La fruta demuestra esta baja en los niveles internos de calcio con una fisiopatía conocida como pudrición apical (Productores de Hortalizas, 2003).

Magnesio. En el caso del Mg es diferente puesto que la deficiencia no es en los frutos sino que en las hojas en donde la lámina de la hoja adquiere un

color amarillo con las nervaduras verdes. En estas hojas se pierde completamente la capacidad de realizar fotosíntesis debido a que se ha perdido el núcleo de la clorofila, estructura responsable de recibir la luz y dar comienzo a la fotosíntesis. Este núcleo es la molécula de magnesio (Productores de Hortalizas, 2003).

Microelementos. En cuanto a los microelementos los más importantes para el cultivo de tomate son el fierro y el boro. Su disponibilidad está limitada principalmente por el pH de la solución nutritiva, teniendo su mayor disponibilidad a un pH entre 5.5–6.5. La conocida clorosis férrica está influenciada aparte del pH del bulbo de riego por los excesos y falta de agua al sistema radicular. Una buena alternativa es la aplicación de quelatos de fierro que llevan en su interior la molécula de fierro para liberarla una vez en el interior de la planta (Productores de Hortalizas, 2003).

En la práctica, se divide el ciclo de crecimiento del cultivo según las etapas fonológicas y se definen las diferentes concentraciones y cantidades de nutrimentos a aplicarse, con sus respectivas relaciones (Imas, 1999).

La obtención de frutos de buena calidad, aunada a altas producciones por unidad de superficie, están influenciados en un gran porcentaje por la fertilización. Es necesario que el cultivo de tomate desde su estado inicial de plántula hasta el periodo de fructificación avanzada, tenga un buen abastecimiento nutrimental (León y Arosamena, 1988).

En tomate se consideran cuatro etapas: establecimiento-floración, floración-cuajado de frutos, maduración-1ª cosecha y 1ª cosecha-fin de cosecha. En cada etapa, las concentraciones de N y K van aumentando, y la relación N:K van disminuyendo, ya que el potasio es absorbido en gran cantidad durante la etapa reproductiva del cultivo (Imas, 1999).

RIEGO POR GOTEO.

Definición:

El riego por goteo, se define como la aplicación artificial del agua al suelo en pequeñas cantidades o bajas dosis para cubrir los requerimientos de agua del cultivo, este método se caracteriza por la lenta aplicación de agua pero de alta frecuencia en forma de gotas directamente al suelo humedeciendo la zona radicular de las plantas; el agua es distribuida en campo por una serie de mangueras que trabajan a una presión ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$) mayor que la atmosférica, en esta manguera se encuentran instalados (de 0.5 a 1 m) pequeños dispositivos denominados emisores o goteros que suministran el agua a través de un flujo gradual y uniforme que proporcionan descargas de 2 a 8 $\text{l}\cdot\text{hr}^{-1}$ (Rojas y Briones, 2001).

El riego localizado proporciona a la planta el agua suficiente en la zona cercana a las raíces, formando un bulbo de humedad en las líneas de cultivo disminuyendo las pérdidas matriciales, así mismo conducen los fertilizantes solubles necesarios para el óptimo crecimiento de las plantas y se aplican productos fitosanitarios que penetran por vía sistemática ascendentes o desinfectan el sustrato el manejo eficiente del agua empleada en la agricultura se basa en la modernización de los sistemas de riego y actualmente ello se concibe sin empleo masivo de los materiales plásticos (Papaseit, 1997).

Sus características principales son:

- El agua aplicada al suelo desde una fuente que puede considerarse puntual, se infiltra en el terreno y se mueve en dirección horizontal y vertical. En esto difiere sustancialmente del riego tradicional, en el que predominan las fuerzas de gravedad y, por lo tanto, el movimiento es vertical. También difiere el movimiento de las sales.

- No se moja todo el suelo, sino sólo una parte del mismo, que varía con las características, el caudal del gotero y el tiempo de aplicación. En esta parte húmeda es en la que la planta concentrará sus raíces y de la que se alimentará. La parte humedecida, se le llama bulbo precisamente por su forma. En terrenos arcillosos será ancho, mientras en los terrenos arenosos estrecho y profundo.
- Al existir zonas secas no exploradas por las raíces y zonas húmedas, puede considerarse en cierto modo un cultivo en fajas o en surcos, pero con un sistema radical inferior al normal. Esto significa que sobre una faja de goteo habrá más plantas que en una de riego tradicional, por lo que se trata, en definitiva, de un cultivo intensivo, que requerirá, por tanto, un abonado adecuado para responder a las extracciones de las cosechas.
- El mantenimiento de un nivel óptimo de humedad en el suelo implica una baja tensión de agua en el mismo. El nivel de humedad que se mantiene en el suelo es inferior a la capacidad de campo, lo cual es muy difícil de conseguir con otros sistemas de riego, porque habría que regar diariamente y se producirían encharcamientos y asfixia radicular.
- Requiere un abonado frecuente, porque como consecuencia del movimiento permanente del agua en el bulbo puede producirse un lavado excesivo de nutrimentos (Medina,1988) .

Ventajas e Inconvenientes

El riego localizado presenta numerosas ventajas respecto al sistema de riego tradicional con relación a la utilización de aguas salinas y el ahorro de agua sin embargo, en los últimos años se ha demostrado que las mayores posibilidades de este sistema de riego se centran en su utilización como vehículo de una dosificación racional de fertilizantes. Es decir, que ofrece la posibilidad de realizar una fertilización día a día, en funcionamiento del proceso fotosintético exactamente a la medida de un cultivo, un sustrato y un agua de

riego determinados y para unas condiciones ambientales definidas (Cadaña, 1998).

Según Rojas y Briones (2001), el riego por goteo presenta las siguientes ventajas e inconvenientes:

Ventajas:

- Se incrementan los rendimientos agrícolas en calidad y en cantidad.
- Acelera la maduración.
- Uso de agua salina.
- Uso óptimo y ahorro de fertilizantes.
- Permite utilizar suelos arenosos.
- Control permanente de la humedad.
- Fácil operación y gran ahorro de mano de obra.
- Reduce la incidencia de malas hierbas.
- Permite utilizar gastos pequeños.
- En el riego se pueden aplicar fertilizantes líquidos.

Limitaciones:

- Alto costo de inversión.
- El material utilizado (tuberías, goteros, etc.) debe ser resistente a presiones.
- Las sustancias químicas y fertilizantes que se apliquen, deben ser solubles y no reaccionar con el material de la tubería.
- No se utiliza comúnmente en cultivos sembrados al voleo.
- Dificulta el uso de maquinaria por sus líneas.
- Se presentan taponamientos frecuentes de goteros.
- Se requiere personal capacitado para manejar el sistema.

La aplicación del agua en el cultivo de tomate ha de ser cuidadosa, debido a que tanto la sequía como el exceso de agua repercute en la calidad y producción del fruto. Se ha encontrado una correlación estrecha entre castigos

prolongados y rajaduras en el fruto; y por otra parte, el exceso de agua se asocia a la presencia de enfermedades radiculares de la planta y por consecuencia, a los bajos rendimientos (León y Arosamena, 1980).

Aplicación, Uso Óptimo y Ahorro de Fertilizantes

El riego por goteo es un sistema que exige fuertes inversiones, que no todos los cultivos pueden remunerar. Hay que aprovechar por tanto esta tecnología al máximo, optimizarla, para conseguir una mayor rentabilidad. Dentro de este aprovechamiento se encuentra el caso de los abonos (Medina, 1988).

En el riego por goteo, las raíces se encuentran en un volumen reducido de suelo, por lo que la aplicación de fertilizantes a través de la red de riego debe ser lógicamente más eficiente que con los sistemas tradicionales de riego y fertilización (Medina, 1988).

La dosificación de nutrimentos a través del sistema de riego permite la mejor disponibilidad de los mismos para la utilización de las plantas. Además de proporcionarle los nutrimentos durante los periodos de mayor necesidad durante todo el desarrollo del cultivo lo que ocasiona que las plantas desarrollen sus características fisiológicas por arriba de las plantas con fertilización tradicional al suelo.

Otras razones que apoyan la mayor eficiencia de la utilización de los abonos al aplicarlo mediante el riego por goteo, son derivadas precisamente de las características de este sistema:

- a. En el riego por goteo no se riega todo el terreno y por lo tanto tampoco se abona todo el terreno.

- b. Existe una mayor facilidad para controlar la aplicación de los fertilizantes, pudiendo ajustarse a las distintas fases de desarrollo de la planta y dosificando en varias veces, según sean las necesidades de éstas. En general la distribución de los nutrimentos se realiza de una manera uniforme, si se inyectan en el sistema una vez que éste se encuentra lleno de agua y la inyección se detiene antes de acabar el tiempo de riego. Para lograr esta uniformidad en la distribución es importante que el sistema esté bien diseñado para que la variación de caudales no supere el 5% y el coeficiente de uniformidad no sea inferior al 94%.

Para profundizar en los distintos aspectos que tienen relación con la eficiencia en la utilización de los abonos, es necesario conocer un poco mejor los agentes que influyen en la fertilización como son: la planta, el suelo y el agua (Medina,1988).

En la fase de experimentos los primeros resultados obtenidos en riegos por goteo en suelos arcillados, han demostrado que es posible incrementar tanto la producción, como la calidad del fruto en mas del 50%. Cuando un sistema de riego por goteo es bien manejado se alcanzan grandes ahorros de energía, agua y nutrimentos, lo anterior es debido a la baja presión y a la uniformidad de los emisores, sin embargo, este nivel requiere de cuidado mayor que otros con sistemas de riego (Rojas y Briones, 2001).

FERTIRRIEGO

Definición:

Se entiende por fertirriego a la aplicación de sustancias nutritivas (iones minerales, compuestos orgánicos, vitaminas, aminoácidos, mejoradores, bioactivadores, hormonas, ácidos, etc.) necesarios para los vegetales através del agua de riego; aplicándolos en la cantidad, proporción y forma química

requerida por las plantas según su etapa fonológica, ritmo de crecimiento y acumulación de materia seca, de tal manera que se logre a corto y largo plazo altos rendimientos de un adecuado nivel de fertilidad general en el suelo.

