

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Diagnóstico Nutricional de Cuatro Cultivares de Lechuga Establecidos en el Sistema NGS (New Growing System)

Por

RODRIGO BARRETO BARRETO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Enero de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Diagnóstico Nutricional de Cuatro Cultivares de Lechuga Establecidos en el
Sistema NGS (New Growing System)

Por:

RODRIGO BARRETO BARRETO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada

Dr. Ricardo Requejo López
Asesor Principal

M.C. Leticia Escobedo Bocardo
Coasesor

Dr. Edmundo Peña Cervantes
Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Enero de 2014

Dedicatoria

A Dios.

Gracias Dios mío por llenarme de bendiciones y por rodearme de gente tan valiosa, por los padres que me diste y porque mi fe y confianza en ti aleja mis miedos, por la paz y tranquilidad que me das para enfrentar mis desafíos.

A mi madre Altagracia Reyes Barreto Gutiérrez.

Madre, por tus sabios consejos, tu singular alegría y el inmenso apoyo que siempre me has brindado y por mil cosas más te doy las gracias y te dedico este trabajo que no es más que una muestra del amor que te tengo, eres una de mis más grandes fortalezas. Tu grande amor y las muestras de cariño me han dado las fuerzas para salir adelante. Te amo mamá.

Gracias por darme la vida.

A mi padre Mario Gerónimo Barreto Becerra.

Padre, siempre has sido mi ejemplo a seguir, tú has forjado el hombre que ahora soy; te admiro por tu esfuerzo y dedicación para salir adelante, tus fuerzas inagotables y el amor al trabajo, por inculcarme los principios más valiosos de la vida, siempre buscando formar a tus hijos como personas de bien, este trabajo es un obsequio de mi parte como una pequeña muestra de agradecimiento en dedicatoria a los esfuerzos que has hecho por mí. Gracias por tus enseñanzas.

A mis hermanos.

A Pedro, Héctor, Mario y Marisol, hermanos les comparto mi inmensa felicidad por el logro que he alcanzado, ustedes son parte fundamental en mi vida. Por sus consejos y apoyo gracias.

A mis sobrinos.

A los que siempre me han llenado de alegría con su ternura, inocencia y travесuras: Chucho, Andrea, Valeria, Pedro, Jimena, el pequeño recién nacido y la bebé que está por llegar les dedico mi logro obtenido. Los quiero mucho.

A mi novia.

Gracias Cinthia Eliana Cerezo Villaldama, por estar siempre presente, por tu incondicionalidad, por escucharme y dedicarme tu tiempo, por regalarme grandes momentos de alegrías y felicidad, por amarme como lo haces. Has sido y seguirás siendo parte fundamental en mi vida. Te dedico este trabajo como una pequeña muestra del amor que te tengo. Te amo.

Agradecimientos

A mi “Alma Terra Mater” que me cobijó a lo largo de mi carrera; tu nombre lo llevaré grabado en mi pecho y lo defenderé a capa y espada.

Gracias Dr. Ricardo Requejo López. Sus consejos y apoyo terminaron de definir mi pasión por la agronomía. Su apoyo y asesoría llevaron por el camino del éxito a este trabajo. Este logro también es de usted.

Gracias Dr. Edmundo Peña Cervantes por todas las facilidades que me brindó, por el tiempo y apoyo dado.

A mi compañero y amigo German Razziel Orzuna Olivan te agradezco tu amistad y tu apoyo incondicional, fuiste parte fundamental para la realización de éste trabajo, te deseo el mejor de los éxitos y siempre que necesites de mí ahí estaré para apoyarte.

A mis compañeros y amigos: Martin Jonathan, Irving, Mario, Alejandro, Ulises, Eduardo Alexis, Jesús Ignacio, María Luisa, Amos, Guadalupe, José Leonardo, Alberto, Alfonso y a mis compañeros de la carrera, fue un verdadero placer compartir este tiempo con ustedes, gracias por su amistad.

A quienes me inculcaron grandes valores para desarrollarme siempre con ética y profesionalismo, por sus enseñanzas y por ser de gran influencia en mi preparación le doy las gracias al Dr. Ricardo Requejo López, Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar, Dr. Humberto de León Castillo, M.C. Daniel Sámano Garduño y al Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo.

A mis coasesores que me dedicaron su tiempo y espacio para terminar esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria	I
Agradecimientos.....	III
Resumen.....	XII
I. Introducción	1
Justificación.....	2
Objetivo General	2
Hipótesis.....	2
II. Revisión de literatura	3
Cultivo de lechuga.....	3
Hidroponía	5
NGS (New Growing System)	5
Ventajas del sistema NGS	6
Solución nutritiva.....	7
Potencial osmótico.....	9
Potencial de óxido reducción (REDOX)	11
Humus de lombriz.....	11
Obtención del humus de lombriz	11
Composición del humus de lombriz	12
Efectos del humus de lombriz en los cultivos	12
Métodos de diagnóstico nutricional.....	14
Desviación del óptimo porcentual (DOP)	15
III. Materiales y métodos	16
Establecimiento y conducción de la investigación.	16

Material genético.....	16
Obtención y preparación de los tratamientos.....	18
Coadyuvante orgánico.....	18
Formulación de soluciones nutritivas base.....	18
Análisis de agua y requerimientos óptimos para el cultivo.....	18
Establecimiento de los tratamientos.....	20
Conductividad eléctrica (CE) y pH.....	21
Diagnóstico nutricional.....	23
Desviación del óptimo porcentual (DOP).....	23
<u>Desviación del óptimo porcentual (DOP) valores adecuados</u>	24
Establecimiento del experimento.....	25
Sistema NGS.....	25
Control de plagas.....	26
Variables evaluadas.....	26
Análisis estadístico.....	26
IV. Resultados y discusión.....	27
Prueba de medias para cada variable evaluada.....	28
Altura de planta.....	28
Número de hojas.....	29
Longitud de raíz.....	29
Peso fresco aéreo.....	30
Peso fresco de raíz.....	30
Peso seco aéreo.....	31
Peso seco de raíz.....	31
Resultados del método desviación del óptimo porcentual.....	31

V. Conclusiones.	35
VI. Recomendaciones.	37
VII. Literatura citada	38
Páginas citadas	40

Índice de cuadros.

