

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**La Fertilización Complementaria en el Cultivo de Zanahoria
(Daucus carota L).**

POR:

OSCAR ARNULFO MADRIGAL SANTANA

TESIS

**Presentada como requisito parcial para
Obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México
Diciembre del 2003**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

**La Fertilización Complementaria en el Cultivo de Zanahoria
(Daucus carota L).**

POR:

OSCAR ARNULFO MADRIGAL SANTANA

TESIS

**Que Somete a Consideración del H. Jurado examinador
Como requisito para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR:

**M. C. Alberto Sandoval Rangel
ASESOR PRINCIPAL**

**Dr. Jesús García Camargo
ASESOR EXTERNO**

**Ing. Elyn Bacó pulos Téllez
ASESOR**

**M. C. Arnoldo Oyervides García
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre del 2003.

DEDICATORIAS.

A mis padres.

Prof. Arnulfo Madrigal Sepúlveda.

Sra. Maria Guadalupe Santana Frías.

Por el gran cariño que siempre me han brindado y por la confianza que depositaron en mi, al darme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales.

A mis abuelos.

Emerio Madrigal Mandujano.

Maria Cruz Sepúlveda Barragán.

Sidonio Santana Lorenzana (†).

Maria Frías Beas.

Por haberme dado todo el cariño a lo largo de mi vida.

A mis hermanos.

Elsa Azucena Madrigal Santana.

Cristian Madrigal Santana.

Quienes siempre han depositado en mi su confianza incondicional.

A mis tíos.

Benigno, Carlota, Emerio, Elsa (†) y Angélica Madrigal Sepúlveda.

José, Justino, Epifanio, Estela (†), Alicia e Ismael Santana Frías.

Por su apoyo tanto moral como económico brindado durante mi estancia en la universidad.

A mis primos.

Sidonio, Fabiola, José, Ma. Magdalena, Verónica y Roberto Santana Barragán.

Jesús, Justino, Fernando, Alberto y Víctor Santana Rubio.

Sonia, Jorge, Nereida y Elvis Santana León.

Reynalda, Fernando y Blanca Estela Beleche Santana.

Misael Santana Gómez.

Samuel, Adolfo y Omar Ojeda Madrigal.

Víctor Hugo, Ángel, Paola y Freddy Beleche Madrigal.

A mis compañeros y amigos de la generación XCVI de la especialidad de horticultura, en especial a José Nemorio González Preciado y Leonides Manuel Mena García.

A los miembros del equipo representativo de FUTBOL SOCCER de nuestra ALMA MATER, en especial al entrenador Ing. Víctor Ibarra.

A todos mis paisanos en especial a Ignacio Espinoza (†), Vicente Álvarez, Raúl E. Rodríguez, Moisés E. González, Noe Frías, Ignacio Arias, Pablo Urdiano, J. Gregorio Anguiano, Felipe A. Cueto, Sesar Ojeda, Luis A. Solano, Francisco J. Rodríguez, Arturo Barragán, Ramiro Álvarez, J. Ramón Chávez, J. Guillermo Larios, Silvino Hernández, Juan R. Jiménez, Renato Preciado, Gerardo Solórzano, J. Jesús Reynaga, Ernesto Jiménez, Mariano Frías, Sergio Martínez, Jaime Beas, Oscar A. Solórzano, Mariela Frías, Martha P. Cueto, Maria de J. Anguiano.

A mis amigos.

Arcenio Madrigal, Felipe Mundo, Ricardo y Roberto Álvarez, Luis Beas, Eduardo Vidrio, Luis A. Barragán, José Álvarez, Guillermo y Omar Barragán.

A todos ellos que conmigo compartieron momentos de tristeza y felicidad durante el transcurso de mi carrera.

A una persona muy especial, por los momentos de tristeza y felicidad que compartimos juntos, por tu amistad mil gracias, Merlym Mariana Ricardo Peña.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios, por brindarme paz y tranquilidad en el transcurso de mi vida.

A mis padres, gracias por los ruegos de cada día y sus bendiciones que siempre me motivaron a seguir adelante.

A nuestra **ALMA MATER**, por los múltiples servicios que me facilitó y que contribuyeron a mi formación profesional.

Al M.C. Alberto Sandoval Rangel con respeto y admiración quien en todo momento con su apoyo y consejos, como maestro y amigo, me ayudó a dar un paso adelante en mi vida profesional y en la terminación del presente trabajo.

Al DR. Jesús García Camargo por su grandiosa colaboración y asesoría en la realización de la presente investigación.

Al ING. Elyn Bacópulos Téllez mi más sincero agradecimiento por haberme asesorado en esta investigación y por su gran amistad y confianza.

En general a todas aquellas personas que de alguna u otra manera colaboraron en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Generalidades del cultivo.....	3
Descripción del cultivo.....	3
Descripción botánica.....	3
Requerimientos del cultivo.....	4
Establecimiento del cultivo.....	5
Preparación del terreno.....	5
Sistemas y densidad de siembra.....	6
Prácticas de cultivo.....	7
Riego.....	7
Fertilización.....	7
Aclareo.....	7
Plagas y enfermedades.....	8
Cosecha y almacenaje.....	9

El fósforo en el suelo y planta.....	10
Funciones del fósforo.....	10
El fósforo en la planta.....	10
El fósforo en el suelo.....	11
Síntomas de deficiencia.....	12
Los microelementos.....	12
Importancia de los microelementos en la agricultura.....	12
El hierro en el suelo y planta.....	13
El hierro en el suelo.....	13
Formas y función de hierro en las plantas.....	13
Síntomas de deficiencia.....	14
Síntomas de exceso.....	14
El zinc en suelo y planta.....	14
El zinc en el suelo.....	14
Formas y funciones del zinc en la planta.....	15
Síntomas de deficiencia.....	15
El manganeso en el suelo y planta.....	16
El manganeso en el suelo.....	16
Formas y función del manganeso en la planta.....	16
Síntomas de deficiencia.....	17
Síntomas de exceso.....	18
El boro en el suelo y planta.....	18
Funciones del boro.....	18
Síntomas de deficiencia.....	19
El molibdeno en el suelo y planta.....	19
El molibdeno en el suelo.....	19
Síntomas de deficiencia.....	20
Generalidades de los ácidos húmicos.....	21
Humus.....	21
Ácidos húmicos.....	22
Efectos sobre las características biológicas del suelo.....	24
Los Ácidos húmicos en la fisiología de la planta.....	25

MATERIALES Y METODOS.....	26
Localización del experimento.....	26
Descripción del sitio experimental.....	26
Clima.....	26
Suelo.....	26
Material vegetativo.....	27
Diseño experimental.....	27
Establecimiento del Experimento.....	28
Preparación del Terreno.....	28
Siembra.....	29
Fertilización.....	29
Deshierbes.....	31
Control de plagas y enfermedades.....	31
Variables evaluadas.....	32
Crecimiento.....	32
Peso fresco y peso seco total.....	32
Altura de la planta.....	33
Diámetro de la planta.....	33
Longitud de la raíz.....	33
Diámetro de la raíz.....	33
Rendimiento.....	34
Numero y peso de zanahorias / metro lineal.....	34
Longitud de la raíz.....	34
Diámetro de la raíz.....	34
Peso promedio de zanahorias.....	34

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
Crecimiento.....	35
Peso fresco y peso seco total.....	35
Altura de la planta.....	36
Diámetro de la planta.....	36
Longitud de la raíz.....	36
Diámetro de la raíz.....	36
Rendimiento.....	38
Numero y peso de zanahorias / metro lineal.....	38
Longitud de la raíz.....	39
Diámetro de la raíz.....	39
Peso promedio de zanahorias.....	40
CONCLUSIONES.....	41
LITERATURA CITADA.....	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de tratamientos.....	27
Cuadro 2. Distribución de los tratamientos.....	28
Cuadro 3. Dosis de aplicación.....	29
Cuadro 4. Composición de los ácidos húmicos.....	30
Cuadro 5. Composición del fósforo líquido.....	30
Cuadro 6. Composición de los microelementos.....	30
Cuadro 7. Composición de la fertilización balanceada.....	30
Cuadro 8. Medias para la variable de peso fresco total (PFT) y peso seco total (PST) en gr. a los 71, 97 y 128 DDS para los tipos de suelo y tratamientos de nutrición.....	35
Cuadro 9. Medias de la interacción tipo de suelo y tratamientos de nutrición (AXB), para las variables de peso fresco y peso seco total a los 128 DDS.....	36
Cuadro 10. Medias para la variable de altura y diámetro de planta, longitud y diámetro de raíz a los 128 DDS. Para los tipos de suelo y tratamientos de nutrición.....	37
Cuadro 11. Medias de la interacción tipo de suelo y tratamientos de nutrición (AXB), para las variables de altura y diámetro de planta, longitud y diámetro de raíz a los 128 DDS.....	37
Cuadro 12. Medias para las variables de número y peso total de Zanahorias / metro lineal a los 158 DDS para los tipos de suelo y los tratamientos de nutrición.....	38
Cuadro 13. Medias de la interacción tipo de suelo y tratamientos de nutrición (AXB), para las variables de número y peso total de zanahorias / metro lineal a los 158 DDS.....	39