El objetivo central del fertirriego es crear y mantener un ambiente óptimo en las zonas de las raíces del cultivo, en termino de disponibilidad de agua y nutrimentos, acorde con los requerimientos reales de cada especie y variedad, para cada condición edafoclimatica especifica. Este ambiente óptimo es diferente en cada etapa del desarrollo de los cultivos, por lo que las alternativas técnicas del fertirriego posible de llevar a cabo son prácticamente infinitas (Gurovich, 1996).

Ventajas e Inconvenientes

Entre las ventajas del sistema de fertirriego podemos citar:

- Dosificación racional de fertilizantes
- Ahorro considerable de agua.
- Utilización de aguas de riego de baja cantidad.
- Nutrición optimizada del cultivo y por lo tanto aumento de rendimiento y calidad de frutos
- Control de la contaminación
- Mayor eficiencia y rentabilidad de los fertilizantes
- Alternativas de utilización de diversos tipos de fertilizantes: simples y complejos cristalinos y disoluciones, concentrados.
- Fabricación "a la carta" de fertilizantes concentrados adaptados a un cultivo, sustrato, agua de riego y condiciones climáticas durante cada uno de los días del ciclo del cultivo.
- Automatización de la fertilización.

Entre las posibles inconvenientes del sistema de fertirriego podemos citar:

- Costo inicial de la infraestructura.
- Obturación de goteros.
- Manejo por personal especializado (Gurovich, 1996).

Selección de los Fertilizantes

El aprovechar al máximo el potencial genético que los nuevos híbridos y variedades ofrecen depende en gran medida de la correcta selección de los materiales fertilizantes y de su adecuado manejo a través del desarrollo de la especie vegetal a cultivar (CIQA, 2001).

Para una adecuada selección de los fertilizantes que se aplicaran por el método de fertirriego o sistema de riego localizado se debe considerar:

- El comportamiento de los productos fertilizantes en el agua y suelo.
 - La preparación y formulación de las soluciones nutritivas.
 - Las posibles obstrucciones en los emisores del sistema de riego.
- (Rodríguez, 1999).

Soto (1996), menciona que antes de iniciar el ciclo de riego se deben tomar las siguientes precauciones:

- Conocer la disponibilidad de agua existente en el suelo, para determinar el volumen total a aplicarse durante el ciclo, tomando en cuenta las necesidades del cultivo y su etapa fisiológica.
- Para la inyección de fertilizantes, debe contarse con un tanque para disolverlo o mezclar las formulaciones líquidas.
- No se debe saturar la solución para evitar la formación de precipitados.
- Las mezclas deben ser compatibles.
- Al inyectar fertilizantes, cerciorarse que los filtros estén limpios y lavados. Para obtener una buena distribución de los fertilizantes, se debe iniciar con

un riego durante el 15% del tiempo total, luego regulando el caudal se debe inyectar el fertilizante en el 70% del tiempo total, dejando el 15% restante para completar la distribución y lavar los residuos de fertilizantes en los filtros, tuberías, mangueras y emisores.

- Tratar el equipo de riego periódicamente con soluciones dispersantes que ayuden a limpiarlo (como ácido fosfórico, otras fuentes ácidas y soluciones comerciales), dejando la solución dentro del sistema en reposo, para luego inyectar agua abundante. Esta tarea es indispensable, especialmente con cultivos estacionales en los que el equipo de riego se recoge y se guarda hasta la próxima temporada.

Solubilidad de los Fertilizantes

Al escoger los fertilizantes a usarse debe tomarse en cuenta la calidad del agua de riego y, obviamente, que se sean 100% solubles en agua.

Los fertilizantes pueden clasificarse de acuerdo a diversos criterios, pero en principio para ser adecuados al fertirriego deben ser solubles. En cuanto se refiere al uso con el riego, se clasifican en dos clases:

- Fertilizantes líquidos abastecidos en forma de soluciones saturadas listas para usar sin necesidad de tratamientos previos. Si bien en general contienen mayor concentración de nutrimentos, su manejo en fertirriego es más cómoda que los fertilizantes sólidos.
- Fertilizantes sólidos, fácilmente solubles que deben disolverse antes de comenzar la fertilización; el factor de solubilidad es distinto para cada tipo y composición, y generalmente aumenta con la temperatura (INTA, 2003).

Cuadro 2.1 Variación de la solubilidad de varios fertilizantes al variar la temperatura (Fuente: INTA, 2003).

Fertilizante	Temperatura (°C)					
	0	5	10	20	25	30
	g/L					
Urea	680	780	850	1060	1200	1330
Sulfato de amonio	700	715	730	750	770	780
Sulfato de potasio	70	80	90	110	120	130
Cloruro de potasio	280	290	310	340	350	370
Nitrato de potasio	130	180	210	320	370	460

Los dos tipos pueden ser simples o compuestos, desde el punto de vista de la composición de los nutrientes. Los fertilizantes simples contienen un solo nutriente y los compuestos contienen al menos dos o varios elementos nutritivos, a veces también microelementos.

Compatibilidad Química

Hay mezclas de fertilizantes no compatibles químicamente, que podrían obstruir los emisores al producir un compuesto nuevo no soluble en agua o de difícil absorción por las plantas.

Imas (1999), menciona que estos problemas pueden ser evitados por medio de una elección correcta de los fertilizantes y un manejo adecuado. El uso de dos o más tanques de fertilización permite separar a los fertilizantes que interactúan, separando los fertilizantes de calcio, magnesio y microelementos, de los fertilizantes con fósforo y el sulfato y evitando así la formación de precipitados.

Soto (1996), menciona algunos problemas potenciales que se presentan en estas condiciones:

- La adición de amoníaco al agua de riego podría aumentar el pH y formar precipitados.

- La adición de sulfato de amonio a aguas calcáreas podría dar lugar a la formación de precipitados de sulfato de calcio, que pueden obstruir tuberías, mangueras y emisores.
- Dependiendo de la calidad del agua, al adicionar fuentes de fósforo pueden formarse precipitados de fosfato de magnesio.

El nitrato de calcio no es compatible con el sulfato de amonio, de potasio ni de magnesio, porque puede formar yesos insolubles con los consabidos problemas en el sistema de goteo.

El nitrato de potasio si es compatible con el sulfato de amonio, el nitrato de calcio, el sulfato de potasio y el sulfato de magnesio.

Cuadro 2.2 Compatibilidad entre fertilizantes solubles (Fuente INTA, 2003).

Fertilizantes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Urea																
2. Nitrato de amonio																
3. Sulfato de amonio																
4. Nitrato de calcio			■													
5. Nitrato de magnesio																
6. Fosfato monoamónico				■	■											
7. Fosfato monopotásico				■	■											
8. Nitrato de potasio			■													
9. Sulfato de potasio			■	■	■											
10. Cloruro de potasio									■							
11. Ácido fosfórico				■	■											
12. Ácido nítrico																
13. Ácido sulfúrico				■	■				■							
14. Sulfatos Fe, Zn, Cu, Mn				■	■	■			■							
15. Quelatos Fe, Zn, Cu, Mn				■	■	■					■	■				
16. Sulfato de magnesio				■	■	■			■							

Compatible

Se reduce la solubilidad

Incompatible



Las fuentes fosfatadas son las que más problemas causan, así no se debe mezclar el fosfato de amonio con el nitrato de calcio ni con el nitrato de magnesio (INTA, 2003).

Criterios de Manejo del pH

El pH juega un papel esencial en la formación de nuevos compuestos. En general, el medio de inyección del fertilizante es ácido y previene esos problemas. Pero si se usan aguas alcalinas o de pH alto es muy probable que aparezcan.

Se hace énfasis en los siguientes criterios de manejo:

- El pH óptimo para la planta de tomate esta dado entre los niveles 5.5 y 7.
- El pH influye directamente sobre la disponibilidad de nutrimentos.
- Con pH ácidos se ven comprometidos los niveles de P y Mo, los cuales también tienen una sinergia entre ellos dentro de la planta.
- Con pH básicos se ven comprometidos la disponibilidad de P, Ca, Mg, Fe, Zn, B y Mn.
- Los pH altos vienen dados por valores altos de HCO_3 que deben ser neutralizados por ácidos con el fin de bajar los niveles de pH (Productores de hortalizas, 2003).

Indicaciones sobre la fertirrigación

Antes de instalar el sistema, Silva mencionado por O'keeffe (2000) aconseja que se ponga atención especial a los siguientes aspectos:

- Un buen programa de fertirrigación debe incluir un análisis de suelo para determinar que necesidad hay de fertilizantes. Es importante analizar los tejidos para ayudar a determinar con mayor precisión las necesidades de los fertilizantes.
- Elaborar un programa de fertilización.

- Mantener una constante presión de flujo en el sistema. Específicamente, si se usa el sistema de inyección, el fertilizante debe de inyectarse a una presión mayor de la que se utiliza en el sistema. Asegurarse que no haya fugas de agua.
- Calcular la calibración y asegurarse de la adecuada inyección del fertilizante.
- Limpiar las tuberías después de efectuar el riego. Deje correr el flujo de 15 a 40 minutos después de haber cerrado la afluencia del fertilizante para expulsar todo el resto del mismo del flujo de agua.

Comportamiento de los Nutrimentos en Fertirriego

Nitrógeno: El nitrógeno en forma amoniacal queda retenido por los coloides del suelo, si las dosis de aplicación no son altas. Consecuentemente su desplazamiento no es elevado y su concentración en las proximidades del gotero suele ser alta. A medida que aumenta la dosis, queda superada la capacidad del intercambio catiónico de los coloides y en consecuencia su desplazamiento es mayor.

El nitrato se mueve con toda facilidad en el suelo, gracias a su extraordinaria solubilidad. Este compuesto sigue normalmente el flujo del agua hasta el borde de la zona humedecida.

Con el riego localizado, se obtiene una mayor concentración de nitrato en la zona de las raíces, que en los casos de riego superficial o mediante aspersion.