	Pág.
Cuadro 2.1 Composición del humus de lombriz; (Empresas universitarias, UAAAN 2013).....	12
Cuadro 3.1 Resultado de los análisis de agua empleada y meq/L de cada elemento de la solución ideal según Cadahia (2005).....	19
Cuadro 3.2 Valores finales de macroelementos empleados en la solución nutritiva base.....	19
Cuadro 3.3 Valores de microelementos empleados en la solución nutritiva base.....	20
Cuadro 3.4 Valores finales de microelementos empleados en la solución nutritiva base.....	20
Cuadro 3.5 Descripción de las soluciones y sus modificaciones.....	20
Cuadro 3.6 Valores de pH, CE y relaciones de ST y PO en la respectiva modificación realizada durante el experimento.....	21
Cuadro 3.7 Formulación de la nueva solución nutritiva en base al triángulo de Steiner.....	23
Cuadro 3.8 Cálculos para el tratamiento 1(50% solución nutritiva + 50% humus de lombriz; var. Black Seed). Nivel adecuado.....	24
Cuadro 4.1 Cuadrados medios y significancia correspondiente a las variables evaluadas en el experimento.....	27
Cuadro 4.2 Valores medios por solución.....	27
Cuadro 4.3 Pruebas de rango múltiple de Tukey al 0.05 en cada variable.....	28

Cuadro 4.4 Resultados del análisis desviación del óptimo

porcentual y valores de los diferentes tratamientos.....32

Índice de figuras.

	Pág.
Figura 2.1 Disponibilidad de nutrimentos en función del pH en la solución nutritiva.....	4
Figura 3.1 Localización del sitio experimental.....	16
Figura 3.2 Cultivo de lechuga variedades: Butter crunch, Grandes Lagos, Parrish island y Black seed.....	17
Figura 3.3 Restricciones en relaciones iónicas equivalentes a 0.72 Atm. de presión osmótica y un pH de 6.5	22
Figura 3.4 Plántula de lechuga en el sistema NGS.....	25
Figura 6.1 Modelo multi-banda 3 capas.....	37

Resumen.

En la presente investigación se evaluó mediante diagnóstico nutricional el efecto coadyuvante del producto orgánico humus de lombriz en el cultivo de lechuga producido en el sistema NGS.

Se probaron dos soluciones nutritivas y 4 variedades de lechuga, se evaluó cada variedad en las dos soluciones nutritivas, siendo 8 líneas y cada línea fue tomada como un tratamiento. T1= (50% Solución nutritiva + 50% humus de lombriz; Var. Black Seed), T2= (50% Solución nutritiva + 50% humus de lombriz; Var. Parrish Island), T3= (50% Solución nutritiva + 50% humus de lombriz; Var. Grandes Lagos), T4= (50% Solución nutritiva + 50% humus de lombriz; Var. Butter Crunch), T5= (100% Solución nutritiva; Var. Black Seed), T6= (100% Solución nutritiva; Var. Parrish Island), T7= (100% Solución nutritiva; Var. Grandes Lagos), T8= (100% Solución nutritiva; Var. Butter Crunch).

Los tratamientos se establecieron bajo un arreglo de parcelas divididas y analizado como bloques completos al azar con cinco repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, número de hojas, peso fresco aéreo, peso fresco de raíz, longitud de raíz, peso seco aéreo y peso seco de raíz. El ANVA y la prueba de medias indicaron que la variedad que mejor respuesta tuvo fue la Parrish Island ya que en las dos soluciones fue la mejor en cuanto a longitud de raíz, peso fresco aéreo, peso seco aéreo, altura de planta y número de hojas. Sin embargo el tratamiento 1 (50% Solución nutritiva + 50% humus de lombriz; Var. Black Seed) fue el que presentó el mejor balance nutrimental. Se encontró como elemento más limitante al cobre seguido del fósforo y del zinc.

Palabras Clave: Diagnóstico nutricional, hidroponía, coadyuvante orgánico, lechuga, sistema NGS.

I. Introducción

La superficie mundial de las plantas cultivadas en sustratos y en sistemas hidropónicos líquidos sigue creciendo y pudiera suceder que entre 2010 y 2027 los cultivos al aire libre superen en el uso de estas técnicas a los de invernadero.

La superficie de cultivos utilizando sistemas hidropónicos está aumentando en todo el mundo. La razón de su popularidad es la combinación de varios factores; por un lado, están los mayores rendimientos, el control del sistema y la posibilidad de prevenir enfermedades; por el otro, la facultad que tiene este tipo de cultivos de evitar el dispendio de nutrientes y agroquímicos fitosanitarios (insecticidas, herbicidas y fungicidas); y por último, es indiscutible que en ciertas partes del mundo, incluyendo el sur de Europa, sea urgente aumentar la eficiencia del riego y fertirriego con la cual se obtienen productos comercializables. Consecuentemente, la superficie mundial de las plantas cultivadas en hidroponía va a seguir incrementándose. (Blok y Urrestarazu, 2010).

El sistema NGS que considera el producir cultivos en solución recirculante ha sido patentado por NEW GROWING SYSTEMS, S.L. (NGS®) en España y en otros países. Desde su aparición en 1991 y hasta finales del 2001, se ha extendido por más de veinte países, dentro de los cuales destacan: Chile, Ecuador, Francia, Grecia, Italia y México.

A partir de su nacimiento, en el año 1991, NGS® está incorporando constantemente al sistema nuevas tecnologías, lo que ha permitido adaptarlo permanentemente a las necesidades del mercado, a las exigencias de los productores, a nuevos cultivos hidropónicos y finalmente, a los nuevos sistemas de producción integrada.