Cuadro 14. Medias para las variables de longitud y diámetro de zanahoria a los 158 DDS para los tipos de suelo y los tratamientos de nutrición..... 39

Cuadro 15. Medias para la variable de peso promedio de zanahorias a los 158 DDS para los tipos de suelo..... 40

Cuadro 16. Medias de la interacción tipo de suelo y tratamientos de nutrición (AXB), para la variable de peso promedio de zanahorias a los 158 DDS..... 40

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la fertilización complementaria el cultivo de la Zanahoria (*Daucus carota* L). Se realizó el presente trabajo, en el invernadero del departamento de horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, durante el periodo de febrero a agosto del 2003. Se evaluaron 12 tratamientos en un diseño factorial AXB en bloques al azar con 2 repeticiones; donde el factor A= Tipos de suelo identificado como sigue: (1= Cebolla, 2= Pequeña propiedad y 3= Maíz) y el factor B= Tratamientos de fertilización (1= Testigo (manejo tradicional), 2= Fertilización tradicional + ácidos húmicos de lenta liberación LL (perla), 3= Fertilización tradicional + fósforo y microelementos y 4= Fertilización balanceada + fósforo y microelementos), en condiciones de invernadero. Las variables evaluadas fueron, peso fresco total, peso seco total, altura de la planta, diámetro de la planta, longitud de la raíz, y diámetro de la raíz durante el desarrollo del cultivo. Número y peso de zanahorias / metro lineal, diámetro y longitud de la zanahoria, y peso promedio de los frutos en la cosecha.

Los resultados obtenidos muestran que: el suelo 3 fue el de mejores características agrícolas, la aplicación de fósforo + microelementos fue el mejor tratamiento de fertilización complementaria en base a que: estimuló la producción de biomasa, materia seca, altura de planta, diámetro de raíz y el rendimiento expresado como número y peso de zanahorias por metro lineal, con la fertilización balanceada + fósforo y microelementos se obtuvo el mejor peso promedio de zanahorias, la mejor opción para este cultivo se dio al usar el suelo 3 con la fertilización de fósforo y microelementos.

INTRODUCCIÓN.

El cultivo de la Zanahoria ha mostrado un importante crecimiento en nuestro país desde 1975, a tal grado que se han duplicado tanto las áreas sembradas como la producción que actualmente se sitúa en las 300,000 toneladas. (Claridades agropecuarias, 2000). Así mismo se han incrementado las exportaciones, lo que señala sus posibilidades, sobre todo en el mercado norteamericano.

En los años noventa la producción de zanahoria se llevó a cabo en cerca de 21 estados, aunque sólo cinco en conjunto han concentrado cerca del 83% de la superficie sembrada y cosechada, así como el 85% de la producción. Estos estados son: Guanajuato, Puebla, Zacatecas, Estado de México y Baja California.

Este cultivo se explota bajo los diferentes sistemas de producción, riego rodado, aspersión y goteo. Generalmente en el riego rodado y aspersión la fertilización se aplica a la base con fertilizantes granulados y posteriormente se hacen refertilizaciones de la misma forma en las escardas.

Conociendo las ventajas de la fertirrigación que nos permite la aplicación precisa y oportuna de los fertilizantes a través del riego principalmente aquellos nutrientes de menor movilidad y disponibilidad como son el fósforo y los microelementos; consideramos que en la producción bajo riego por aspersión se puede aplicar los fertilizantes en forma complementaria a través del riego y de esta manera evitar deficiencias durante el desarrollo del cultivo.

Pero hace falta precisar la información para posteriormente hacerla llegar a los productores como una alternativa de manejo. Por lo anterior se planteo este trabajo con los siguientes:

Objetivos

Evaluar el efecto de la aplicación de:

1. Ácido húmico de lenta liberación aplicado al suelo.
2. Fertilizante fosfatado líquido y microelementos a través del riego.
3. Fertilización completa (Balanceada) en el riego.

Sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de la zanahoria en tres tipos de suelo.

Hipótesis:

La fertilización complementaria favorece el crecimiento y el rendimiento del cultivo de Zanahoria independientemente del tipo de suelo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del Cultivo.

Descripción del Cultivo.

La zanahoria (*Daucus carota* L.), tiene su centro de origen el continente asiático, la mayoría de los autores que han estudiado este cultivo coinciden en dar la misma opinión, aunque algunos otros piensan que es originaria de Europa y que algunas especies son nativas de Norteamérica.

La zanahoria ha sido cultivada desde hace largo tiempo; se comenzó con la agricultura primitiva. La forma silvestre es nativa de Asia y Europa, se encuentra a todo lo largo de Norteamérica y en muchos lugares es considerada una mala hierba. Todas las variedades cultivadas de zanahoria se consideran derivadas de esta forma (Martínez, 1990).

Descripción Botánica.

La zanahoria es una planta herbácea bianual, de la familia de la Umbelíferas del genero *Daucus* al cual pertenecen cerca de 60 especies.

El tallo es corto y aplanado durante el primer periodo de crecimiento; mientras que en el segundo es largo y erecto. Las hojas son compuestas muy segmentadas. La inflorescencia es una umbella. Las flores son individuales y hermafroditas de color blanco. La polinización es cruzada, por insectos o por el viento. Los frutos son esquizocarpos, compuestos de 2 mericarpos, son pequeños secos e indehiscentes, cada fruto individual tiene una semilla (Musser et al., 1957).

La raíz posee corteza ancha y abundante floema donde guarda la mayor parte de las reservas nutritivas.

Desde el punto de vista botánico se considera a la zanahoria como una planta dicotiledónea herbácea (Yamaguchi, 1983).

Requerimientos Generales del Cultivo.

La mayoría de los autores coinciden en que las temperaturas ideales para un buen desarrollo de la zanahoria son aquellas de clima templado, fresco y algo brumoso, sin embargo se adapta a un amplio rango de condiciones climáticas; el rango de temperaturas óptimas para el crecimiento de los tallos y hojas es de 18 a 24° C y para el crecimiento de raíces es de 15 a 21° C.

Casseres (1966 y 1980) dice que el rendimiento por unidad de superficie puede ser alto bajo condiciones ideales de temperatura, requiriendo una temperatura media anual de 15 a 18° C.

Con relación a los suelos, la zanahoria requiere de suelos bien drenados y ricos en humus dado su gran poder de absorción de nutrientes, además de profundos y sueltos que permitan ser arados hasta unos 30 centímetros. La zanahoria es un cultivo con un alto rango de adaptación ya que es cultivada casi en la totalidad de los cinco continentes, pero más apreciada en Europa que en Norteamérica (Thompson & Kelly, 1957).

De acuerdo a su pH, la zanahoria ha sido clasificada como ligeramente tolerante a la acidez, siendo su rango de pH de 6.8 a 6.5. En lo referente a salinidad, la zanahoria está clasificada como medianamente tolerante, con valores de 6400 a 2560 ppm o de 10 a 4 mmho.

Establecimiento del Cultivo.

Preparación de terreno.

Una buena preparación del terreno consiste básicamente en aflojar el suelo, desmoronar los terrones grandes y nivelar (CIAN-INIA, 1985).

Sistemas y densidad de siembra.