En fertirrigación, se comprende que su mayor utilidad se consiga con aplicaciones periódicas, en dosis bajas, a lo largo de la campana del riego, de acuerdo a las necesidades de las plantas.

La urea es un fertilizante muy soluble cuya absorción por el suelo, resulta difícil. Por la tanto, la fertirrigación, facilita el desplazamiento de ésta dentro del agua, para colocarse en los lugares más adecuados para la planta.

Es importante señalar que, las plantas utilizan el nitrógeno en forma nítrica, por la cual las aplicaciones de urea o amonio, son aconsejables sólo bajo condiciones que favorezcan el proceso de nitrificación (Burgueño, 1996).

Fósforo: El fósforo es el mas difícil de aplicar, pues además de su baja solubilidad, existe el peligro de precipitación al reaccionar con el calcio que puede contener el agua de riego y que produce el paso del fosfato monocálcico a bicálcico.

Utilizando aguas no cálcicas, en los terrenos calizos se presenta el mismo problema, pues el fósforo queda retenido en la misma superficie y no es utilizado por la raíces.

Para evitar las precipitaciones es conveniente acidificar ligeramente el agua inyectando ácido sulfúrico o ácido nítrico.

El fósforo no se desplaza en el suelo más allá de 20 a 30 centímetros del punto de aplicación, al ser fuertemente adsorbido por los coloides del suelo. Es un inconveniente común a todos los fertilizantes fosforados.

Se ha comprobado que al aplicarlo con riego por goteo su desplazamiento es mayor que en cualquier otro sistema de riego, debido que al aumentar su concentración se sobrepasa la capacidad de fijación del suelo (Burgueño, 1996).

Potasio: Como el fósforo el potasio se mueve muy limitadamente en el suelo. El potasio suministrado es adsorbido en el complejo de cambio del suelo. La absorción de este elemento depende en gran parte de la humedad del suelo

hasta el punto en que los suelos secos prácticamente no se produce. El mantenimiento de una humedad constante como la que se obtiene mediante el riego por goteo facilita dicha absorción (Burgueño, 1996).

ACOLCHADO DE SUELOS

El acolchado plástico tiene la finalidad de defender los cultivos y el suelo de la acción de los agentes atmosféricos, los cuales entre otros efectos, producen la desecación del suelo, deterioran la calidad de los frutos, enfrían la tierra y lavan la misma arrastrando los elementos fertilizantes tan necesarios para el desarrollo vegetativo de las plantas (Robledo y Martín, 1988).

Al realizar el acolchado plástico el ambiente, tanto en el interior de él como en la atmósfera sobre el mismo sufre una serie de alteraciones, principalmente en cuanto a la temperatura y humedad, lo que en la mayoría de los casos favorece la calidad del cultivo que crece bajo esta condición, y puede llegar a incrementar la eficiencia en la utilización del agua y los nutrimentos (Pronapa, 1988).

El acolchado de suelos con películas plásticas permite:

a) obtener cosechas:

- 1) abundantes (aumento del 21-200 %, según los cultivos).
- 2) Precoces (de 8-21 días).
- 3) Sanas.
- 4) Limpias .

b) reducir los riesgos.

c) suprimir las labores culturales (escardas, etc.).

d) reducir la mano de obra (Robledo y Martín, 1988).

El acolchado plástico tiene efectos favorables sobre el suelo y el ambiente como: conservación de la humedad, mantenimiento de una buena

estructura, mejor utilización de abonos (fertilizantes), protección en la nacencia de plantas, menor numero de frutos dañados y eliminación de las malas hierbas cuando se utilizan plásticos opacos. De tal manera influye notoriamente sobre la humedad del suelo, temperatura del terreno, estructura del suelo, fertilidad del suelo, vegetación espontánea (malezas), protección de frutos (Papaseit, 1997 y, Robledo y Martín, 1988) y estimula la acción microbiana (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Influencia sobre la Humedad del Suelo

Al ser la cubierta de plástico impermeable al vapor de agua y a los líquidos impide la evaporación del agua desde el suelo, quedando únicamente disponible para el cultivo. De esta forma se benefician de una alimentación constante y regular (Papaseit, 1997 y Robledo y Martín, 1988).

El terreno, al estar cubierto por un plástico negro o oscuro, no deja desarrollar la vegetación espontánea; ésta no consume agua, resultando un ahorro de la misma en beneficio del cultivo. Las ligeras pérdidas por evaporación que se producen por las perforaciones practicadas en el plástico para hacer posible la siembra o el transplante (Robledo y Martín, 1988).

Influencia sobre la Temperatura del Suelo

La temperatura del suelo es uno de los principales factores que se ven modificados por la acción directa del acolchado influyendo directamente en diversas alteraciones del medio ambiente en que se desarrollan los cultivos ya que de la energía almacenada como calor en el suelo dependerán la velocidad de los procesos fisiológicos más importantes para la planta como son absorción del agua, traslocación de nutrimentos, respiración de la planta y producción de sustancias hormonales de crecimiento y desarrollo (Pronapa, 1988).

Durante el día, el plástico transmite al suelo las calorías recibidas del sol, haciendo el efecto invernadero. Durante la noche, el plástico detiene, en cierto grado, el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia la atmósfera (Robledo y Martín, 1988).

El efecto ideal del acolchado sobre la temperatura del suelo debe ser una reducción en los desequilibrios térmicos a que esta sometido, esto quiere decir que debe incrementar la temperatura cuando el ambiente climático sea frío y reducirla cuando la insolación sea tan fuerte, que pueda obstaculizar la actividad vegetativa normal de la planta bajo cultivo. Obviamente no se pueden obtener estos efectos con un solo tipo de material plástico, por lo que es necesario seleccionar el tipo de película más adecuado para cada situación específica (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Todos los plásticos empleados en el acolchado consiguen incrementar la temperatura del suelo durante el día, a excepción del blanco y el aluminizado que reflejan la luz. El plástico negro es el que menos retiene calor durante la noche. El plástico blanco aumenta considerablemente la cantidad de luz aprovechable por las plantas (Papaseit *et al*, 1997).

El efecto del acolchado sobre la temperatura del suelo esta fuertemente influenciado por el plástico que se utilice (ya sea por la composición química o por la coloración del mismo. Para que dicho efecto sea relevante, la faja del suelo deberá ser suficientemente amplia (el acolchado total del suelo es lo ideal) alrededor de un metro como mínimo (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Influencia sobre la Estructura del Suelo

El acolchado plástico presenta una estructura ideal para el desarrollo de las raíces de las plantas. Estas se hacen más numerosas, más largas en sentido horizontal a consecuencia de que la planta, al encontrar la humedad suficiente a poca profundidad y un suelo bien mullido, su sistema radicular se

desarrolla más lateralmente que si tuviera que buscar a mayores profundidades, en cuyo caso su crecimiento sería en sentido vertical.

Con el aumento de raicillas aseguramos a la planta una mayor succión de agua, sales minerales y demás fertilizantes, que conducen a unos mayores rendimientos (Robledo y Martín, 1988)

Influencia sobre la Fertilidad del Suelo

La elevación de la temperatura y la humedad del suelo como consecuencia de estar protegido el terreno con el plástico favorece la nitrificación y, por lo tanto, la absorción del nitrógeno por la planta. Por otro lado al estar protegido el terreno con una película plásticas, las lluvias no lavarán el suelo; los elementos no serán arrastrados hacia la superficie ni a capas más profundas donde no puedan llegar las raíces de las plantas (Robledo y Martín, 1988).

Con el aumento de la temperatura y la humedad óptima que se consiguen bajo el acolchado de suelos, se incrementa el desarrollo de los microorganismos que trabajan en beneficio de la fertilidad del suelo por lo que hay mayor cantidad disponible de fósforo asimilable en las capas superiores del suelo, en cambio, a temperaturas frías hay muy lenta liberación del nitrógeno y del fósforo de la materia orgánica del suelo o causa una baja asimilación de fósforo y potasio por las plantas (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Influencia sobre el Crecimiento y Desarrollo de Malas Hierbas

El acolchado de suelos con polietileno negro ayuda a eliminar casi la totalidad de las malezas, excepto algunas como el coquillo (*Cyperus rotundus* L.), este efecto herbicida del plástico negro se debe a su impermeabilidad a la luz, que impide la actividad fisiológica de las malezas (Ibarra y Rodríguez, 1991).

El crecimiento y desarrollo de malas hierbas que se origina por debajo del plástico dependerá considerablemente del calor de las mismas, es decir, de su permeabilidad a la luz solar.

Se puede evitar totalmente el crecimiento de éstas utilizando una película negra. Aunque en otras tonalidades (transparente, verde, marrón, gris humo) aparecen malas hierbas en mayor y en menor cantidad respectivamente, a veces, no llega a fructificar, ya que el plástico termina sofocándolas, a consecuencia de las altas temperaturas que se originan bajo el mismo. (Robledo y Martín, 1988)

Influencia sobre la Calidad de los Frutos

El plástico al actuar como barrera de separación entre el suelo y la parte foliar de la planta, evita que los frutos estén en contacto directo con la tierra, obteniéndose éstos con una calidad y presentación tal que los hace ser más comerciales.

Es muy aconsejable esta técnica para aquellas plantas que produzcan frutos rastreros, tales como: tomates, melones, pepinos, etc., ya que el plástico evitará que se originen putrefacciones, ataque de insectos y sobre todo, las enfermedades criptogámicas. (Robledo y Martín, 1988)

Efectos del Acolchado sobre Parámetros Fisiológicos de la Planta

Esta técnica produce alteraciones al medio ambiente en el que se desarrollan las plantas, influenciando varios procesos que tienen lugar en el entorno aéreo y subterráneo, ya que alteran la relación agua-suelo-planta-clima repercutiendo en los procesos de las plantas.

El acolchado actúa sobre el microclima y los factores ambientales que tienen relación con el desarrollo de los principales procesos fisiológicos y morfológicos de las plantas (Papaseit *et al.*, 1997).