El sistema NGS puede instalarse en explotaciones que cuenten con superficies cultivadas muy diferentes, desde unos pocos metros cuadrados hasta grandes superficies.

El sistema NGS se adapta perfectamente a la mayor parte de los cultivos hortícolas u ornamentales más importantes, que hoy en día se cultivan de forma hidropónica. En los últimos años, el sistema NGS ha permitido obtener buenas cosechas de tomate, pepino, melón, judía, fresa y gerbera, en invernadero y lechuga, al aire libre, actualmente se está ensayando con éxito en pimiento y cultivos ornamentales que, como la gerbera o el crisantemo, se pueden aprovechar por su flor cortada. A lo largo de los próximos años no se descarta la posibilidad de cultivar rosales, vides o cítricos con el sistema NGS.

(<http://fertirrigacionehidroponia.com/>)

Justificación

Ante la problemática que presentan los suelos surgen nuevas alternativas como lo es la hidroponía apoyada con la aplicación de productos orgánicos, la disminución en la utilización de sales minerales hace atractiva esta técnica. De este modo se reducirán los costos de producción, se obtendrán productos de buena calidad y de origen semiorgánico.

Por ello se planteó el siguiente:

Objetivo General

- Evaluar mediante diagnóstico nutricional el efecto de la adición de un coadyuvante orgánico en el sistema de producción hidropónica recirculante de lechuga.

Hipótesis

- El efecto coadyuvante del humus de lombriz asociado con la fertilización mineral, nos llevará al balance óptimo en la nutrición de lechuga.

II. Revisión de literatura

Cultivo de lechuga

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es uno de los cultivos hortícolas más importantes a nivel mundial. Se utilizan fundamentalmente sus hojas tiernas, que frecuentemente tienden a formar cogollo. En algunas variedades se utiliza el tallo engrosado. También existen variedades oleíferas, cuyas semillas pueden contener hasta un 35% de aceite (Nuez *et al.*, 2000).

El origen de la lechuga es bastante antiguo ya que existen pinturas que representan a esta hortaliza en una tumba de Egipto que data del año 4500 A.C. (Valadez, 1990)

Aunque Vavilov, citado por Maroto *et al.* (2000) pensaba que el origen de la lechuga había que situarlo en el Cercano Oriente, hoy en día los botánicos no se ponen de acuerdo al respecto, por existir un seguro antecesor de la lechuga, *Lactuca scariola* L., que puede encontrarse en estado silvestre en la mayor parte de las áreas templadas. Mallar citado por Maroto *et al.* (2000), recogiendo citas diversas, indica que las variedades de lechuga cultivadas actualmente son el producto de una hibridación entre especies distintas, continuando por el normal proceso de mutaciones.

Aunque existe un gran número de variedades cultivadas que se adaptan a una gama amplísima de climas, en términos generales puede decirse que las lechugas prefieren climas templados y húmedos. La temperatura óptima de crecimiento de las lechugas oscila entre los 15 y 20°C, según la variedad.

Las lechugas vegetan bien en suelos diversos, prefieren los terrenos francos y frescos que no retengan la humedad excesivamente, con abundante contenido en materia orgánica. Es una especie muy sensible a la sumersión, resiste valores medios en salinidad (normalmente se admite que la producción de lechugas no se ve afectada con valores de la C.E. (conductividad eléctrica) del extracto de saturación inferiores a 1.3 mmhos/cm).

Su límite óptimo de pH se cifra entre 6.8 y 7.4, aunque a veces se llega a señalar que si bien, el intervalo óptimo de pH está entre 6.5-7, puede vegetar sin problemas (con un manejo agronómico adecuado) con valores entre 5-8.5. No resiste a la acidez y se adapta bien a terrenos ligeramente alcalinos (Maroto, *et al.*, 2000).

La lechuga es una planta anual que bajo condiciones de fotoperiodo largo (más de 12 horas luz) acompañado de altas temperaturas (más de 26°C) emite su tallo floral, siendo más sensibles las lechugas de tipo orejona que las de cabeza, según menciona (Valadez, 1990).

Prometeo Sánchez García propone una tabla con respecto a la disponibilidad de nutrientes en función del pH en la solución nutritiva (Figura 2.1).

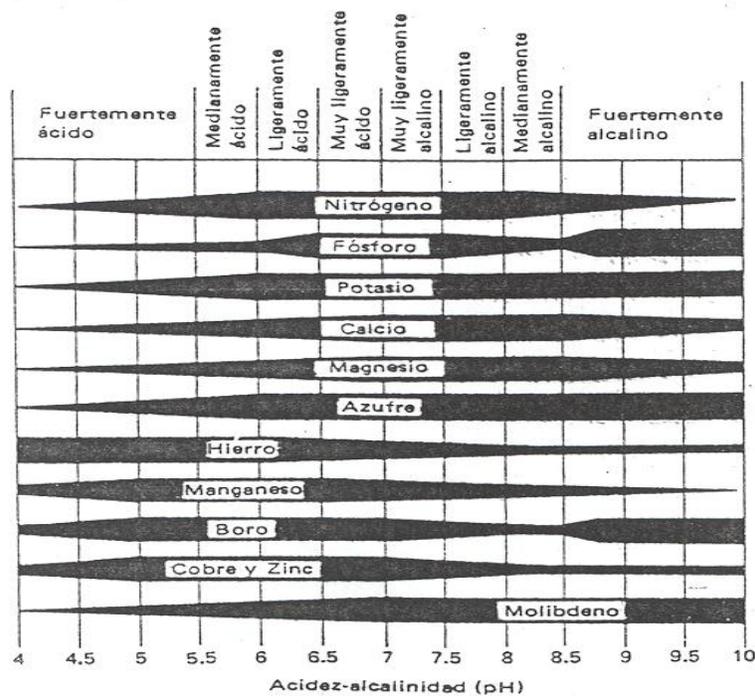


Figura 2.1. Disponibilidad de nutrimentos en función del pH en la solución nutritiva

(Sánchez, 2010)

Hidroponía

El agua es un recurso cuya escasez resulta dramática en las regiones áridas y semiáridas, de ahí que resulte una exigencia ineludible el lograr una eficiencia alta del agua en el riego de los cultivos. El escaso desarrollo que tiene el sistema radicular de la lechuga condiciona que este cultivo sea muy sensible al déficit hídrico en el suelo.