Se recomienda la siembra directa en surcos a tierra venida, a doble hilera, manual o mecánicamente. En forma manual y cuando la superficie es pequeña se sugiere el uso de una botella con tapón perforado y sembrar la semilla a chorrillo a ambos lados del surco, procurando que no quede muy profunda. Posteriormente se tapa con el paso de una rastra ligera en el sentido de los surcos. En la siembra mecánica se usa una sembradora a la barra portaherramientas del tractor, como las Planet Jr (Martínez, 1990).

La cantidad de semilla por hectárea varía de 3.5 a 4.5 Kg. utilizando siembra mecanizada como las sembradoras Planet Jr.

Las poblaciones de zanahoria son muy altas oscilando entre 800 y 950 mil plantas por hectárea, con distancias entre surcos que pueden ser de 0.82, 0.92 y 1 metro a doble hilera con una distancia entre éstas de 30 a 35 centímetros.

En lo referente a la época de siembra se ha demostrado que se puede sembrar en cualquier época del año.

Prácticas de Cultivo.

Riego.

El riego varía, dependiendo de la época del año en que se haya sembrado, la textura del suelo etc. Sin embargo a nivel comercial se dan un promedio de 6 a 10 riegos.

Fertilización.

Respecto a la fertilización, se reporta que esta hortaliza puede responder o no a la fertilización nitrogenada (Valadez, 1992); cuando se utilice urea debe tenerse mucho cuidado con su aplicación ya que podría provocar formación de raíces dobles. La aplicación del fertilizante puede efectuarse manual o mecánicamente; en forma manual se deposita el fertilizante a la mitad de las hileras de siembra. En el método mecánico se efectúa la fertilización simultánea a la siembra y con la misma sembradora fertilizadora Planet Jr. Adaptada (Martínez, 1990).

Aclareo.

La zanahoria generalmente necesita de un aclareo, esto permite el aumento de tamaño de las raíces; el aclareo se efectúa cuando la planta tiene

de 10 a 15 centímetros de altura y el terreno se encuentra húmedo, se recomienda dejar las plantas a una distancia de 3 a 5 centímetros.

Escarda y aporque.

Se recomienda que estas prácticas sean ligeras en suelos arcillosos, con la finalidad de que estén lo más sueltos posible; además llevar a cabo solo los aporques que sean necesarios (sobre todo en la etapa adulta) para evitar el verdeo en la corona u hombros de la parte comestible (Valadez, 1992).

Se sugiere dar dos escardas con el fin de aflojar el terreno y mantener libre de malezas el cultivo, para este fin se recomienda realizar los deshierbes ya sea a mano, con azadón o a través del empleo de herbicidas; el herbicida se recomienda aplicarlo cuando el terreno se encuentra húmedo (Martínez, 1990).

Plagas y Enfermedades.

Plagas

- ◇ Nematodos (*Heterodera carotae* y *Meloidogyne*).
- ◇ Mosca de la zanahoria (*Psila rosae*)
- ◇ Pulgones. (*Cavariella aegopodii*, *Aphis* spp, *Myzus persicae*).
- ◇ Gusanos del alambre y gusanos grises. (*Agrotis* sp).

Enfermedades

- ◇ Tizón de la hoja (*Alternaria dauci*).

- ◇ Oídios (*Erysiphe umbelliferarum* y *Leveillula taurica*).
- ◇ Podredumbre blanca de raíces (*Sclerotinia sclerotiorum*).
- ◇ Cavity spot (*Pythium violae* P. *Sulcatum*).
- ◇ Podredumbre de la corona (*Rhizoctonia violacea*).
- ◇ Mildíu de la zanahoria (*Cercospora carotae* y *Plasmophara nivea*).
- ◇ Podredumbre invernal (*Phytophthora megasperma*).
- ◇ Bacteriosis (*Erwinia carotovora*).
- ◇ Bacteriosis (*Xantomonas carotae*).

- ◇ **Virus del mosaico de la zanahoria**
- ◇ **Virus del enanismo y amarillamiento de la zanahoria**

Cosecha y Almacenaje.

En México esta actividad se realiza manualmente, aunque puede recurrirse a la forma mecánica, como se efectúa en algunas partes de Estados Unidos. El único indicador de cosecha para la zanahoria es el tiempo y puede hacerse de los 110 a los 140 días después de la siembra; se recomienda que cuando esté cercana a la etapa final del ciclo agrícola, se empiecen a muestrear los campos sacando zanahorias al azar (Valadez, 1992).

Para realizar la cosecha, primero se afloja la tierra para que la zanahoria salga fácilmente sin que se desprendan las hojas, ni se quiebre la raíz. La zanahoria se clasifica por tamaños y se amarra en manojos de 6 a 12. La práctica moderna es empacarlas en bolsas de polietileno, una vez lavadas y clasificadas.

Las zanahorias sin hojas pueden almacenarse de manera óptima en jabas en un ambiente húmedo y fresco con una humedad relativa del 90 % ó a 0° C bajo refrigeración (Casseres, 1980).

El Fósforo (P) en el suelo y planta.

Funciones del Fósforo.

Estimula la pronta formación de las raíces y su crecimiento, les da rápido y vigoroso comienzo a las plantas, acelera la maduración, estimula la lozanía y ayuda a la formación de la semilla (Garman, 1988).

El Fósforo en la Planta.

El fósforo se encuentra en las plantas formando parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, de las coenzimas NAD y NADP y, lo que es especialmente importante, como parte integrante del ATP. Naturalmente, el fósforo se encuentra en otros compuestos de la planta, pero estos se consideran menos importantes. En los tejidos meristemáticos de las regiones de la planta, sede de un activo crecimiento, se encuentran fuertes concentraciones de fósforo, que interviene ahí en la síntesis de nucleoproteínas.

El fósforo se absorbe sobre todo como anión monovalente H_2PO_4^- y con menor rapidez como anión divalente HPO_4^{2-} . El pH del suelo controla la abundancia relativa de estas dos formas: El H_2PO_4^- es favorecido a un pH menor de 7, y el HPO_4^{2-} lo es por encima de este valor.

Gran parte del fosfato se convierte en formas orgánicas cuando entra a la raíz o después que es transportado por el xilema hasta el tallo o a las hojas (Salisbury, 1994).

El Fósforo en el Suelo.

El fósforo en el suelo puede clasificarse como orgánico e inorgánico. La fracción orgánica se halla en el humus y otros materiales orgánicos, que pueden no estar asociados con él. La fracción inorgánica se halla en numerosas combinaciones con el Fe, Al, Ca, F y otros elementos.

El contenido de fósforo inorgánico en los suelos es casi siempre mayor que el fósforo orgánico (Tisdale, 1991).

Síntomas de Deficiencia.

El fósforo puede provocar la caída prematura de las hojas, y la pigmentación antiocianica púrpura o roja. A diferencia del nitrógeno, las plantas que carecen de fósforo pueden presentar zonas necróticas sobre las hojas, pecíolos o frutos, un aspecto general de achaparramiento, y pueden adquirir una coloración característica oscura o azul verdosa. Debido a la elevada movilidad del fósforo en la planta y a causa de la tendencia que presentan las hojas jóvenes a privar a las hojas más viejas de los elementos móviles, en condiciones de deficiencia, las hojas más antiguas son las que suelen presentar los síntomas de deficiencia.

Los Microelementos.

Importancia de los Microelementos en la Agricultura.

Browen y Kratky (1983) mencionan que los 16 elementos esenciales de las plantas, 7 se denominan microelementos y son: Fe, Cu, Zn, B, Mo, Mn y Cl. Ellos dicen que la deficiencia de uno de ellos puede causar reducción grave del rendimiento y en condiciones extremas al fracaso total del cultivo; también señalan que el origen de las deficiencias puede ser por el tipo de suelo (pH y material original). La materia orgánica (cambia el pH y las propiedades físicas), la actividad microbiana (el metabolismo de microorganismos e induce deficiencias), la humedad del suelo (aireación) y el consumo del elemento.

El Hierro (Fe) en el Suelo y Planta.

Hierro en el Suelo.

Ándre (1988) menciona que el contenido de hierro soluble representa una parte pequeña del total, y que las formas solubles inorgánicas en solución son: Fe^{+3} , Fe^{+2} y en menor escala $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Jones et al. (1991) dicen que el Fe existe en el suelo como catión férrico (Fe^{+3}) y ferroso (Fe^{+2}), siendo la segunda la forma activa que toman las plantas y su disponibilidad se afecta por el grado de aireación del suelo; comentan que las plantas suficientes de Fe acidifican la rizosfera también como se descargan sustancias compuestas de Fe y mejoran la disponibilidad y extracción.