Diversos procesos fisiológicos se ven modificados cuando se coloca una película plástica sobre la superficie del suelo. El efecto de los plásticos se debe básicamente a características de composición ya que la película plástica reduce las pérdidas de calor desde el suelo que son causadas por la evaporación o por la convección de calor (Pronapa, 1988).

Difusión y Movimiento del Agua en las Plantas

La difusión de agua desde el suelo al interior de las raíces es un proceso que se realiza debido a la disponibilidad del agua en el suelo y que está influenciado por las relaciones energéticas que en él se encuentran. Estas a su vez son función del gradiente de difusión generado por la presión del vapor de agua que es dependiente de la demanda evapotranspirativa de la atmósfera, del área foliar de las plantas y de la resistencia que encuentra el agua a su paso a través de la raíz y por el tejido conductivo del xilema. La evaporación del suelo pierde importancia respecto a la transpiración de la planta conforme éstas crecen, debido a que el follaje sombrea gran parte del suelo reduciéndose así la evapotranspiración.

El incremento del área foliar es el resultado de un mayor desarrollo vegetativo que va asociado con la absorción de nutrientes y con las temperaturas óptimas del suelo. La resistencia al movimiento del agua a través de las raíces y del tallo se incrementa por el cambio de viscosidad del agua a bajas temperaturas o por alteraciones al tejido conductivo del xilema; algunas veces cambios en la permeabilidad de la raíz dado por la suberización de ésta puede provocar que en condiciones de alta demanda evapotranspirativa la planta no pueda cubrir sus necesidades hídricas, procediendo así al cierre de

estomas y consecuentemente se tendrá una reducción en la actividad fotosintética.

El acolchado plástico promueve una mayor velocidad de difusión y movimiento del agua en la planta debido a que mantiene condiciones de mayor temperatura en el suelo para que la planta optimice el proceso de absorción y transporte del agua, viéndose reflejado en crecimiento y desarrollo de la planta (Pronapa, 1988).

Desarrollo del Sistema Radicular

El adecuado abastecimiento de humedad para las plantas cultivadas depende principalmente de la profundidad y distribución del sistema radicular, etapa de crecimiento, retención y conducción del agua así como los factores climáticos que afectan la evapotranspiración.

Con el acolchado la planta se desarrolla en un suelo donde encuentra humedad disponible a poca profundidad y también buenas condiciones de porosidad en el suelo debida a la adecuada preparación del terreno se tendrá entonces un ambiente favorable para que el cultivo desarrolle un sistema radicular con un adecuado crecimiento lateral y con un mayor porcentaje de pelos absorbentes cuya función principal será la de absorber agua y nutrimentos necesarios para sus procesos fisiológicos (Pronapa, 1988).

III. MATERIALES Y METODOS

Localización Geográfica del Área Experimental

El presente trabajo se desarrolló durante el ciclo primavera – verano del 2002. En el Campo experimental del Departamento de Agropásticos del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) en la ciudad de Saltillo, Coahuila. Localizada a 25° 27' latitud norte y 101° 01' longitud oeste, a una altura de 1610 msnm.

Clima

Se clasifica del tipo bsok (x)' (e)', y se define como seco estepario, el cual es seco y templado con verano cálido, temperatura anual de 12 y 18 °C y la del mes más caluroso de 18 °C, con lluvias intermedias entre verano e invierno. Extremoso con oscilaciones entre 7 y 19 °C en general, la temperatura y precipitación anual es de 18 °C y 365 mm respectivamente. Los meses más lluviosos son junio a septiembre, concentrándose la mayor parte en junio. La evaporación promedio mensual es de 178 mm, registrándose la más alta en los meses de mayo y junio con 236 y 234 mm respectivamente (García, 1988).

Descripción del Material Vegetativo

La variedad de tomate utilizado para este experimento fue Floradade una planta grande con características de crecimiento determinado, de 77 días a maduración, frutos con un peso aproximado de 142 g con forma globo profundo,

firme bueno para embarque y mercado fresco comercial. Presenta resistencia a *Verticillium*, *Fusarium* raza 1 y 2, *Alternaria* y *Stemphyllium*.

Materiales utilizados

- Superficie del experimento de 1600 m²
- Semilla de tomate variedad Floradade
- Película plástica negra, calibre 150 con un ancho de 1.2 m
- Equipo de Fertirriego Elgal 2000
- Estufa (Blue M Electric Company)
- Medidor de Área Foliar (LI-COR 3100)
- Balanza Electrónica AND-HR-120
- Cintilla de riego Stream line con un gasto de 0.87 l·h⁻¹
- Tensiómetros
- Fertilizantes: Urea, Acido fosfórico y Multi NPK
- Agroquímicos: Tecto (Thianbendazol), Prozycar (Carbendazim) y Furadan (Carbofuran).
- Charolas de poliestireno
- Peat moss
- Tutores de madera
- Hilo de polipropileno
- Báscula
- Azadones
- Navaja.

Diseño Experimental

El diseño que se utilizó fue el de bloques al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos que se utilizaron fueron 4 dosis de fertilización (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1 Dosis de fertilización evaluadas

Tratamiento	Dosis de fertilización kg·ha ⁻¹
1	500-350-750
2	400-280-600
3	300-210-450
4	200-140-300

El experimento se realizó en una superficie de 1600 m² con un área de 144 m² por tratamiento y 36 m² por repetición, teniendo una parcela útil de 576 m².

Fertilización

Los niveles manejados se determinaron tomando como base la dosis utilizada en algunas de las principales zonas productoras de tomate, 500-350-750 (testigo), a partir de este nivel de fertilización se formularon los demás tratamientos siguiendo una misma relación de 1: 0.7: 1.5 (N:P:K).

Sistema de Riego

Una vez surcado y delimitado el terreno se colocó el sistema de riego. La cinta de riego utilizada fue Stream line con un gasto de 0.87 l·h⁻¹ por gotero, con una distancia de 0.30 m entre cada uno.

Se colocó la cintilla de riego a la mitad de las camas y conectó a la línea central, que se encuentra conectado a la tubería principal.

Acolchado del Suelo

La actividad que prosiguió a la colocación del sistema de riego fue la colocación del acolchado del suelo, ésta se realizó mecánicamente, la película plástica usada fue de color negro calibre 150 (37.5 micras de espesor) y de un

ancho de 1.2 m, con perforaciones a cada 0.30 m hechas con un tubo caliente (después de tendido la película).

Trasplante

Esta labor se realizó en forma manual, colocando una plántula por cavidad, eligiendo las plantas más sanas y vigorosas; a una distancia de 30 cm entre plántula y 180 cm entre hileras, teniendo una densidad de plantación de 18,518 plantas por hectárea.

Riegos

Los riegos se aplicaron diariamente con una duración aproximada de dos horas cada una, dependiendo de las condiciones del medio ambiente.

Nutrición

El fertilizante se aplicó mediante el sistema de riego por goteo (fertirriego). Las aplicaciones se dosificaron durante el ciclo del cultivo variando de acuerdo a la etapa de crecimiento en la que se encontraba la planta.

Las fuentes utilizadas son:

- Urea
- Ácido fosfórico
- Multi NPK

Aplicación de Agroquímicos

Para el control de enfermedades, las aplicaciones fueron preventivas cada semanas, a base de Tecto (Thianbendazol), Prozycar (Carbendazim) y Furadan (Carbofurano); La enfermedad más común que se presentó fue el Estrangulamiento de la planta (Damping-off) y Tizón tardío.

Variables Evaluadas

- Peso de materia seca
- Área foliar
- Fotosíntesis y resistencia estomática
- Rendimiento

Peso de Materia Seca

Se realizaron tres muestreos en diferentes fechas (21-Jun., 12-Jul. y 09-Sept.), tomándose una planta por cada repetición seleccionadas al azar, cortándolas a ras de suelo, las cuales fueron colocadas individualmente y transportadas al laboratorio. Allí, las plantas fueron separadas en sus diferentes órganos y partes (hojas, tallos y frutos), posteriormente fueron llevados a una estufa de secado (Blue M Electric Company) a una temperatura de 65 a 70 °C, por un tiempo de 72 horas. Ya totalmente secas se procedió a tomar el peso(g) de cada una de las partes mencionadas en una balanza electrónica AND-HR-120.

Área foliar

Se evaluaron en tres fechas(18-Jun., 12-Jul. y 09-Sept.), tomándose una planta por repetición seleccionadas al azar, las cuales fueron colocadas individualmente y transportadas al laboratorio.

El primer muestreo se realizó para obtener una fórmula que nos ayudara a obtener futuros valores de área foliar para los dos posteriores muestreos.

De acuerdo a De la rosa (2002), la metodología fue la siguiente: se muestrearon dos plantas por muestreo las cuales fueron defoliadas clasificando hojas de tamaño chico, mediano y grande, tomando 300 hojas representativas

de cada muestra; posteriormente, a las hojas se le midió el área foliar en un medidor de área foliar (LI-COR 3100), luego, las hojas fueron llevadas a una estufa de secado (Blue M Electric Company) a una temperatura de 65 a 70 °C, por un tiempo de 72 horas.

Teniendo los valores respectivos de peso seco y área foliar se procedió a realizar una correlación entre estos valores, mediante una regresión se obtuvo la fórmula siguiente:

$$y = ax + b$$

donde:

y = área foliar real.
a = valor de la pendiente
x = valor del peso seco
b = valor de la ordenada

Obteniendo los siguientes valores:

Pendiente = 1.56300616
Ordenada = -0.07023587
r = 0.99954111

Sustituyendo valores, la fórmula queda de la siguiente manera:

$$y = (1.56300616)(x) + (-0.07023587)$$

Para obtener los datos del área foliar de los dos muestreos, fueron seleccionadas una planta de cada tratamiento y fueron defoliadas, posteriormente las hojas fueron llevadas a una estufa de secado (Blue M Electric Company) a una temperatura de 65 a 70 °C por un tiempo aproximado de 72 horas. Ya con el valor del peso seco foliar para cada tratamiento se procedió a calcular por medio de la fórmula descrita, el área foliar.