El vocablo hidroponía proviene de dos palabras griegas HYDRO que significa agua y PONOS que significa trabajo. Se concibe a la hidroponía como una serie de sistemas de producción en donde los nutrientes llegan a la planta a través del agua, son aplicados en forma artificial y el suelo no participa en la nutrición.

Los sistemas de producción hidropónicos pueden dividirse en dos grupos.

Cerrados.- En éstos la solución nutritiva recircula aportando de manera más o menos continua los nutrimentos que la planta absorberá.

Abiertos.- También llamados a solución perdida, donde la solución nutritiva no se recicla, sino que se elimina cuando el exceso no lo retiene el sustrato en el que están las raíces de las plantas (Rodríguez y Muñoz, 2006).

NGS (New Growing System)

NGS (New Growing System, por sus siglas en inglés), representa una nueva forma de cultivo hidropónico recirculante, desarrollado completamente en Almería, España.

NGS es la solución ideal para muchos productores y empresarios agrícolas con problemas de suelo y agua. El sistema NGS puede ser establecido, incluso, en terrenos inicialmente calificados como no aptos para la agricultura y/o con poco o nulo suministro de agua de riego. NGS representa una nueva alternativa para los

invernaderos de reciente instalación y una excelente opción para quien desee incursionar en los cultivos hidropónicos.

El sistema NGS se basa en la circulación de una solución nutritiva, por el interior de un conjunto de bolsas de polietileno colocadas una dentro de otra. La disposición de las bolsas se hace de tal forma que, la solución nutritiva, después de recorrer la línea de cultivo, descarga por medio de un embudo en una tubería de drenaje que permite la recirculación del agua y de los nutrientes sobrantes. Se trata de un sistema de cultivo hidropónico suspendido, que trabaja en circuito cerrado, aprovecha los drenajes y optimiza el agua y los fertilizantes aportados al cultivo con la solución nutritiva.

NGS es una inversión duradera, pues el tiempo de vida del sistema es superior a los 5 años y puede llegar hasta los 8 años con los cuidados necesarios. Por su naturaleza NGS ayuda a disminuir los costos de producción en aproximadamente un 30% gracias a la recirculación y aprovechamiento de nutrientes. Con NGS se consiguen plantaciones más precoces y más productivas, ampliando así los periodos de cultivo a lo largo del año y la rentabilidad de su instalación.

(<http://www.cultivohidroponico.com/>)

Ventajas del sistema NGS

- Representa un nuevo sistema de cultivo hidropónico que permite alcanzar altas producciones de excelente calidad, prescindiendo del suelo y de cualquier sustrato; es por ello que, todos los problemas que se presentan cultivando sobre el suelo o cualquier sustrato, desaparecen.
- Ha sido desarrollado para trabajar en circuito cerrado, recirculando permanentemente la solución nutritiva; de ahí el ahorro de agua y nutrientes que se consigue.

- Permite obtener producciones más precoces. Las plantas trabajan de forma eficiente desde el mismo día de su instalación.
- Permite reutilizar el cien por ciento de los drenajes; de ahí que sea considerado de bajo impacto ambiental.
- Permite alcanzar producciones aceptables, incluso utilizando aguas de riego de mala calidad. El movimiento continuo de la solución nutritiva reduce los riesgos de salinidad que aparecen cuando se utilizan otros sistemas.
- Trabajando con riegos intermitentes ajustados a las necesidades de cada cultivo, mantiene el sistema radicular perfectamente aireado, lo que se traduce en una producción más abundante y de excelente calidad.
- Trabajando con calefacción de la solución nutritiva, permite aportar calor a la parte del cultivo, la raíz, que mejor lo aprovecha para llevar a cabo una correcta asimilación de nutrimentos.
- Admite la incorporación de cualquier sistema convencional que se pueda utilizar para desinfección de soluciones nutritivas: Biocidas (Cl_2 , H_2O_2), vapor de agua a alta temperatura ($120\text{ }^\circ\text{C}$), radiación ultra-violeta (UV-C) u ozono (O_3).
- Es económico, fácil de instalar y se adapta a cualquier tipo de explotación.
- Resulta atractivo por varias razones: a) Permite la inspección rápida de la raíz; b) conduce a un proceso de producción limpio; c) permite realizar el cambio de cultivo con gran rapidez e higiene y d) se adapta a cualquier tipo de cultivo hortícola y ornamental.

(<http://fertirrigacionehidroponia.com/>)

Solución nutritiva

La horticultura ha venido intensificando el consumo de nutrimentos debido a un significativo aumento en los potenciales de rendimiento, primeramente al pasar del riego por gravedad al sistema de riego por goteo y posteriormente al sistema de producción intensiva en invernadero.

Teniendo en cuenta que por cada tonelada de fruta que se produce, se extrae una determinada cantidad de nutrimentos, a mayor rendimiento, mayor extracción nutrimental. Por esta razón, las dosis de fertilización por unidad de superficie en estos cultivos se han disparado con relación a los cultivos convencionales. Debido a esto, en las explotaciones hortícolas extensivas, hoy en día se suelen aplicar soluciones nutritivas, en lugar de dosis de fertilizantes. El concepto de la solución nutritiva ha sido originalmente propuesto para sistemas hidropónicos o de cultivos sin suelo, pero también se aplica para cultivos en suelo.