Formas y Función del Hierro en las Plantas.

Las raíces lo toman como Fe^{+2} o en forma de quelato. La absorción de Fe inorgánico está ligada a la capacidad de las raíces a reducir el pH y reducir el Fe^{+3} en Fe^{+2} en la rizosfera. Dentro de los procesos fisiológicos, participa la cadena de transporte de electrones en la fotosíntesis así como en el metabolismo de las proteínas (Ándre, 1988).

Jones et al. (1991) reportaron que el Fe es un componente de la proteína ferredoxina y se requiere para la reducción de sulfatos, nitratos, asimilación de nitrógeno y producción de energía (NADP) y funciona como catalizador de un sistema enzimático asociado con la formación de clorofila.

Síntomas de Deficiencia.

Clorosis intervenal de las hojas jóvenes. Cuando la severidad de la deficiencia se incrementa, la clorosis se extiende a las hojas viejas.

Síntomas de Excesos.

El Fe puede acumularse en cientos de ppm sin síntomas de toxicidad. Ésta produce un bronceado en las hojas con diminutos puntos cafés.

El Zinc (Zn) en Suelo Y Planta.

Zinc en el Suelo.

Barrow (1993) menciona que el Zn está en el suelo en cuatro formas principales: intercambiable, adsorbido específicamente, limitado en la materia orgánica y dentro de las partículas. Puede reaccionar con minerales arcillosos, materia orgánica y óxidos de metales semejantes como Fe y Mg.

Jones et al. (1991) lo reportan en la solución como catión Zn, y agregan que su disponibilidad se afecta por un alto pH y P.

Mortvedt y Gilkes (1993) proponen cuatro fuentes de Zn que son: orgánico, quelatos sintéticos, complejos orgánicos sintéticos y complejos inorgánicos; sugieren que se aplique al suelo en cantidades menores a los 10 kg/ha y advierten que las reacciones químicas pueden reducir la disponibilidad de algunas fuentes de Zn.

Formas y Funciones del Zn en las Plantas.

En las plantas el Zn no cambia de valencia como el Mg o el Mn. La mayoría de las hojas se asocia con compuestos de bajo peso molecular, almacenamiento de metaloproteínas, iones libres y formas insolubles relacionadas con las paredes celulares.

Longnecker y Robson (1993) observaron la deficiencia de Zn en las plantas y concluyeron que es inmóvil en el floema; aseguraron que en el xilema al absorberse por las raíces es rápidamente transportado para los retoños como un catión en la savia de estos vasos. Mencionaron que en el floema la translocación es variable y depende del suministro de Zn, comentan que cuando se aplica en forma foliar existe confusión acerca de su translocación.

Brown et al. (1993) encontraron que las funciones principales del Zn en los procesos fisiológicos son el metabolismo de los carbohidratos, la fotosíntesis y el metabolismo de las auxinas.

Deficiencia del Zinc en la Planta.

Sanders (1993) menciona que las plantas que crecen en suelos que son muy altos en P y bajos en Zn, muestran una deficiencia de Zn y en suelos con suficiente Zn, aplicaciones de P no causan deficiencias de Zn en la planta.

Brennan et al. (1993) señalan que el síntoma más común de una deficiencia aguda es el crecimiento reducido, entre nudos cortos, y hojas pequeñas malformadas en crecimientos jóvenes de dicotiledóneas y tallos en forma de abanico en monocotiledóneas.

El Manganeso (Mn) en el Suelo y Planta.

Manganeso en el Suelo.

El manganeso en la solución del suelo como catión Mn^{+2} y Mn^{+4} y como Mn intercambiable. La disponibilidad está significativamente afectada por el pH del suelo, disminuyéndola cuando el pH se incrementa (Jones et al. 1991).

Norvell (1988) encontró que el Mn participa en numerosas reacciones en el suelo, como redox, intercambio del ión, absorción específica y equilibrio de solubilidad. Reporta al Mn (II) como la forma predominante encontrada en la solución y en asociación con los sitios de intercambio sobre la superficie del suelo, mientras que el Mn (III) y Mn (IV) están en una variedad de fases sólidas.

Formas y Función del Mn en la Planta.

Loneragan (1988) dice que en la savia del xilema el Mn se mueve libremente con el flujo de la transpiración y su concentración y formas iónicas pueden variar; además, puede formar complejos menos estables con elementos del xilema como Cu, Fe, Ni o Zn.

En la savia del floema, la acumulación de Mn en las hojas no puede ser removido mientras que en las raíces y tallos si puede ser; y es altamente móvil del floema hacia las semillas, pero inmóvil para las raíces.

Jones et al. (1991) lo reportan como un micronutriente esencial que está involucrado en los procesos de oxidación y reducción en el sistema fotosintético de transporte de electrones. Es esencial en el fotosistema II y fotólisis, actúa como acompañante del ATP y enzima fosfoquinasa compleja y fosfotransferasa y activa oxidasas del IAA.

Síntomas de Deficiencia.

Hannam y Ohki (1988) señalan los síntomas foliares característicos de la deficiencia de Mn como una clorosis difusa intervenal sobre hojas jóvenes extendidas, la cual contrasta con el verde oscuro de las venas asociado con una deficiencia de Fe. Como la deficiencia de Fe y S, las hojas severamente deficientes de Mn, incluyen hojas jóvenes, pueden ser completamente cloróticas, pero con una deficiencia alta en Mn se pueden desarrollar puntos necróticos o una necrosis marginal.

La apariencia de síntomas de deficiencia de Mn sobre hojas jóvenes resulta de la inmovilidad de este desde hojas jóvenes cuando el suministro es limitado. Es necesario tener clara la selección de tejidos jóvenes para la interpretación del análisis químico, bioquímico y fisiológico en orden para mejorar el diagnóstico con precisión.

Síntomas de Exceso.

Jones et al. (1991) reportan que un exceso de Mn causa hojas viejas con manchas rodeadas por una zona clorótica o un círculo. Pecas negras sobre frutos de semilla (manzana) se asemeja como sarampión y se piensa que puede ser debido a una deficiencia de Mn.

El Boro (B) en el suelo y la planta.

Funciones del Boro.

Aumenta el rendimiento y mejora de la alfalfa, la trufa y las verduras; está ligado con la asimilación de calcio y con la transferencia de azúcares, dentro de la planta. Es importante para la producción seminal de legumbres (Garman, 1988).

El boro es absorbido de los suelos casi por completo como ácido bórico sin disociar H_3BO_3 . Se transporta con lentitud hacia afuera de los órganos floemáticos después de que llega a ellos por el xilema (Raven, 1980).

Sin embargo, en algunas especies sale del floema de manera mucho más eficaz (Shelp, 1988).

Síntomas de Deficiencia.

Es uno de los elementos más inmóviles en la planta. Una vez depositado en la hoja, no es retranslocado hacia las hojas jóvenes, lo que hace que los nuevos crecimientos dependan de la absorción continua de boro del suelo. La deficiencia de boro causa daños serios y muerte de los meristemas apicales.

Las plantas deficientes en boro contienen más azúcares y pentosanos, presentan tasas más bajas de absorción de agua y transpiración que las plantas normales. Los síntomas varían ampliamente entre especies de plantas y reciben con frecuencia nombres descriptivos como "tallos rotos" (cracked stem) del apio, "corteza interna" (internal cork) o "mancha de sequía" (drought spot), de las manzanas, etc.

El Molibdeno (MO) en el suelo y la planta.

El Molibdeno en el Suelo.

El molibdeno se halla en la corteza terrestre y en los suelos en cantidades extremadamente reducidas, se requiere por las plantas en cantidades muy pequeñas. Ha sido estimado que la litosfera contiene una proporción de tan solo 2.3 ppm; la proporción para los suelos es aproximadamente de 2 ppm.

El molibdeno puede estar presente como: una parte del retículo cristalino de los minerales primarios y secundarios, en cuya forma no es la disponible para las plantas, como $\text{MoO}_4^{=}$ adsorbido, el cual es retenido y disponible para las plantas, como una parte de la materia orgánica del suelo y como compuestos de molibdeno hidrosoluble. El molibdeno en los suelos es ampliamente no disponible. Es sabido desde hace algún tiempo que la disponibilidad del molibdeno aumenta con el pH del suelo (Tisdale, 1991).