Fotosíntesis y Resistencia Estomática

Se realizó y evaluó un muestreo (18-Jul.), tomándose una planta por cada repetición seleccionadas al azar, cada muestra fue medida al mediodía, de las hojas de la parte media de la planta, con un medidor de fotosíntesis LICOR-6200.

Rendimiento

El rendimiento se evaluó mediante los resultados de 7 cortes, y se seleccionaron en dos categorías de calidad: tomates comerciales (frutos de tamaño medio y sanos) y tomates no comerciales (frutos pequeños, dañados por plagas u otros factores). Los cortes se realizaron y se pesaron por cada repetición y al final se sumaron los cortes por cada tratamiento para obtener el rendimiento total, registrándose los datos en kilogramos. Al final, los resultados se traspolaron en toneladas por hectárea para poder realizar el análisis de varianza y obtener las medias. Esta actividad se realizó con la ayuda de una báscula.

De esta misma manera en las dos categorías se seleccionaron los frutos para obtener el rendimiento en números de frutos por hectárea.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Área Foliar

De acuerdo con los resultados obtenidos para área foliar (Cuadro, 4.1) no existen diferencias significativas entre los tratamientos en el muestreo analizado. A pesar de esto se observó que el tratamiento 2 (400-280-600) fue el que mayor área foliar obtuvo en el primer muestreo, seguido del tratamiento 3 (300-210-450) y 4 (200-140-300), con 26.89%, 18.29% y 12.05% más en comparación al testigo

Para el segundo muestreo, los tratamientos 4 y 3 presentaron los mayor área foliar con 224.13 y 175.76 cm² por planta lo que representa un 90.92% (106.74 cm²) y 49.72% (58.63 cm²) seguido del tratamiento 2 con 4.88% (5.99 cm²) más en comparación con el testigo (117.39 cm²).

Cuadro 4.1 Comparación del área foliar en tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición.

Tratamiento	Dosis de Nutrientos kg·ha ⁻¹			Área Foliar cm ² ·planta ⁻¹	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	54 ddt	113 ddt
1	500	350	750	70.77	117.39
2	400	280	600	89.80	123.12
3	300	210	450	83.72	175.76
4	200	140	300	79.30	224.13
C.V.%				16.68	38.73
Sig.				NS	NS

C.V. Coeficiente de variación

Sig. Significancia

NS No significativo

El resultado a 113 ddt, refleja que una disminución en la dosis de fertilización, existe un aumento de área foliar, ya que el tratamiento 4 con la menor dosis de fertilización presento la mayor cantidad de área foliar, situación totalmente opuesta a lo sucedido con el tratamiento 1 (testigo) que a pesar de tener la fertilización más alta tuvo la menor cantidad de área foliar.

Estos resultados indican que una disminución en la dosis de nutrientes esta asociada al incremento del área foliar de la planta, ya que la mayor área foliar de las plantas estuvo relacionada con la menor dosis de nutrientes.

Fotosíntesis y Resistencia Estomática

Para fotosíntesis y resistencia estomática, el análisis de varianza no mostró diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro, 4.2). Aunque podemos ver que el tratamiento 3 (300-210-450) fue el que menor fotosíntesis presentó, seguido de los tratamientos 2 (400-280-600), 1 (500-350-750) y 4 (200-140-300).

Cuadro 4.2 Comparación de fotosíntesis y resistencia estomática en plantas de tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición.

Tratamiento	Dosis de Nutrientes kg·ha ⁻¹			Fotosíntesis μmol(CO ₂)·m ⁻² ·s ⁻¹	Resistencia s·cm ⁻¹
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
1	500	350	750	23.65	1.11
2	400	280	600	19.21	2.53
3	300	210	450	14.80	2.13
4	200	140	300	24.02	1.32
C.V.%				24.37	11.20
Sig.				NS	NS

C.V. Coeficiente de variación

Sig. significancia

NS No significativo

Páez *et al* (2000), mencionan que la cantidad de área foliar total presente durante un intervalo particular sirve como indicador del impacto potencial de

una planta individual en una situación de competencia, porque el área foliar es importante en la competencia por la luz. Esto quiere decir que a mayor área foliar mayor fotosíntesis, esto coincide con el comportamiento del tratamiento 2, porque presentó mayor fotosíntesis y tuvo mayor área foliar; pero el tratamiento 3 registró menor fotosíntesis y no coincide al obtener mayor área foliar, esto pudo deberse a un estrés hídrico que hubo por problemas con la válvula de riego que conducía el agua y los nutrientes hacia dichos tratamientos. Salisbury y Clean (1994), indican que la falta de agua y altas temperaturas influyen a que los estomas de la planta se cierren (resistencia estomática), no permitiendo el paso de CO_2 , de tal forma que la capacidad de la planta para fotosintetizar se ve disminuida. A esto, Leskovar (2001) menciona que en condiciones óptimas de temperatura y luminosidad, aumenta la fotosíntesis y la respiración siempre que no haya limitaciones de agua, CO_2 y nutrición.

De acuerdo a Gaastra (1962), menciona que la resistencia estomática influye en gran parte en la tasa de asimilación de CO_2 , de tal manera que la asimilación de CO_2 disminuirá a medida que la resistencia aumenta, a si mismo Páez *et al* (2000), indica que la mayor fotosíntesis en la planta corresponde a una mayor conductancia estomática, por el contrario una menor fotosíntesis corresponde a una menor conductancia estomática (mayor resistencia estomática). Esto coincide con los resultados encontrados, donde se puede observar que el tratamiento 3 y 2 que presentaron los mayores valores ($2.13 \text{ s}\cdot\text{cm}^{-1}$ y $2.53 \text{ s}\cdot\text{cm}^{-1}$) de resistencia estomática fueron los de menor fotosíntesis; y los tratamientos 4 ($1.32 \text{ s}\cdot\text{cm}^{-1}$) y 1 ($1.11 \text{ s}\cdot\text{cm}^{-1}$) presentaron las fotosíntesis más altas. En forma general los tratamientos tuvieron un comportamiento similar en la fotosíntesis realizada al momento de la medición.

Peso de Materia Seca

Los resultados del análisis sobre la producción de la materia seca en las plantas de tomate var. Floradade, son estadísticamente no significativos. Lo que

quiere decir, que los cuatro tratamientos mantuvieron el mismo comportamiento en producción de materia seca.

Los resultados del análisis indican que la respuesta de las plantas en producción de materia seca total fue similar (Cuadro, 4.3). Las plantas del tratamiento 4 (200-140-300) a 33 ddt (días después del trasplante), obtuvieron una mayor ganancia de materia seca de 3.32 g más con respecto al tratamiento 1 (500-350-750), en cambio las plantas del tratamiento 3 (300-210-450) superaron al testigo con 0.05 g más; siendo las plantas del tratamiento 2 (400-280-600) las que presentaron una menor ganancia que representa el 0.36 g menos de materia seca con respecto al tratamiento 1 (testigo).

Para el segundo muestreo (54 ddt), los tratamientos 2, 3 y 4 superaron al tratamiento 1 (testigo) presentando mayor ganancia de materia seca con 20.35 , 18.12 y 11.23 g más con respecto al testigo.

Cuadro 4.3 Comparación de la producción de materia seca total (g) en tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición.

Tratamiento	Dosis de Nutrientos kg·ha ⁻¹			Materia Seca Total g·planta ⁻¹		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	33 ddt	54 ddt	113 ddt
1	500	350	750	21.03	91.16	512.3
2	400	280	600	20.67	111.51	334.89
3	300	210	450	21.08	109.28	411.82
4	200	140	300	24.35	102.39	637.14
C.V.%				26.98	15.82	39.69
Sig.				NS	NS	NS

C.V. Coeficiente de variación

Sig. significancia

NS No significativo

El comportamiento de los tratamientos a los 113 ddt, el tratamiento 4 superó al testigo con 124.84 g más, mientras que los tratamientos 3 y 4 presentaron 100.48 y 177.41 g menos que el testigo.

Páez *et al* (2000), mencionan que la cantidad de materia seca producida por una planta individual es un indicador de su capacidad de utilización de los recursos disponibles para el crecimiento vegetal. En nuestro caso se podría pensar que existe una relación importante entre el área foliar y la acumulación de materia seca como indica Angles (2001) que a mayor superficie foliar, mayor intercepción de la radiación y mayor fotosíntesis bruta. Ya que a los 54 ddt el tratamiento 1 fue el que menor área foliar y menor materia seca presentó, de igual forma, a los 113 ddt este tratamiento fue el que menor área foliar y menor materia seca tuvo.

Angles (2001), menciona que la luz, CO₂, agua, nutrimentos, oxígeno y una temperatura adecuada son factores básicos en el proceso de la fotosíntesis, el cual es, a su vez, generador de biomasa. La fotosíntesis en esta etapa de floración y cuajado (4^a y 5^a quincena) mostró que a mayor fotosíntesis menor producción de materia seca total, aunque para esta etapa no existió diferencia significativa en fotosíntesis y en materia seca (Cuadros 4.2 y 4.3).

El comportamiento de acumulación de materia seca para cada órgano, a 54 ddt, muestra que en esta etapa es donde ocurre una acumulación intensa de biomasa aérea, siendo las hojas el mayor componente del cuerpo de la planta (Cuadro 4.4). Bugarin (2002), menciona que la producción de hojas, tallos, raíces y órganos de almacenamiento en cualquier momento, depende de las tasas de crecimiento precedentes y de la partición de los incrementos de materia seca sobre las diferentes partes de la planta. A los 54 ddt las plantas emplean su energía para la formación de órganos de absorción y fotosíntesis.

Cuadro 4.4 Comparación de la materia seca para cada órgano de la planta de tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición, a 54 ddt.

Tratam.	Dosis de Nutrimientos kg·ha ⁻¹			Peso de Materia Seca (g)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Tallo	Hojas	Frutos	Total
1	500	350	750	41.46	45.33	4.37	91.16
2	400	280	600	51.77	57.5	2.24	111.51
3	300	210	450	47.26	53.6	8.42	109.28
4	200	140	300	44.06	50.69	7.64	102.39
C.V.%				16.46	16.66	50.75	
Sig.				NS	NS	NS	

C.V. Coeficiente de variación

Sig.= Significancia

NS= No significativo

De igual manera, Chirinos *et al* (1999), señalan que dependiendo de la etapa de desarrollo, la materia seca acumulada se distribuye de manera diferente en cada uno de los órganos de la planta.