Una solución nutritiva es la mezcla de elementos nutritivos en solución, cuya concentración y relaciones elementales favorecen la absorción nutrimental por el cultivo. Las primeras soluciones nutritivas surgieron hacia 1860 y continuaron su desarrollo hasta mediados del siglo pasado, figurando entre las clásicas la de Knop en 1860, Crone en 1900, Arnon en 1902 y Hoagland en 1950.

En 1961 Steiner en Holanda, propuso el concepto de la solución nutritiva universal. Esta solución nutritiva clasifica a los nutrimentos según su carga eléctrica. Steiner propuso que debe existir una relación entre aniones y cationes para que las plantas puedan aprovecharlo al máximo.

(http://www.intagri.com.mx/noticia_14.html)

La solución nutritiva se debe proporcionar a las plantas a una temperatura mayor de 8°C ya que con temperaturas más bajas algunos nutrimentos como el fósforo, hierro y calcio no pueden ser absorbidos por las plantas.

Es importante realizar un análisis del agua para conocer entre otros aspectos su pH, conductividad eléctrica (CE), contenido de carbonatos, bicarbonatos, nutrimentos, y elementos tóxicos. Los elementos nutritivos deberán restarse en el cálculo de fertilizantes y los carbonatos y bicarbonatos neutralizarse con algún ácido.

(http://www.conevyt.org.mx/educchamba/guias_emprendizaje/SOLUCION_NUTRITIVA.pdf)

En sistemas hidropónicos cerrados, con una recirculación de la solución nutritiva, los nutrimentos que no son absorbidos por las plantas (como el sodio, cloruro, etc.) o los iones soltados por la planta, se acumulan en la solución, en tal caso, se necesita más información acerca del contenido de la solución nutritiva, que la CE no puede proporcionar, por lo tanto, hay que reemplazar la solución nutritiva de vez en cuando, o diluirla con agua de buena calidad.

El rango óptimo de pH para la solución nutritiva es 5.8-6.3. Los micronutrimentos están más disponibles en un pH más bajo, pero cuando el pH se cae por debajo de 5.5, se corre el riesgo de toxicidad de los micronutrimentos, así como problemas de disponibilidad del calcio y del magnesio. En cultivos hidropónicos, especialmente en sistemas cerrados, las raíces afectan el pH de la solución nutritiva, así que el pH tiende a fluctuar.

(<http://www.smart-fertilizer.com/articulos/solucion-hidroponica>)

Las soluciones nutritivas diluidas favorecen la absorción de agua y limitan las de algunos nutrimentos, particularmente de aquellos absorbidos por difusión (P y en parte N y K). Las plantas resultan alargadas con tallos y ramas de textura suave, fácilmente quebradizas y de color verde claro, en cambio, las soluciones concentradas favorecen más la absorción de algunos nutrimentos y restringen los absorbidos por flujo de masas (Ca y Mg); las plantas son más compactas, los tallos y ramas más leñosos, las hojas de menor tamaño y el color en general es verde oscuro; Steiner (1961) citado por Carrillo (2009).

Potencial osmótico

El potencial osmótico (PO) es una propiedad físico química de las soluciones, la cual depende de la cantidad de partículas o solutos disueltos y se mide en Pascales (Pa). La importancia que representa el PO en la solución nutritiva es que al disminuir éste, debido al incremento en el contenido de nutrimentos o de otros iones, la planta debe efectuar un mayor esfuerzo para absorber agua y algunos nutrimentos, es decir, tiene que invertir mayor cantidad

de energía para llevar a cabo este proceso fisiológico, este desgaste de energía puede ser en detrimento de energía metabólica.

Al disminuir el PO de la solución nutritiva, además de inducir una deficiencia hídrica en la planta, puede ocasionar deficiencias y desbalances nutrimentales. No todos los nutrimentos se ven afectados en igual medida por este fenómeno. Los que se absorben por flujo de masas, como el Ca^{2+} y el Mg^{2+} son los que se absorben en menor cantidad. Por lo que al disminuir el PO en la solución se puede provocar deficiencia principalmente de Ca^{2+} , según Lara (1998) citado por Carrillo (2009).

Nobel citado por Carrillo (2009) encontró que cuando se incrementó la concentración de nutrimentos en el tejido de la planta, el potencial osmótico de la planta disminuyó, y la habilidad de la planta de absorber agua aumentó.

En sus estudios de nutrición con varias especies vegetales, Steiner citado por Carrillo (2009), encontró que la concentración iónica total en términos de presión osmótica, es el factor más determinante para el crecimiento, desarrollo y producción de una planta. En ensayos posteriores Steiner citado por Carrillo (2009), demostró que la relación mutua de absorción nutrimental está determinada principalmente por la fase de crecimiento y por la presión osmótica de la solución nutritiva. Además señala que la intensidad lumínica y la temperatura ambiental influyen de manera importante en la dirección de la selección.

La concentración óptima depende del tipo de planta y el clima que le rodea; por lo que la presión osmótica de la solución nutritiva deberá ser más alta en época de invierno que en verano y generalmente más alta en regiones templadas que en regiones tropicales; esto en el caso del tomate, permite promover la capacidad de floración en una fase temprana de crecimiento y consecuentemente aumentar la producción de frutos, pero las causas de este fenómeno no son conocidas (Steiner, 1973).

Potencial de óxido reducción (Redox)

El potencial REDOX es una medida de la actividad de los electrones. Está relacionado con el pH y con el contenido de oxígeno. Es análogo al pH ya que el pH mide la actividad de protones y el potencial redox mide la de los electrones.

(<http://www.cienciaybiologia.com/ecologia/redox.htm>)

El potencial REDOX (ORP) es una propiedad fisicoquímica que presentan los solutos capaces de intercambiar electrones con un electrodo inerte. El potencial REDOX influye en el crecimiento bacteriano en forma independiente del oxígeno disuelto. (Martinez, *et al.*, 2005).