El molibdeno se ha relacionado durante mucho tiempo con la fijación del nitrógeno gaseoso y con la asimilación de nitratos. Varios investigadores han observado que con la deficiencia en molibdeno siempre conduce a una disminución del ácido ascórbico en la planta. Hay también pruebas en el sentido de que el molibdeno interviene en el metabolismo fosforico de la planta.

Síntomas de Deficiencia.

Las deficiencias de molibdeno no son comunes en huertos forestales, aunque al presentarse se puede reducir la fijación de nitrógeno en las plantas noduladas, fijadoras de nitrógeno. Las deficiencias de Mo se han reportado en hortalizas como el coliflor y el brócoli, donde se presenta la cola de látigo. Los síntomas se caracterizan por una clorosis entre las venas, que ocurre primero en las hojas viejas y que luego se prolonga hacia las hojas jóvenes.

En algunos casos, como en la enfermedad de "cola de látigo", las plantas no se tornan cloróticas, sino que las hojas jóvenes crecen de forma enrollada, muriendo posteriormente. Cuando los suelos son ácidos, el encalado aumenta la disponibilidad de molibdeno, eliminando o reduciendo la severidad de esos desórdenes nutricionales.

Generalidades de los Ácidos Húmicos.

Humus.

Muchas características de los suelos se deben al tamaño de las partículas minerales presentes y al área superficial que presentan. Esas características pueden ser gradualmente modificadas por la materia orgánica, especialmente el humus, el cual tiene una capacidad de intercambio catiónico de aproximadamente 100 meq/100gr de materia orgánica del suelo.

El humus es la fracción activa de la materia orgánica, más resistente a la descomposición rápida de los microorganismos, es de color negro. Aproximadamente el 56% del humus es carbón, el 35% es oxígeno, el 3.5% es hidrógeno y tiene una relación C/N de 10/1, su relación C/P y C/S es de 100/1.

El humus consiste en tres grupos de compuestos orgánicos: lignina modificada, la cual es muy resistente a la descomposición microbiana; las proteínas que están protegidas por lignina y arcilla y los poliuronidos que son sintetizados por organismos del suelo (Narro, 1987; Ortiz, 1987 y omega, 1989).

Según las propiedades de los humus, éstos son únicos y en gran parte determinan el carácter de muchos horizontes superiores; el humus tiene gran capacidad para absorber grandes cantidades de agua de los suelos, además de que actúa como un material de ligamento ayudando a la buena estructura del suelo (Fitzpatrick, 1984).

Los Ácidos Húmicos.

La materia orgánica se constituye de dos grupos: el ácido húmico y el resto de la materia orgánica que no ha alcanzado la humificación, lo que indica que no toda la materia orgánica se transforma a humus. Eventualmente se ha determinado que un 15% llega a este estado, dependiendo de factores complejos (Omega, 1989).

La humificación es un proceso evolutivo por el cual la materia orgánica se va transformando, primero a humus joven, luego a humus más estable hasta llegar a la mineralización formando así el ácido húmico (Omega, 1989).

El complejo de compuestos orgánicos de color marrón, pardo y amarillo, que se extrae del suelo por soluciones, álcalis, sales neutras, o disolventes orgánicos, lleva el nombre de sustancias húmicas (Kononova, 1982).

Los ácidos húmicos son sustancias químicas orgánicas, formadas a partir de la descomposición de residuos de origen vegetal y por la acción de los microorganismos del suelo; sin embargo, los ácidos húmicos “comerciales” se extraen a partir de la lignita-leonardita y de turbas (Palomares, 1990).

Las sustancias húmicas son macromoléculas orgánicas constituidas por un complejo ligno-proteico de gran capacidad de absorción e intercambio iónico. Las sustancias húmicas incluyen al ácido húmico, al ácido fúlvico y al ácido úlmico (G.B.M., 1992).

Durante la primera etapa de la humificación se forma el ácido húmico, mientras que en la segunda etapa de la humificación vuelve la oxidación química y/o enzimática para degradar al ácido húmico en ácido fúlvico, el cual queda en solución cuando el extracto alcalino es acidificado. Las huminas son la fracción que no puede ser extraída del suelo por los álcalis diluido o ácidos (G.B.M., 1992).

En estado natural, los ácidos húmicos y fúlvicos están íntimamente ligados a arcillas, uno con otro y a otros compuestos orgánicos. Una gran variedad de fuerzas de enlace intermoleculares están involucradas, incluyendo puentes de hidrógeno, enlaces de ester, fuerzas de Van Der Waals y enlaces de sal (Montvedt, 1983).

Los ácidos húmicos solubles pueden reemplazar las aplicaciones de grandes volúmenes de materia orgánica, puesto que, en aplicaciones eficientes el rendimiento de los cultivos se incrementa hasta en un 20%, esto se debe principalmente a los efectos benéficos que tiene sobre algunas características físico-químico y biológicas del suelo, además por ser sustancias que tienen la facultad de quelatar moléculas orgánicas e inorgánicas, pueden eliminar residuos tóxicos de productos químicos nocivos para el desarrollo de los cultivos (Fernández, 1968).

Efectos Sobre las Características Biológicas del Suelo.

Los ácidos húmicos tienen efectos estimulantes en el crecimiento de microorganismos aeróbicos, especialmente los que descomponen celulosa, almidón y proteínas; con la adición de pequeñas cantidades de ácido húmico (10 ppm) aumenta en forma descomunal, hasta 200 veces más que el testigo, lo que favorece la fertilidad del suelo (G.B.M., 1992).

El incremento en la población de microorganismos del suelo influye, entre otros aspectos, en la descomposición de la materia orgánica fresca (hojarasca); en la fijación de N atmosférico y en la porosidad y aireación del suelo (G.B.M., 1992).

Los Ácidos Húmicos en la Fisiología de la Planta.

Los ácidos húmicos presentan ciertos efectos en la planta, como el traslado de nutrientes desde las raíces hasta la parte aérea y del exterior de las hojas hasta los sitios de acumulación; incremento de la permeabilidad de las membranas y favorecen los procesos energéticos de las plantas relacionados con la respiración; son activadores y estabilizadores de algunas enzimas, además de estimular algunas reacciones, procesos y funciones bioquímicas y fisiológicas de las plantas, incrementando la biomasa total de la planta, peso fresco y peso seco, entre otras (Omega, 1989; citado por Palomares, 1990).

Ayudan al desarrollo temprano de las plantas, recuperando el estrés de transplante, mayor expansión foliar, incremento del sistema radicular, etc. (G.B.M., 1992). Se debe tener en cuenta que concentraciones muy elevadas de ácido húmico pueden tener efectos desfavorables debido al desbalance fisiológico (Omega, 1989).

Las sustancias húmicas pueden estimular o inhibir la absorción de iones por las plantas. Contribuyendo a este efecto tenemos: la concentración de materia húmica (Vimal, 1972; Visser, 1986), el peso molecular y los grupos funcionales presentes, en particular la proporción de grupos carboxilos y fenolicos (Dell Angola y Nardi, 1986; Visser, 1986).

MATERIALES Y METODOS

Localización del Experimento.

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo primavera verano del 2003, en el invernadero del departamento de horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Descripción del Sitio Experimental.

Clima.

El clima es de clasificación del tipo Bwhw (x) (e) seco, semicálido, con invierno fresco extremo y templado, con lluvias principalmente en verano. La temperatura media anual es de 19.8 °C con una oscilación de 10.4 °C. Los meses más cálidos son junio, julio y agosto con temperaturas máximas de 37°C. Durante diciembre y enero se registran temperaturas más bajas de hasta 10°C bajo cero. La precipitación total anual media es de 298.5 mm. La temporada lluviosa va de junio a octubre. El mes más lluvioso es junio y el más seco es marzo.

Suelo.

Los suelos de esta región tienen un pH elevado, con un bajo contenido de materia orgánica, típicos de regiones semiáridas.

Material Vegetativo.

Semilla de zanahoria de la variedad **CONSUL R F1**.

Diseño Experimental.