En esta fecha el tratamiento 2 fue el que acumuló más materia seca seguido del tratamiento 3, tratamiento 4 y el tratamiento 1 (cuadro 4.4). los tratamientos no influyeron significativamente en la acumulación de materia seca para cada órgano; sin embargo el tratamiento 2 fue el que acumulo mayor materia seca para hojas y tallos en esta fecha pero no así en los frutos, ya solo presento el 2% del total. Como se puede observar en el cuadro 4.4, los tratamientos siempre superaron al tratamiento testigo a excepción del tratamiento 2 en que presento menor cantidad de materia seca en frutos en esta fecha.

Como ya se mencionó, existe una relación entre área foliar y producción de materia seca, ya que el tratamiento 2, fue el que presento mayor producción de materia seca en hojas, lo que coincide con el tratamiento que mayor área foliar presentó, igual que los demás tratamientos presentaron el mismo comportamiento a los 54 ddt .

Chirinos *et al* (1999), mencionan que en esta etapa las hojas representan el principal órgano vegetativo, cuya actividad fotosintética es la base de su crecimiento para dar paso luego al desarrollo de otros órganos y que la acumulación de materia seca indica el crecimiento de la planta.

Al final el que acumuló mayor cantidad de materia seca total fue el tratamiento 2 con 22.32% (20.35 g), el tratamiento 3 con 19.88% (18.12 g) y el tratamiento 4 con 12.32% (11.23 g) más con respecto al testigo (91.16 g).

El cuadro 4.5, muestra los resultados del tercer muestreo de materia seca a 113 ddt, en la cual el tratamiento 4 fue el que mejor se mantuvo, acumulando mayor materia seca total después del tratamiento testigo con 21.94% más que este.

Cuadro 4.5 Comparación de la materia seca para cada órgano de la planta de tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición, a 113 ddt.

Tratam	Dosis de nutrimentos			Peso de Materia Seca (g)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Tallo	Hojas	Frutos	Total
1	500	350	750	69.19	75.15	369.96	514.3
2	400	280	600	78.94	78.82	177.14	334.99
3	300	210	450	114.60	112.5	184.71	411.82
4	200	140	300	148.99	143.44	334.70	627.13
C.V.%				22.26	38.72	27.23	
Sig.				NS	NS	NS	

C.V. Coeficiente de variación

Sig.= Significancia

NS= No significativo

Se puede observar que existe un crecimiento acelerado de los frutos, alcanzando valores entre 44 y 72% en proporción al peso de materia seca total de la planta. Como podemos ver el tratamiento testigo fue el que mayor producción de materia seca obtuvo en frutos (369.96 g); siendo superior a los tratamientos 4, 3 y 2 con 35.26, 185.25 y 192.82 g menos que el testigo. También se puede observar que el tratamiento 1 mostró menor materia seca en hojas que corresponden a un 14.61% del total de materia seca de la planta de este tratamiento; y el tratamiento 4 que tuvo el 22.87% del total de materia seca

de la planta mostró menor materia seca en frutos, pero fue el más alto en materia seca total con 21.93% más que el tratamiento testigo, mientras que el tratamiento 2 fue el que menor materia seca acumuló de los cuatro tratamientos, en sus diferentes órganos y en el total de este.

Numero de Frutos

En esta variable se contó el número de frutos totales de dos cortes (71 y 80 ddt) que fue el resultado de la selección de dos categorías de frutos; se puede observar que solo el segundo corte (80 ddt) presentó diferencia estadísticamente significativa, en la variable de frutos no comerciales, mientras para el primer corte (71 ddt) no existió significancia estadística. (Cuadros, 4.6 y 4.7).

Para el primer corte (71 ddt), el tratamiento 3 (300-210-450) fue el que obtuvo menor número de frutos dañados, con 8.79% de frutos dañados y 91.21% de frutos comerciales del total de frutos, aunque fue el tratamiento con menor rendimiento total en este corte con 763.78 frutos menos que el testigo (Cuadro, 4.6).

Cuadro 4.6 Comparación del número de frutos por hectárea en tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición, a 71 ddt.

Trat.	Dosis de Nutrientes			No comerciales		Comerciales		Total
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Frutos·ha ⁻¹	%	Frutos·ha ⁻¹	%	
1	500	350	750	2083.33	29.41	4999.99	70.59	7083.32
2	400	280	600	2013.89	24.37	6249.99	75.63	8263.88
3	300	210	450	555.55	8.79	5763.99	91.21	6319.54
4	200	140	300	1388.88	17.09	6736.11	82.91	8124.99
C.V. %				29.80		24.02		
Sig.				NS		NS		

C.V. Coeficiente de variación

Sig.= Significancia

NS= No significativo

El tratamiento 1 (testigo) obtuvo un total 7083.32 frutos en este corte presentando un 29.41% de frutos dañados (2083.33 frutos) y 70.59% de frutos comerciales (4999.99 frutos) del total de frutos; ocupando el tercer lugar en rendimiento para este corte, pero fue el que mayor número de frutos dañados y por lo tanto menor número de frutos comerciales. Los tratamientos 4 y 2 presentaron un porcentaje bajo de frutos dañados en este corte con 17.09 y 24.37% respectivamente. Por lo tanto, el tratamiento 1 fue el que produjo un mayor porcentaje de frutos dañados y menor porcentaje de frutos comerciales .

En lo que se refiere a frutos dañados en este corte, los tratamientos 3 , 4 y 2 disminuyeron la cantidad de frutos dañados comparados con el testigo (2083.33 frutos dañados) con 1527.78, 694.45 y 69.44 frutos menos respectivamente. Mientras que en frutos comerciales, los tratamientos 4, 2 y 3 superaron al testigo (2083.33 frutos) en ese orden, con 1736.12, 1250 y 764 frutos comerciales más.

Para el número de frutos a 80 ddt, los tratamientos presentaron un efecto significativo en la variable de frutos dañados (Cuadro 4.7).

El tratamiento 2 (55901.77 frutos) obtuvo mayor producción total en este corte, 20207.33 frutos (56.61%) más que el testigo (35694 frutos), seguido del tratamiento 4 (46388.88 frutos) con 10694.44 frutos (29.96%) más que el testigo, mientras que el tratamiento 3 (29305.54 frutos) no supero al testigo obteniendo 6,388.9 frutos menos.

Cuadro 4.7 Comparación del número de fruto por hectárea en tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición, a 80 ddt.

Trat.	Dosis de Nutrientes			No comerciales		Comerciales		Total
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Frutos·ha ⁻¹	%	Frutos·ha ⁻¹	%	
1	500	350	750	7569.44ab ^y	21.20	28125.00	78.80	35694.44
2	400	280	600	16388.89a	29.32	39513.88	70.68	55901.77
3	300	210	450	4374.99b	14.93	24930.55	85.07	29305.54
4	200	140	300	9305.55ab	20.06	37083.33	79.94	46388.88
C.V. %				28.70		24.58		
Sig.				*		NS		

C.V.= Coeficiente de variación

Sig.= Significancia

NS= No significativo

^y= medias con letras iguales dentro de cada columna y de cada tratamiento son iguales, según la prueba de DMS ($p \leq 0.05$).

Aunque el tratamiento 2 obtuvo un mayor número de frutos totales en este corte, presentó un 29.32% de frutos dañados y 70.07% de frutos comerciales. Mientras que el tratamiento 3 obtuvo un 14.93% de frutos dañados y un 85.07% de frutos comerciales del total que presentó (29305.54 frutos), siendo este el que menos rendimiento total produjo con 6388.9 frutos menos que el testigo.

Los tratamientos 2 y 4 alcanzaron los rendimientos más altos en frutos comerciales con 11388.88 frutos (40%) y 8958.33 frutos (31.85%) comparados con el testigo, mientras que el tratamiento 3 tuvo 3194.45 frutos menos que el tratamiento testigo.

De los frutos no comerciales, el tratamiento 3 tuvo 3194.45 frutos dañados menos que el testigo (7569.44 frutos), mientras el tratamiento 2 superó al testigo con 1527.78 frutos dañados más.

Rendimiento

El rendimiento se evaluó a base de siete cortes, y se seleccionaron en dos categorías de calidad: tomates comerciales y tomates no comerciales.

De acuerdo con los análisis de varianza para el rendimiento no comercial no hubo diferencia significativa entre los tratamientos en tres fechas de los siete cortes, siendo similar el comportamiento de éstos; en cambio, cuatro cortes si mostraron diferencia significativa (Cuadro 4.8).

El tratamiento 4 (200-140-300) produjo mayor producción total (11.210 t·ha⁻¹) de rendimiento no comercial; partiendo del cuarto corte fue el de mayor producción en esta variable, alcanzando 1.852 t·ha⁻¹ más que el testigo.

Cuadro 4.8 Comparación de medias del rendimiento no comercial de siete cortes de tomate bajo acolchado y fertirriego.

Tratamiento	Dosis en kg·ha ⁻¹			Rendimiento t·ha ⁻¹							
				Cortes							TOTAL
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	1	2	3	4	5	6	7	
1	500	350	750	0.123	0.164	0.721a ^y	0.479b	3.370	3.600a	0.899b	9.358
2	400	280	600	0.112	0.266	0.432ab	1.273a	2.496	1.028b	1.597ab	7.205
3	300	210	450	0.029	0.251	0.072b	0.198b	3.075	2.856ab	2.385a	8.866
4	200	140	300	0.048	0.248	0.417ab	0.509b	3.778	3.800a	2.407a	11.210
C.V. %				7.3	10.72	16.44	18.24	18.38	39.38	22.35	
Sig.				N.S.	N.S.	*	*	N.S.	*	*	

C.V. Coeficiente de variación

Sig.= Significancia

NS= No significativo

^y= medias con letras iguales dentro de cada columna y de cada tratamiento son iguales, según la prueba de DMS ($p \leq 0.05$).