Humus de Lombriz

Obtención del humus de lombriz

En el proceso de elaboración del humus por la lombriz, el agua de riego percola la masa de materia orgánica en proceso de transformación y a su paso se enriquece de sustancias minerales y de microorganismos. Este líquido tiene una gran concentración de nitrógeno y muchos microelementos.

(www.infoagro.com/abonos/lombricultura.htm)

A niveles comerciales se utiliza estiércol de ganado bovino, por su disponibilidad en cuanto a volumen, también debido a que contiene una mayor cantidad de nutrimentos. El manejo de camas de lombrices da como resultado dos presentaciones comerciales, de forma sólida y de forma líquida. El sólido es el resultado de la transformación digestiva y metabólica de la materia. La presentación líquida es el lixiviado de los riegos que se deber hacer para mantener las lombrices a una temperatura fresca (Ferruzzi, 1986).

El humus de lombriz, es un abono orgánico, natural, sin elementos químicos de síntesis, muy rico en macro y micronutrimentos, que procedente de la preparación

de los detritus fito-aprovechables de la lombriz roja, constituye una perfecta y completa alternativa en la fertilización de los cultivos en general y ecológicos.

(<http://www.alecoconsult.com/index.php?id=humus-de-lombriz>)

Composición del humus de lombriz

Como se ha mencionado anteriormente, el humus de lombriz es el lixiviado de las camas de lombricomposta al momento del riego (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Composición del humus de lombriz; (Empresas universitarias UAAAN, 2013).

Minerales	Unidades	Concentración
Nitrógeno	%	0.65
Fósforo	%	0.01
Potasio	%	1.21
Calcio	%	1.87
Magnesio	%	1.06
Sodio	%	1.51
Ácidos Húmicos	%	5.01
Ácidos Fúlvicos	%	1.48
Hierro	mg/L	14
Zinc	mg/L	2.3
Manganeso	mg/L	3.1
Cobre	mg/L	3.1
Boro	mg/L	27
Flora microbiana benéfica	UFC/ml	1.1 x 10⁶

Contenido nutritivo del humus de lombriz

No todos los productos comerciales de humus de lombriz tienen esta composición, ya que algunas casas de productos o fabricantes rebajan el líquido lixiviado con el fin de rendir el producto lo que disminuye la calidad y eficiencia del mismo. Por otro lado el humus de lombriz tiene una gran cantidad de agentes microbianos en su composición.

Efectos del humus de lombriz en los cultivos

El humus líquido (parte soluble en medio alcalino del humus de lombriz) contiene los elementos solubles más importantes presentes en el humus sólido, entre ellos las huminas, los ácidos húmicos, fúlvicos, y úlmicos. El humus líquido

aplicado al suelo o a la planta ayuda a asimilar macro y micronutrientes, evitando la concentración de sales. Crea un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos como las bacterias, hongos, etc. que impiden el desarrollo de patógenos, reduciendo sensiblemente el riesgo de enfermedades, además, estimula al suelo a desarrollar su propio humus, ya que incorpora y descompone los residuos vegetales en el suelo. (Orduño, *et al.*, 2012).

Efectos comprobados de los ácidos húmicos en lechuga:

- Estimula la germinación y emergencia de semillas.
- Promueve el desarrollo radicular de la lechuga y suprime los efectos alelopáticos de exudados radicales de tomate y otros cultivos.
- Incrementa el crecimiento de la planta en especial la lámina de la hoja.
- Eleva el rendimiento comercial del cultivo.
- Mejora la calidad nutricional del producto.
- Mejora la resistencia a enfermedades.
- Eleva la eficiencia de uso de los fertilizantes (N-P-K)

(<http://www.humuscasa.cl/fichas/lechugas.pdf>)

El efecto del humus sobre las plantas puede ser muy profundo. La planta toma un aspecto que se asemeja a la personalidad; el follaje cobra apariencia característica; las hojas adquieren el brillo de la salud; las flores desarrollan en sus colores tonos profundos; los diminutos caracteres morfológicos de la planta en conjunto se hacen más agudos y más claros. El desarrollo de las raíces es abundante; las raíces activas muestran no solamente turgencia, sino también un estado floreciente.

Los humus líquidos son abonos orgánicos formulados a partir de humus, los que no sustituyen a los fertilizantes, sino que son un complemento de estos, favoreciendo su absorción y utilización por parte de la planta.

Estos productos provocan un incremento de la materia seca aérea y radical de los cultivos, cuando se aplica como complemento de la fertilización, permitiendo que con una misma dosis de fertilizantes se obtengan mayores rendimientos.

La aplicación de humus líquido eleva la eficiencia de utilización de fertilizantes respecto a la eficiencia neta de uso de estos, para el caso del nitrógeno ésta se aumenta en un 20%, para fósforo el efecto es de alrededor de un 4%, mientras que es sumamente efectivo en la absorción de potasio logrando incrementos en la eficiencia de utilización de hasta un 50%. Este efecto podría permitir la reducción de las dosis de fertilización necesarias para los cultivos, a la vez estos productos provocan un incremento del contenido de clorofila del cultivo. (Fernández, 2003).

Métodos de diagnóstico nutricional

Para poder realizar el diagnóstico del estado nutricional por medio del análisis foliar es necesario disponer antes de valores de referencia u óptimos nutricionales que permitan interpretar correctamente los datos analíticos procedentes de una plantación. No basta con saber cuánto potasio (K) tienen las hojas de los árboles de una plantación, sino que también es necesario conocer cuál es el nivel óptimo de K que deberían tener.

Estos índices de referencia se han de obtener en las propias áreas de producción y no es completamente válido adoptar como propios los valores ofrecidos por los diferentes autores en la bibliografía. Esto queda patente al observar la gran variación entre los valores de los diferentes autores que es debida a las distintas condiciones climáticas, edáficas, de manejo, etc.