Se evaluaron 12 tratamientos en un diseño factorial AXB en bloques al azar con 2 repeticiones; donde el factor A= Tipos de suelo identificado como sigue: (1= Cebolla, 2= Pequeña propiedad y 3= Maíz) y el factor B= Tratamientos de fertilización (1= Testigo (manejo tradicional), 2= Fertilización tradicional + ácidos húmicos de lenta liberación LL (perla), 3= Fertilización tradicional + fósforo y microelementos y 4= Fertilización balanceada + fósforo y microelementos).

Cuadro 1. Descripción de tratamientos.

N o	TIPO DE SUELO Factor A	FERTILIZACION Factor B	REPETI CIONES
1	Cebolla	Testigo (manejo tradicional)	2
2	Cebolla	Fertilización tradicional + Ac. húmicos LL (perla)	2
3	Cebolla	Fertilización tradicional + fósforo y microelementos	2
4	Cebolla	Fertilización balanceada + fósforo y microelementos	2
5	P. Propiedad	Testigo (Manejo tradicional)	2
6	P. Propiedad	Fertilización tradicional + Ac. Húmicos LL (perla)	2
7	P. Propiedad	Fertilización tradicional + Fósforo y microelementos	2
8	P. Propiedad	Fertilización balanceada + fósforo y microelementos	2
9	Maíz	Testigo (manejo tradicional)	2
10	Maíz	Fertilización tradicional + Ac. húmicos LL (perla)	2
11	Maíz	Fertilización tradicional + fósforo y microelementos	2
12	Maíz	Fertilización balanceada + fósforo y microelementos	2

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos.

TIPOS DE SUELO UTILIZADOS					
<i>SUELO 1</i> <i>(CEBOLLA)</i>		SUELO 2 (PEQUEÑA PROPIEDAD)		SUELO 3 (MAÍZ)	
2	4	3	1	4	4
1	3	4	2	2	3
3	2	1	3	3	1
4	1	2	4	1	2

Establecimiento del Experimento.

Preparación del Terreno.

El día 18 de enero del 2003, se preparó el terreno, iniciando con la limpieza, después se aflojó el terreno con azadones; para luego realizar la nivelación y el trazado de las camas.

El día 25 de enero del 2003, se trajo el suelo de tres parcelas (cebolla, pequeña propiedad y maíz) que se seleccionaron anteriormente en la región de San Rafael N.L.

Después se inició el establecimiento de los tratamientos que consistieron en una zanja de 1 metro de longitud, 40 centímetros de ancho y 10 centímetros de profundidad, en los que se removió el suelo para posteriormente llenarlo con los tipos de suelo seleccionados.

Después se colocó el sistema de riego por goteo, con una cintilla por cama o surco de 5 / 8 de pulgada con emisores a 12 pulgadas y un gasto de 1 lt / ha / hora / emisor aproximadamente.

Siembra.

Antes de sembrar se aplicó el tratamiento 2 al suelo, que consistió en ácidos húmicos de lenta liberación (Cuadro No. 4) en sus respectivos bloques y repeticiones.

La siembra se realizó el 4 de febrero del 2003, de forma directa en la cual se utilizaron aproximadamente 120 semillas, por cama sembradas a doble hilera.

Fertilización.

La fertilización del cultivo, se realizó cada 15 días después de la emergencia, aplicando fósforo líquido, microelementos (Cuadros 5 y 6) y una fertilización balanceada (Cuadro 7).

Cuadro 3. Dosis de aplicación.

Producto	Dosis	No. de aplicaciones
Fósforo líquido	10 cc / lt de agua	13
Microelementos	10 cc / lt de agua	13
Fertilización balanceada	91 gr / lt de agua	10

Cada uno de los tratamientos se diluyó en un litro de agua y se aplicó en medio de las hileras, procurando no salpicar las plantas para evitar quemaduras.

Cuadro 4. Composición de los ácidos húmicos.

Compuesto	Porcentaje en peso
Ácidos húmicos y fúlvicos de leonardita de lenta liberación (LL)	75.0
Humato y fulvato de nitrógeno	9.0
Humato y fulvato de fósforo	8.0
Humato y fulvato de potasio	4.0

Humato y fulvato de micronutrientes (Fe, Zn, Mn, S)	2.0
Acondicionadores	2.0
Total	100.0

Cuadro 5. Composición del fósforo líquido.

Compuesto	Porcentaje en peso
Fulvatos y humatos de macronutrientes (N, P, K)	6.10
Fulvatos y humatos de micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Mo)	4.20
Complejo EDDHA	2.50
Activadores metabólicos	34.20
Acondicionadores	53.0
Total	100.0

Cuadro 6. Composición de los microelementos.

Compuesto	Porcentaje en peso
Aminoácidos orgánicos	2.00
Vitamina C (500 ppm)	0.50
Hierro (Fe)	4.00
Zinc (Zn)	3.00
Manganeso (Mn)	2.00
Boro (B)	2.00
Molibdeno (Mo)	1.00
Fitohormonas (auxina 50 ppm, citicininina 50 ppm)	0.10
Extractos orgánicos, fuentes de aminoácidos y diluyentes	85.40
Total	100.0

Cuadro 7. Composición de la fertilización balanceada.

Compuestos	Peso (grs)
Urea	5.0
Fosfato monoamonico (MAP)	25.0
Nitrato de potasio	11.0
Nitrato de calcio	33.0
Nitrato de magnesio	12.0
Total	91.0

Deshierbes.

Se realizaron 4 deshierbes manuales, eliminando la maleza alrededor de las plantas y en los pasillos, éstos se realizaron cuando la planta estaba pequeña y a media altura para evitar competencia. Después se realizó un

aporque ligero para cubrir el cuello u hombro de la zanahoria y evitar así una decoloración o enverdecimiento de la raíz.

Control de Plagas y Enfermedades.

Plagas.

Pulgones (*Cavariella aegopodii*, *Aphis* spp, *Myzus persicae*).

Se presentaron atacando principalmente el follaje, cubriéndolo con unas secreciones que daban la apariencia de miel y así impidiendo el buen desarrollo de la planta, su control se realizó con la aplicación de Imidacloprid al 15% en una dosis de 0.5-1.0 ml/lit de agua, se repitió la aplicación a los 10 días después.

Gusanos Grises (*Agrotis* sp).

Estos gusanos se presentaron atacando principalmente a los brotes pequeños, trozándolos y así deteniendo el crecimiento del follaje. Su control se realizó con permetrina en una dosis de 0.7-1.2 ml/lit de agua, repitiéndose la aplicación a los 15 días después.

Enfermedades.

Podredumbre blanca de raíces (*Sclerotinia sclerotiorum*).

Los síntomas aparecieron a nivel del cuello como una pudrición húmeda con un micelio algodonoso blanco, que produce finalmente esclerocios negros. Su control se realizó mediante la suspensión de los riegos, ya que esta enfermedad se ve favorecida por los excesos de humedad.

Variables Evaluadas.

Crecimiento.

Peso Fresco Total en grs (Biomasa).

Esta variable se evaluó, pesando una planta por repetición con una balanza analítica realizándose tres muestreos a los 71, 97 y 128 días después de siembra (DDS)

Peso Seco Total en grs (materia seca).

Se utilizaron las mismas plantas evaluadas para peso fresco y se mantuvieron 24 horas en una estufa a 65 °C, hasta peso constante realizándose tres muestreos a los 71, 97 y 128 DDS.

Altura de Planta en cm.

Esta variable se evaluó tomando una planta por tratamiento, después se midió con una regla graduada, considerando la base del tallo hasta el ápice de la hoja más alta haciendo tres muestreos a los 71, 97 y 128 DDS.

Diámetro de la Planta en mm.

Se midió el cuello de una planta por repetición con un vernier realizándose tres muestreos a los 71, 97 y 128 DDS.

Longitud de la Raíz en cm.

Esta variable, se determinó sacando una planta por repetición y después separando la raíz, posteriormente, con una cinta métrica, se midió desde el cuello de la planta, hasta el ápice de la raíz engrosada tomando tres muestreos a los 71, 97 y 128 DDS.

Diámetro de la Raíz en mm.

Con un vernier se midió la parte media de la raíz, considerando una planta por repetición realizándose tres muestreos a los 71, 97 y 128 DDS.

Rendimiento**Número y Peso de Zanahorias en grs / Metro Lineal**

Se obtuvo al momento de la cosecha (158 DDS), contando el total de las zanahorias cosechadas por metro lineal y posteriormente pesándolas en una balanza electrónica.