El tratamiento 2 (400-280-600) obtuvo menor producción total (7.205 t·ha⁻¹) de rendimiento no comercial y de rendimiento total, pero se debió a que presentó problemas con nemátodos; González (1996) trabajó con plantas de tomate y observó que una concentración nutrimental baja influye más severamente en la infección de las plantas por enfermedades y disminuye la producción de frutos. En nuestro caso los nemátodos si influyeron de manera

drástica en el rendimiento pero no podemos decir que fue el peor tratamiento porque fue un factor externo que no estaba a consideración en la evaluación y las condiciones en que se presentó no fueron generales.

La obtención de frutos de buena calidad, aunada a altas producciones por unidad de superficie, están influenciados en un gran porcentaje por la fertilización (León y Arosamena, 1980), por su parte Velasco (1999), indica que las plantas que reciben una nutrición mineral balanceada son más tolerantes a las enfermedades, que cuando uno o más nutrimentos son abastecidos en cantidades excesivas o deficientes. Pero también el rendimiento de frutos (en fresco) incrementa a medida que se aumenta la fertilización.

Para el rendimiento comercial existió diferencia significativa en los tratamientos en los cortes 5 y 6, para el resto de los cortes los tratamientos se comportaron estadísticamente iguales (Cuadro, 4.9).

Cuadro 4.9 Comparación de medias del rendimiento comercial de siete cortes de tomate bajo acolchado y fertirriego con diferentes dosis de nutrición.

Tratamiento	Dosis en kg·ha ⁻¹			Rendimiento t·ha ⁻¹							
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cortes							TOTAL
				1	2	3	4	5	6	7	
1	500	350	750	0.616	0.994	2.774	5.182	20.405a ^y	7.531a	3.552	41.05
2	400	280	600	0.775	0.781	3.284	2.722	7.538b	1.876b	2.521	19.50
3	300	210	450	0.692	1.013	2.522	2.875	13.043ab	8.669a	6.396	35.21
4	200	140	300	0.856	0.896	3.572	4.983	19.618a	7.752a	4.756	42.43
C.V.%				23.05	16.21	25.61	36.41	26.27	29.63	19.18	
Sig.				N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*	*	N.S.	

C.V. Coeficiente de variación

Sig.= Significancia

NS= No significativo

^y= medias con letras iguales dentro de cada columna y de cada tratamiento son iguales, según la prueba de DMS ($p \leq 0.05$).

Se puede observar que la producción máxima del cultivo se alcanzó en el quinto corte, donde el tratamiento testigo superó a los demás tratamientos; pero en el rendimiento total, el tratamiento 4(42.43 t·ha⁻¹) supero al testigo (41.05

t·ha⁻¹) en un 3.36% (1.380 t·ha⁻¹), de igual manera Armenta *et al* (2001) evaluaron nueve soluciones nutritivas en tomate, el tratamiento testigo consistió en emplear una solución equivalente a la fertilización que emplean los productores en el valle de Culiacán, quienes aplican 450 kg de N, 270 kg de P₂O₅ y 600 kg·ha⁻¹ de K₂O en el riego por goteo en condiciones de campo.

Los resultados indican que el tratamiento que aplican los productores en Sinaloa permite obtener altos rendimientos, si embargo, las cantidades de fertilizantes son excesivas, esto comparado con la media de otra solución que equivale a 306, 119 y 246 kg de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, lo que representa 47, 127 y 144% de fertilizante en exceso, en el orden indicado.

El tratamiento 2 mostró un rendimiento muy bajo (19.50 t·ha⁻¹); en los tres primeros cortes fue similar su comportamiento a la de los demás tratamientos, pero a partir del cuarto corte su rendimiento fue decayendo, reflejándose al final en el rendimiento siendo el que menor rendimiento obtuvo con 21.55 t·ha⁻¹ menos respecto al testigo.

Rendimiento acumulado

En la figura 4.1, se muestra que el comportamiento de los tratamientos evaluados durante los siete cortes fueron similares hasta el quinto corte, para el sexto corte el tratamiento 2 mostró una baja en su rendimiento, debido al ataque de nemátodos, ocasionando esto que bajara su rendimiento .

El tratamiento 4 fue el que mostró mayor rendimiento no comercial, empezándose a notar hasta el quinto corte. Pero mostró un comportamiento similar con el tratamiento 1 hasta el sexto corte.

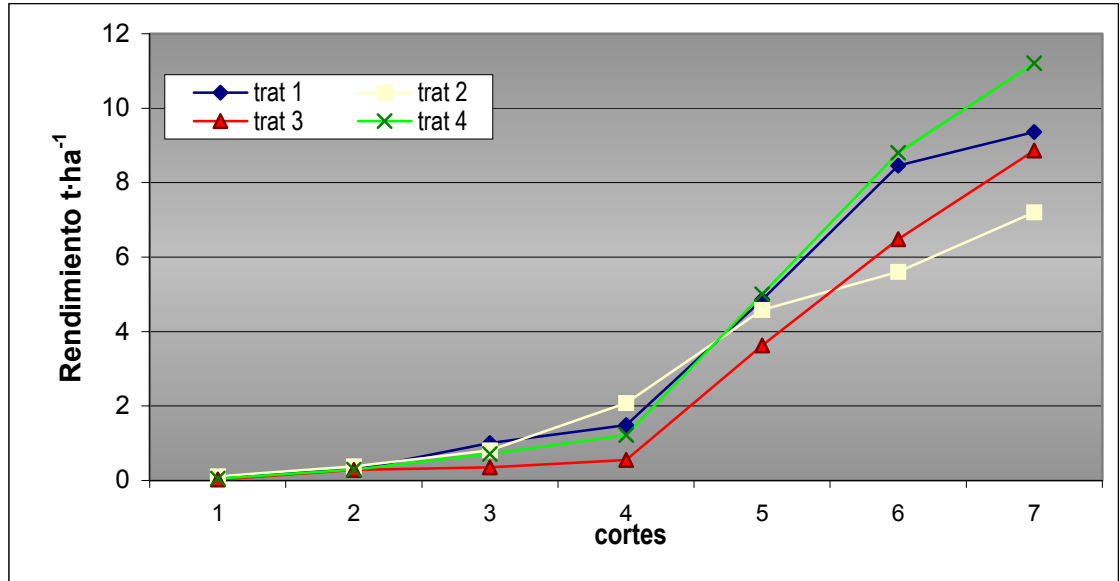


Figura 4.1 Rendimiento no comercial acumulado de tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición.

La figura 4.2 muestra el rendimiento acumulado comercial, en el cual se puede ver que los tratamientos muestran el mismo comportamiento que en el rendimiento no comercial, lo que indica que el rendimiento fue relativo en estas dos variables.

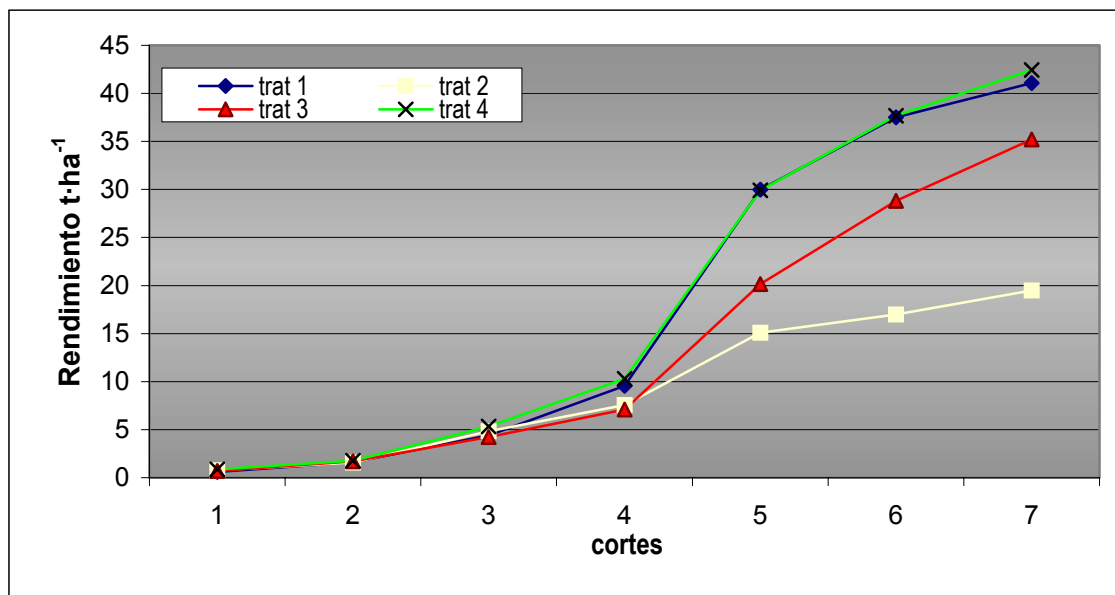


Figura 4.2 Rendimiento comercial acumulado de tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición.

También muestra que el tratamiento 2 en el quinto corte muestra esa baja en su rendimiento, la que mantiene hasta el final del muestreo. Mientras que los tratamientos 4 y 1 (testigo) muestran el mismo comportamiento hasta el final del muestreo.

El comportamiento de los tratamientos fue similar en rendimiento acumulado comercial y en rendimiento acumulado no comercial. Al final los tratamientos 4 y 1 alcanzaron los más altos rendimientos.

En resumen, el cuadro 4.10 muestra que el tratamiento 4 fue mejor a los demás tratamientos, superando al testigo en un 3.36% ($1.380 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), 19.79% ($1.852 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) y 6.41% ($3.232 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) más respectivamente para rendimiento comercial, no comercial y total; pero esto representa un 79.10% de rendimiento comercial y 20.90% del rendimiento no comercial, de su rendimiento total. Comparado con el testigo que obtuvo un 81.43% de rendimiento comercial y 18.56% de rendimiento no comercial de su rendimiento total, el tratamiento 1 (testigo) mostró menor por ciento de rendimiento no comercial que los demás tratamientos al igual que mostró mayor rendimiento comercial.