(http://www.fraisoro.net/articulos/39_27_31.pdf)

Desviación del óptimo porcentual (DOP)

El sistema DOP (Desviación de Óptimo Porcentual) por una vía de cálculo mucho más sencilla, puede llegar a las mismas conclusiones interpretativas que el DRIS en lo que respecta a fijar el mismo orden de limitación de nutrimentos aun cuando no sea este su objetivo, pero al ser sus índices numéricos indicadores de las situaciones de déficit o exceso (signo – o +) y su valor absoluto cuantificador del posible desarreglo nutricional, permite la total informatización de la emisión de un diagnóstico bajo los aspectos cuantitativos y cualitativos de la nutrición (Sanz, 2000).

El método de desviación del óptimo porcentual (DOP), también considerado como un método estadístico, usa la comparación de la concentración del nutrimento respecto de la norma, pero en una expresión porcentual. En otras palabras, cuantifica la cantidad en que un nutrimento se desvía de esa norma individual. De esta manera permite una clasificación u ordenamiento de los nutrimentos en función de su efecto limitante.

La sumatoria de los valores absolutos de los índices representa el balance nutritivo total de la planta y puede ser relacionado con la productividad. Este método es fácil de utilizar y sus resultados son muy similares a los obtenidos usando el DRIS (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación) (Cadahia, 2005).

III. Materiales y métodos

Establecimiento y conducción de la investigación

El presente trabajo se llevó a cabo en el Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se localiza a 7 Km al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, con una altitud de 1743 msnm, la temperatura media anual es de 19.8°C, con una máxima en los días cálidos de verano de 35°C, y en días de invierno las temperaturas rondan los 5°C (Figura 3.1); se estableció en una cama localizada a espaldas del invernadero que se encuentra a un costado del Departamento de Ciencias del Suelo.



Figura 3.1. Localización del sitio experimental

Material genético

Se trabajó en este experimento con las variedades: Grandes Lagos (Romana), Parrish island (Orejona), Butter crunch (Francesa) y Black seed (Italiana) (Figura 3.2). La semilla se puso a germinar el día 19 de Agosto del 2013 en charolas de poliestireno, utilizando como sustrato peatmoss y una pequeña capa de vermiculita, se estibarón las charolas y se cubrió con un plástico negro por tres días en un invernadero tipo túnel de 50m² localizado a un costado del Departamento de Ciencias del Suelo en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

Se colocaron ocho estructuras de metal a base de varilla y alambrión de 5 m de largo, sobre las que se instaló el sistema NGS. La elaboración de la estructura metálica demoró el tiempo a trasplante, el cual se llevó a cabo el día 28 de septiembre en una de las camas que se encuentran a espaldas del invernadero antes mencionado con medidas de 10 m de largo, por 1 m de ancho y un metro de alto. Dándole una pendiente del 2% al sistema.



Figura 3.2. Cultivo de lechuga variedades: Butter crunch, Grandes lagos, Parrish island, y Black seed.

La variedad Butter crunch es una hortaliza de ensaladas, considerada como una planta de propiedades tranquilizantes. Su alto contenido en vitaminas la hace una planta muy apreciada en la dietética actual. Esta lechuga es poco conocida, posee las hojas sueltas, finas y dispersas para empezar a cortar a los 20-25 días después de la siembra luego rebrota y se sigue cortando.

(<http://www.elportalmayor.com/index.php/salud-y-vida/16-lechuga-francesa>)

La variedad Grandes Lagos forma numerosas hojas de borde irregularmente recortado (crespo); las externas se disponen abiertamente y las más nuevas e internas forman un cogollo o grumo central compacto, llamado cabeza. Las lechugas de este tipo son de mayor tamaño, pudiendo llegar a pesar más de 1 kg, y presentan un periodo de siembra a cosecha más largo (más de 100 días).

La variedad Parrish island corresponde a lechugas de corte o de hojas sueltas, este tipo no forma cogollo, sino que sus hojas se presentan sueltas, no envolventes. Desarrollan una roseta muy tupida de hojas libres.

https://www5.uva.es/guia_docente/uploads/2012/446/42109/1/Documento2.pdf

La variedad Black Seed es una de las lechugas más populares, por su delicado sabor, su tierna textura y sus hojas grandes y de color ligeramente verde-amarillo. Crece rápidamente alcanzando su plena madurez en solo 45 días desde la siembra de la semilla, aunque puede comenzar a cosecharse desde las tres semanas. A partir de los 40 días el sabor comienza a tornarse amargo y las hojas van perdiendo la ternura.

http://semicol.co/semillas/hortalizas/lechuga-black-seeded-simpson/flypage_new.tpl.html

Obtención y preparación de los tratamientos

Coadyuvante orgánico

Como parte de uno de los tratamientos se utilizó a manera de coadyuvante Humus de lombriz comercial, obtenido en Empresas Universitarias de la UAAAN.

Formulación de soluciones nutritivas base

La solución base para el cultivo de lechuga se preparó considerando los macros y microelementos, en base a esta solución, sólo se trabajó con dos tratamientos una solución al 100% y otra comenzando con un 50% de solución nutritiva y 50% de humus de lombriz; por ser el potasio el de mayor requerimiento en la solución ideal fue tomado como base para el cálculo en la adición del coadyuvante a la solución, ya que el potasio es el segundo de riqueza en el contenido nutrimental del humus de lombriz utilizado para este trabajo.

Análisis de agua y requerimientos óptimos para el cultivo

En el experimento por fines prácticos se trabajó con una solución para 504 L de agua, concentrada en un recipiente plástico de 9 L, en la que solo se encuentran las sales minerales. En base al consumo de los dos tratamientos se

aplicaron las cantidades necesarias del recipiente plástico con la solución concentrada. Para conocer la cantidad de coadyuvante a utilizar se ocupó como base el K. El elemento que en mayor cantidad se encuentra en el coadyuvante orgánico es el calcio, sin embargo no fue usado como base porque el agua ya lo contenía, además en la solución que propone Cadahia (Cuadro 3.1 y Cuadro 3.3) el K es el de mayor demanda por esa razón se utilizó como base este elemento y así evitamos un desequilibrio de los demás elementos. De inicio se aplicaron 17 ml/L de humus de lombriz, después 8.5 ml/L y por último 4.25 ml/L. La disolución a inyectar para los dos tratamientos se preparó en dos tambos de 100 L.