Longitud y Diámetro de la Zanahoria en cm.

Una vez cosechado se tomó una zanahoria (raíz) al azar y se midió con una regla desde la base hasta la punta y con un vernier la parte media de la misma, esto al momento de la cosecha a los 158 DDS.

Peso Promedio de Zanahorias en grs.

Se determinó al momento de la cosecha (158 DDS) dividiendo el número total de zanahorias / metro lineal entre el peso total de las mismas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento.

Peso Fresco (biomasa) y Peso Seco (materia seca) Total.

Los datos obtenidos indican que existe diferencia estadística para el tipo de suelo (Factor B) -Cuadro 8-, Sin embargo dicha diferencia no se atribuye exclusivamente a las propiedades de los suelos, dado que el suelo 1 y 2 fueron dañados parcialmente por roedores. Respecto a los tratamientos de nutrición (Factor B), la aplicación de fósforo y microelementos (tratamiento 3) y la fertilización balanceada + fósforo y microelementos (tratamiento 4) dieron los mayores valores con un incremento del 26.2 y 24.17 % respecto al testigo.

Cuadro 8. Medias para la variable de peso fresco total (PFT) y peso seco total (PST) a los 71, 97 y 128 DDS para los tipos de suelo y tratamientos de nutrición.

Tratamientos	Factor	Muestreo 71 DDS		Muestreo 97 DDS		Muestreo 128 DDS	
		PFT	PST	PFT	PST	PFT	PST
Suelo 1	A	.68 b	.11 b	12.11 c	1.14 c	29.55 b	3.50 b
Suelo 2		5.32 a	.67 a	36.89 a	3.94 b	37.67 a	4.70 a
Suelo 3		7.46 a	.93 a	44.89 a	5.02 a	43.18 a	5.09 a
tratamiento1	B	4.15 a	.53 b	25.96 b	2.70 b	32.05 b	3.91 b
tratamiento2		4.81 a	.62 a	27.61 ab	2.89 b	29.45 b	3.66 b
tratamiento3		4.55 a	.56 ab	37.86 a	4.16 a	43.43 a	5.06 a
tratamiento4		4.45 a	.56 ab	33.76 ab	3.71 a	42.27 a	5.09 a

•Las medias seguidas de la misma literal son estadísticamente iguales. Según la Prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS 0.05).

Analizando la interacción de los tipos de suelo y los tratamientos de nutrición, se observó que, la aplicación de fósforo y microelementos en el tipo de suelo 3 dio origen a las plantas con mayor biomasa y / o materia seca.

Cuadro 9. Medias de la interacción tipo de suelo y tratamientos de nutrición (AXB), para las variables de peso fresco y peso seco total a los 128 DDS.

AXB		Peso fresco total (grs).	Peso seco total (grs).
1	1	20.49 cd	2.48 c
1	2	13.71 a	1.63 c
1	3	37.93 b	4.38 b
1	4	46.06 ab	5.53 ab
2	1	32.81 c	4.01 b
2	2	42.88 b	5.50 ab
2	3	33.68 c	4.11 b
2	4	41.33 b	5.18 ab
3	1	42.86 b	5.25 ab
3	2	31.76 c	3.86 b
3	3	58.70 a	6.69 a
3	4	39.41 c	4.56 b

•Las medias seguidas de la misma literal son estadísticamente iguales. Según la Prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS 0.05).

Altura y Diámetro de Planta y Longitud y Diámetro de Raíz.

Al igual que para la variable de biomasa y materia seca los tipos de suelos fueron estadísticamente diferentes, pero se debe considerar la observación que se hace en el párrafo anterior. En lo que respecta a los tratamientos de nutrición, la fertilización balanceada + fósforo y microelementos dio las plantas con mayor altura y diámetro de planta y la aplicación de fósforo y microelementos favoreció la longitud y diámetro de raíz. Cuadro 10.

Cuadro 10. Medias para la variable de altura y diámetro de planta, longitud y diámetro de raíz a los 128 DDS. Para los tipos de suelo y tratamientos de nutrición.

Tratamientos	Factor	Altura de planta (cm).	Diámetro de planta (mm).	Longitud de raíz (cm).	Diámetro de raíz (mm).
Suelo 1	A	40.97 b	10.45 a	10.11 b	14.66 b
Suelo 2		53.03 ab	8.91 b	13.46 a	17.53 ab
Suelo 3		59.90 a	8.16 b	11.53 ab	21.28 a
Tratamiento 1	B	48.53 b	8.27 b	10.98 b	17.10 b
Tratamiento 2		48.51 b	8.33 b	12.81 a	16.77 b
Tratamiento 3		52.30 ab	9.71 ab	11.48 ab	20.49 a
Tratamiento 4		55.86 a	10.38 a	11.53 ab	16.94 b

• Los promedios seguidos de la misma literal no son estadísticamente distintos Diferencia Mínima Significativa (DMS 0.05).

Si observamos la interacción del tipo de suelo y los tratamientos de nutrición encontramos que la aplicación de fósforo + microelementos mostró mayor altura de planta y diámetro de raíz, la fertilización balanceada + fósforo y microelementos estimuló el diámetro de tallo y la aplicación de ácidos húmicos en el suelo en el suelo estimuló el crecimiento de la raíz. Cuadro 11.

Cuadro 11. Medias de la interacción tipo de suelo y tratamientos de nutrición (AXB), para las variables de altura y diámetro de planta, longitud y diámetro de raíz a los 128 DDS.

AXB	Altura de planta (cm).	Diámetro de planta (mm).	Longitud de raíz (cm).	Diámetro de raíz (mm).
1 1	39.19 bc	8.99 b	9.46 c	13.16 c
1 2	29.51 c	9.16 b	8.29 c	11.66 c
1 3	42.94 bc	11.16 a	10.85 ab	17.49 ab
1 4	52.24 ab	12.50 a	11.84 ab	16.33 ab
2 1	49.49 b	7.99 c	11.24 ab	17.99 ab

2	2	56.25	ab	8.33	ab	18.93	a	19.50	b
2	3	51.54	b	9.16	b	10.60	ab	17.16	ab
2	4	54.84	ab	10.16	a	13.09	b	15.49	ab
3	1	56.91	ab	7.83	c	12.23	b	20.16	b
3	2	59.76	a	7.49	c	11.21	ab	19.16	b
3	3	62.41	a	8.83	ab	13.01	b	26.83	a
3	4	60.51	a	8.49	ab	9.66	c	18.99	b

Rendimiento.

Número y Peso de Zanahorias / Metro Lineal.

Según el análisis de varianza las variables de número y peso de zanahorias / metro lineal fue significativo para el tipo de suelo y para los tratamientos de nutrición, siendo el mejor suelo el numero 3 y la fertilización de fósforo y microelementos (Cuadro 12). Comparando los tipos de suelo; el suelo 3 superó al suelo 1 y 2 en un 27.48 y 7.74% respectivamente. Y el tratamiento de fósforo + microelementos tuvo un incremento respecto al testigo de 9.7%.

Cuadro 12. Medias para las variables de numero y peso total de Zanahorias / metro lineal a los 158 DDS para los tipos de suelo y los tratamientos de nutrición.

Tratamientos	Factor	Numero de zanahorias / metro lineal	Peso total / metro lineal (grs).
Suelo 1	A	55.75	b
Suelo 2		74.25	ab
Suelo 3		79.87	a
Tratamiento 1	B	71.50	ab
Tratamiento 2		70.50	ab
Tratamiento 3		85.00	a
Tratamiento 4		52.83	b

La interacción de los tratamientos muestra que el suelo 3 fertilizado con fósforo y microelementos dio mejor resultado (Cuadro 13). Este resultado sugiere que dadas las características del suelo hubo mejor germinación y se estimuló el crecimiento con la aplicación fósforo y microelementos.

Cuadro 13. Medias de la interacción tipo de suelo y tratamientos de nutrición (AXB), para las variables de número y peso de zanahorias / metro lineal a los 158 DDS.