López (2001), obtuvo un rendimiento en tomate cv Floradade bajo acolchado y fertirriego, con una relación de 1:1.5 (N:K) y una dosis de 500-350-750 de N-P-K; un rendimiento total de $81.333 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ con un $4.79 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de rendimiento no comercial (5.9%) y $76.540 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ de rendimiento comercial (94.1%). Los resultados del presente estudio no concuerda con los datos obtenido por López, ya que el rendimiento comercial en el tratamiento 1 (el de mejor porcentaje) $41.05 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (81.43%) y $9.358 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ (18.56%) de rendimiento no comercial, esto representa mayores porcentajes de rendimiento no comercial.

Cuadro 4.10 Rendimiento total en tomate bajo acolchado plástico y fertirriego con diferentes dosis de nutrición.

Tratamiento	Dosis de nutrientes kg·ha ⁻¹			Rendimiento t·ha ⁻¹		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Comercial	No comercial	Total
1	500	350	750	41.05	9.358	50.408
2	400	280	600	19.50	7.205	26.705
3	300	210	450	35.21	8.866	44.076
4	200	140	300	42.43	11.210	53.640

Bugarin *et al* (2002), indica que en el transcurso del periodo de corte de frutos es cuando el cultivo demanda mayor cantidad de nutrientes y, en consecuencia, cualquier déficit nutrimental durante este lapso repercutirá, de manera negativa, sobre el rendimiento del cultivo. Al bajar la dosis de nutrición, observamos que existió un incremento en el rendimiento, pero también se presentó una baja en la calidad del fruto, ya que el tratamiento 1 mostró mayor porcentaje de frutos comerciales y al contrario menor porcentaje de frutos dañados con respecto a su total.

CONCLUSIONES

Al disminuir la dosis nutrimental en el cultivo de tomate el comportamiento fisiológico no vario estadísticamente en comparación con dosis más altas, sin embargo algunas variables tuvieron un comportamiento más eficaz, por lo que se puede afirmar que al disminuir la fertilización podemos obtener resultados favorables.

El área foliar, el rendimiento, la producción de materia seca total y el peso seco de los órganos fueron mayores al disminuir la dosis de nutrimentos.

La aplicación de la dosis 200-140-300 (N,P,K) mostró los mejores resultados en el desarrollo del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Angles, M. 2001. Control climático y ciclo del cultivo. Ediciones de Horticultura. No 152.
- Armenta, A.; G. A. Vaca; G. Alcantar; J. Kohashi; J.G. Valenzuela y A. Martínez. 2001. Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. Revista Chapingo Serie Horticultura, 7 (1):61-75.
- Bugarin M., R.; A. Galvis; P. Sánchez y D. García. 2002. acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total de tomate. Terra 20:401-409.
- Burgueño, H.1996. Fertirrigación: la Solución del Suelo, Concentración y Movimiento de los Nutrientes. Productores de Hortalizas, Año 5, 7:16-17.
- Cadahia L., C. 1998. Ferti-irrigacion : Cultivos Hortícolas y Ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- CIQA (Centro de Investigación en Química Aplicada). 2001. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura. Saltillo, Coahuila.
- Chavez, C. 1997. Fertirrigación: Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo , Coahuila, México.
- De la Rosa I., M. 2002. Metodología en publicación.
- Edmond, J. E., Senn, T. L. y F. S Andrews, 1984. Principios de Horticultura. 7ª edición , Editorial Continental. México, D.F.
- Elizalde R. 2002. Comisión para la Investigación y Defensa de la Hortalizas (CIDH). <http://www.cidh.org.mx/accidh.php>
- García, G. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2ª edición. UNAM, México.
- Gaastra, P. 1962. Photosynthesis of leaves and field crop. Neth. Jour. Agric. Sci. 10:311-324.

- Gil V, I.; Hernández O., J; Bastida T., A.; Miranda V., I.; y Reyes R., D. S. 1997. Manual Practico de Producción de Jitomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill) Hidropónico bajo invernadero. publicaciones ACRIBOT. Universidad Autónoma de Chapingo.
- González R., M. 1996. Efecto de niveles nutrimentales en las infecciones de TEV Y TSWV en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Guillen G., O. 1991. Determinar la dosis optima de un regulador de crecimiento (biozyme T.F.) para obtener máximos rendimientos en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) var. Pasacetter 490 en suelos alcalinos. Tesis presentada para obtener el titulo de Ing. Agrónomo en Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.
- Gurovich L., A. 1999. La Ferti-irrigación al inicio del próximo milenio posibilidades y desafíos. Memoria del 4º Simposium internacional de Ferti-irrigación, Guadalajara, Jalisco, México.
- Heuvelink, E. 1977. Efecto de la carga de frutos en la partición de materia seca en la planta de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia Horticulturae*. 69:51-59.
- Ibarra J. L. y Rodríguez P. A. 1991. 1ª edición. Acolchado de suelos con películas plásticas. Editorial Limusa. México, D.F.
- Imas, P. 1999. Manejo de nutrientes por fertirriego en sistemas frutihortícolas. Presentado en el XXII Congreso argentino de Horticultura. Tucumán, Argentina.
- INTA, 2003. Fertilizantes y Soluciones Concentradas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina.
<http://www.fertilizar.org.ar/articulos/Fertilizantes%20y%20Soluciones%20Concentradas.htm>
- León G. H. M. y Arosamena D. M. 1980. El cultivo de tomate para consumo fresco en el valle de Culiacán, INIA, SARH. Culiacán, Sinaloa, México.
- Leskovar, D.I. 2001. Producción y ecofisiología del trasplante hortícola. 1er simposio Nacional Técnicas Modernas de Producción de Tomate, Papa y otras Solanaceas. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- López G., M. 2001. Comparación de Tres Relaciones de N-K en Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) con Acolchado Plástico y Fertirriego. Tesis presentada para obtener el titulo de Ing. Agrónomo en Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.

- Ludwick A. E. 1996. La deficiencia del potasio puede reducir las ganancias de los tomates para procesar. *Productores de hortalizas*. Año 5, 7:36.
- Maroto B. J. V. 1989. *Horticultura Herbácea especial*. Editorial Mundi-prensa, Madrid, España.
- Marquez M. Y. y J. J. Zamora. 1978. *Guía para el control de los hongos en el cultivo de tomate, utilizando el sistema de fertigación*. Merck Sharp y dohw, México.
- Medina San Juan, J. A. 1988. *Riego por Goteo: Teoría y Practica*, 3ª edición. Ediciones mundi-prensa. Madrid, España.
- Muñoz R. M., Altamirano C. J., Carmona M. J., Trujillo F. J., López C. G. y Cruz A. A. 1995. *Desarrollo de ventajas competitivas en la agricultura: el caso del tomate rojo*. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Nuez F. 1995. *El Cultivo del Tomate*. Ediciones Mundi-prensa. España.
- O'Keeffe K. 2000. *Fertirrigación: La conducción de agua y fertilizante ayuda a mejorar los sistemas productivos*. *Productores de Hortalizas*, Año 9,4:12.
- Páez, A., V. Paz y J.C. López. 2000. *Growth and physiological responcees of tomato plant cv. Rió Grande*. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 17:173-184.
- Papaseit P., Badiola J. y Armengol E. 1997. *Los plásticos y la agricultura*. Ediciones de Horticultura. España.
- Productores de Hortalizas*, 2003. *Conceptos de Fertigación en Invernaderos*. Año 12, 3:40-41.
- Pronapa, 1988. *Memorias del curso uso de películas de plástico como arropado del suelo para la producción agrícola*. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto de Investigación Forestal y Agropecuaria, y Centro Nacional de Investigación Disciplinaria. Gómez Palacio, Durango. Pp 64-67.
- Robledo de Pedro F. y L. Martín V. 1988. *Aplicación de plásticos en la agricultura*. 2ª edición. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España.
- Rodríguez D. E. 1999. *Problemas y soluciones en el empleo de la fertirrigación*. Memoria del 4º simposium internacional de Ferti-irrigación, Guadalajara, Jalisco, México.

- Rodríguez M. 1983. Manual de Fertilizantes. 5ª reimpression . Centro Regional de Ayuda Técnica de USA. Editorial Limusa. México, D.F.
- Rojas, G. M. 1984. Fisiología Vegetal Aplicada. 2ª edición. Ed. McGraw-Hill. México.
- Rojas, R. L. y Briones S., G. 2001. Sistemas de Riego. División de Ingeniería. Depto. Riego y Drenaje. Impreso en Talleres de la UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- SAGARPA-SIAP (Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2003. Información Oportuna de Mercados. SAGARPA <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/default.htm>.
- Salisbury, F.B. y Clean, R.W. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamerica. México, DF.
- Serrano, C. Z. 1978. Tomate, Pimiento y Berenjena en Invernadero. Publicación de Extensión Agropecuaria. Madrid, España.
- Soto R. 1996. Principios de Fertirriego. Agricultura de las Américas, año 45, no. 5. pp: 6-10.
- Tisdale S. L. y Nelson W. L. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. 2ª edición. Unión Topográfica Editorial Hispanoamericana, México, D.F.
- Toovey E.W. et al, 1965. Producción comercial de tomates. Editorial Acribia. España.
- Valadez, L. A. 1993. Producción de hortalizas. Editorial Limusa. Cuarta impresión. México.
- Velasco M. H. A., 1960. Elementos de fertilidad del Suelo. Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro, Buenavista, Coahuila.
- Velasco V., V. A. 1999. Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. Terra. Vol. 17; 3:194-200.
- Villegas V. C. 1999. Principios básicos de nutrición vegetal aplicada a la producción de cultivos. Memoria del 4º simposium internacional de Ferti-irrigación, Guadalajara, Jalisco, México.
- Woo R. J. L. ., 1997. Fertilización foliar de tomate (*licopersicum esculentum* Mill.) con el uso de Agroplásticos. Tesis presentada para obtener el grado de maestro en ciencias en suelos, Programa de Postgraduados. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.