AXB		Número de zanahorias / metro lineal	Peso total / metro lineal (grs).
1	1	57.00 bc	2227.50 bc
1	2	53.00 bc	1730.00 c
1	3	52.00 c	2565.00 ab
1	4	61.00 bc	2690.00 ab
2	1	84.00 ab	3525.00 b
2	2	81.50 ab	3440.00 a
2	3	86.00 ab	2835.00 ab
2	4	45.50 c	1920.00 c
3	1	73.50 b	2960.00 ab
3	2	77.00 b	3015.00 b
3	3	117.00 a	4250.00 a
3	4	52.00 bc	2480.00 ab

Longitud y Diámetro de Raíz.

Estas variables no presentaron diferencia significativa para ninguno de los tratamientos, como lo indica el (cuadro 14), ni para la interacción de los mismos.

Cuadro 14. Medias para las variables de longitud y diámetro de zanahoria a los 158 DDS para los tipos de suelo y los tratamientos de nutrición.

Tratamientos	Factor	Longitud de raíz (cm).	Diámetro de raíz (mm).
Suelo 1	A	12.31 a	23.52 a
Suelo 2		13.37 a	22.79 a
Suelo 3		12.14 a	21.87 a

Tratamiento 1	B	12.75 a	23.05 a
Tratamiento 2		12.44 a	21.75 a
Tratamiento 3		12.03 a	22.44 a
Tratamiento 4		13.21 a	23.66 a

Peso Promedio de Zanahorias.

El mejor peso promedio de las zanahorias se obtuvo en el suelo 1 y 3 con 42.24 grs y 42.21 grs. Mientras que el mejor tratamiento de nutrición fue la fertilización balanceada + fósforo y microelementos con 45.23 grs (Cuadro 15). Así mismo se puede observar que los frutos con mayor peso promedio se obtuvieron al aplicar fósforo y microelementos al suelo 1, seguido de la aplicación de fertilización balanceada aplicada al suelo 3 (Cuadro 16).

Cuadro 15. Medias para la variable de peso promedio de zanahorias a los 158 DDS para los tipos de suelo.

Tratamientos	Factor	Peso promedio de zanahorias (grs).
Suelo 1	A	42.24 a
Suelo 2		39.59 b
Suelo 3		42.21 a
Tratamiento 1	B	41.26 ab
Tratamiento 2		37.93 b
Tratamiento 3		40.97 ab
Tratamiento 4		45.23 a

Cuadro 16. Medias de la interacción tipo de suelo y tratamientos de nutrición (AXB), para la variable de peso promedio de las zanahorias a los 158 DDS.

AXB	Peso promedio de zanahorias (grs)
1 1	39.42 b

1	2	32.23	c
1	3	53.29	a
1	4	44.03	ab
2	1	41.23	b
2	2	42.03	b
2	3	32.99	c
2	4	42.11	b
3	1	43.12	b
3	2	39.54	b
3	3	36.62	bc
3	4	49.54	a

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye que:

El suelo 3 fue el de mejores características agrícolas.

La aplicación de fósforo + microelementos fue el mejor tratamiento de fertilización complementaria en base a que: estimuló la producción de biomasa, materia seca, altura de planta, diámetro de raíz y el rendimiento expresado como número y peso de zanahorias por metro lineal.

Con la fertilización balanceada + fósforo y microelementos se obtuvo el mejor peso promedio de zanahorias.

La mejor opción para este cultivo se dio al usar el suelo 3 con la fertilización de fósforo y microelementos.

LITERATURA CITADA

- André, L. 1988. Los microelementos en la agricultura. Traducción Alonso Domínguez. Editorial mundi-prensa. Madrid, España.
- Barrow , N. J. 1993. Mechanisms of reaction of zinc with soil and soil components. In: Robson, D.A. (Ed). Zinc in soils and plants. Kluwer Academic Publishers. Boston, U. S. A.
- Brennan, R. F., J. D. Armour, and D. J. Reuter. 1993. Diagnostics of zinc deficiency. In: Robson, D.A. (Ed). Zinc in soils and plants. Kluwer Academic Publishers. Boston, U. S. A.
- Browen, J. E., and B. A. Kratky. 1983. Microelementos. Causas de deficiencia y toxicidad. Agricultura de las américas. México, D. F.
- Brown, H. P. T. Cakmak, and Q. Zhang. 1993. Formand function of zinc in plant. In: Robson, D.A. (Ed). Zinc in soils and plants. Kluwer Academic Publishers. Boston, U. S. A.
- Carlo R. Z. 1992. Ácidos húmicos y fertilización foliar en el cultivo del brócoli (Brassica oleracea var. Itálica) en Arteaga, Coahuila. Tesis licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Casseres E. H.1966. Producción de hortalizas. Editorial IICA. Lima, Perú. p. p. 170-183.
- Casseres E. H.1980. Producción de hortalizas. Tercera edición. Editorial IICA; San José, Costa Rica. p. p. 260-266.
- Centro de investigaciones agrícolas del norte (CIAN-INIA). 1985. El huerto familiar hortícola. Campo agrícola experimental "La Laguna". Circular No. 5. México D. F.
- Claridades Agropecuarias. 2000. Zanahoria y Algodón. Revista de publicación mensual No. 79. SAGAR y ASERCA. México. D.F. p. p. 1-3, 19.
- Devlin R. M. 1982. Fisiología vegetal. Editorial Omega S. A. Tercera edición. Barcelona, España.

- García A. J. 1992. Evaluación de los ácidos húmicos (Humiplex plus) a diferente dosis en el desarrollo del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L. Cv atlantic) en la región de Galeana, Nuevo León. Tesis licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Garman W. H. 1998. Manual de fertilizantes. Editorial limusa S. A. de C. V. México, D. F.
- GBM. 1992. Primera reunión para la organización y programación del desarrollo y servicio técnico. Saltillo, Coahuila, México.
- Hannam, J. R., and K Ohki. 1988. Detection of manganese deficiency and toxicity in plants. In: Graham, D. R. (Ed). Manganese in soils and plants. Kluwer academic publishers. Boston U. S. A.
- Jones, J. B., B. Wolf, and H. A. Mills. 1991. Plant analysis handbook. Macro publishing. U. S. A.
- Kononova, M. M. 1961-1982. Materia orgánica del suelo. Traducción de Ruso. Barcelona, España.
- Loneragan, F. J. 1998. Distribution and movement of manganese in plant. In: Graham, D. R. (Ed). Manganese in soils and plants. Kluwer academic publishers. Boston, U. S. A.
- Longneker, E. N., and D. A. Robson. 1993. Distribution and transport of zinc in plants. In: Robson, D. A. (Ed). Zinc in soils and plants. Kluwer academic publishers. Boston, U. S. A.
- Martínez O. R. 1990. Estudio comparativo de cuatro niveles de labranza para la producción de zanahoria (*Daucus carota* L) en Derramadero, Coahuila. Tesis licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Mortved, J. J., and R. J. Gilkes. 1993. Zinc fertilizer. In: Robson, D. A. (Ed). Zinc in soils and plants. Kluwer academic publishers. Boston U. S. A.
- Musser, A. M., Edmond, J. B. and Andrews, F. S. 1957. Fundamentals of horticulture. Segunda edición. Editorial Mc graw- hill. Nueva York, U. S. A.
- Narro, F. E. A. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola. Editorial trillas. México, D. F.
- Olivar C. M. 1992. Aplicación de cuatro fuentes de boro en dos métodos de hidroponía para corregir deficiencias de boro. Tesis licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Reyes Z. J. A. 1987. Producción y calidad de zanahoria (*Daucus carota* var. Nantes) con aplicación de cuatro fitorreguladores en ocho tratamientos. Tesis licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Salisbury, F. B. and Ross, C. W. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamerica. México, D. F.
- Sifuentes I. E. 1999. Ácidos húmicos y elementos menores en la nutrición del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*). Tesis licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Thompson, H. C. & Kelly W. C. J. 1957. Vegetable crops. Quinta edición. Editorial Mc. Graw- Hill. Book Co. Nueva York. U. S. A. p.p. 327-334.
- Tisdale S. L. 1991. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Editorial limusa S. A. de C. V. México, D. F.
- Valadez L. A. 1996. Producción de Hortalizas. Editorial limusa. México, D. F.
- Vázquez H. C. 1998. Oportunidades de mercadeo en Estados Unidos para la zanahoria producida en el estado de Coahuila. Tesis licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Yamaguchi M. 1983. World vegetables. Principles, production and nutritive values. Avi. Publishing company. Inc. Westport Connecticut.