Cuadro 3.1. Resultado de los análisis de agua empleada y meq/L de cada elemento de la solución ideal según Cadahia (2005).

Meq/L	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Agua	0.081	---	3.49	1.7	1.54	---	---	3.5	4.2
Solución	19	2	2.2	---	---	1.25	11	9	2
Aportes	18.919	2	---	1.2 *	---	1.25	11	5.5	---

*meq/l de ácido (H) para atacar HCO₃

En el Cuadro 3.2 se observan los fertilizantes utilizados para cubrir el requerimiento de los macroelementos.

Cuadro 3.2. Valores finales de macroelementos empleados en la solución nutritiva base.

Fertilizante	meq/l	Factor	Total 1L	Para 504 L
HNO ₃	1.2	0.06	0.07 ml/L	35.28 ml
NH ₄ H ₂ PO ₄	2	0.12	0.24 g/L	120.96 g
KNO ₃	11	0.10	1.1 g/L	554.4 g
Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	5.5	0.12	0.66 g/L	332.64 g

Cuadro 3.3. Valores de microelementos empleados en la solución nutritiva base.

Microelementos.					
Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
2.2 ppm	0.5ppm	0.26ppm	0.32ppm	0.05ppm	0.05ppm

En el Cuadro 3.4 se puede observar los fertilizantes con los que fueron abastecidos los microelementos.

Cuadro 3.4. Valores finales de microelementos empleados en la solución nutritiva base.

Elemento	Cálculos
Quelato Fe	$2.2 \text{ mg/l} / (100/18) = 12.22 \text{ mg/l} / (504 \text{ l}) / 1000 = 6.16 \text{ g/504L}$
Quelato Zn	$0.26 \text{ mg/l} / (100/9) = 2.88 \text{ mg/l} / (504 \text{ l}) / 1000 = 1.45 \text{ g/504L}$
MnSO ₄ + 2H ₂ O	$0.5 \text{ mg/l} / (187/55) = 1.7 \text{ mg/l} / (504 \text{ l}) / 1000 = 0.86 \text{ g/504L}$
H ₃ BO ₃	$0.32 \text{ mg/l} / (61.8/10.8) = 1.83 \text{ mg/l} / (504 \text{ l}) / 1000 = 0.92 \text{ g/504L}$
CuSO ₄ + 5H ₂ O	$0.05 \text{ mg/l} / (249.5/63.5) = 0.19 \text{ mg/l} / (504 \text{ l}) / 1000 = 0.095 \text{ g/504L}$
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ + 4 H ₂ O	$0.05 \text{ mg/l} / (1236/672) = 1.83 \text{ mg/l} / (504 \text{ l}) / 1000 = .092 \text{ g/504L}$

Establecimiento de los tratamientos

Se creó una sola solución nutritiva concentrada en 9 litros para los 8 tratamientos, y se depositó en un recipiente de plástico; para su aplicación, cada tratamiento fue diluido a 100 litros, identificando los tratamientos como se describen en el Cuadro 3.5.

Cuadro 3.5. Descripción de las soluciones y sus modificaciones.

Soluciones	SN (%)	SN (ml)	CN (%)	CN (ml)
1	50	893	50	1700
1 (1 ^a modificación)	75	1339	25	850
1 (2 ^a modificación)	87.5	1519	12.5	425
2	100	1785	0	0

SN=Solución Nutritiva. CN= Coadyuvante de la nutrición.

Se prepararon dos soluciones de las cuales una siempre se mantuvo tal cual, mientras que la complementada con el coadyuvante fue cambiando a razón de la toma de pH y CE, se realizaron 3 modificaciones de las concentraciones.

Conductividad Eléctrica (CE) y pH

En el cuadro 3.6 se observan los valores de pH y CE, además de los valores de Potencial Osmótico y Sales Totales en relación a la CE, los cuales fueron calculados con las siguientes fórmulas.

Relación entre el Potencial Osmótico (PO) y la Conductividad Eléctrica (CE)

$$PO \text{ (bars)} = -0.36 \times CE$$

Relación entre Sales Totales (ST) y la Conductividad Eléctrica (CE)

$$ST \text{ (g/L)} = 0.64 \times CE$$

Cuadro 3.6. Valores de pH, CE y relaciones de ST y PO en la respectiva modificación realizada durante el experimento.

SOLUCIONES	pH		CE		ST		PO	
	1	2	1	2	1	2	1	2
SN 100%	7	7.5	1.87	2.5	1.19	1.6	-0.67	-0.9
SN 50 % + 50% HL	7.11	7.9	1.47	2	0.94	1.28	-0.52	-0.72

Primera modificación

SOLUCIONES	pH			CE			ST			PO		
	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
SN 100%	7.3	7.1	7	3.1	2.8	3.1	1.19	1.79	1.98	-1.16	-1.0	-1.16
SN 75% + 25% HL	7.6	7.4	7.3	2.4	2.3	2.3	1.53	1.47	1.47	-0.86	-0.82	-0.82

ST =Sales Totales. PO= Potencial Osmótico. SN= Solución nutritiva.

La primera lectura tomada arrojó pH's altos por lo que se tomó la decisión de aplicar 1 Meq/L de H_3PO_4 , para la segunda toma de datos el pH siguió muy elevado así que se aplicó 1 Meq/L de HNO_3 , la tercera siguió presentando el mismo problema así que se tomó la decisión de aplicar 1 Meq/L de H_3PO_4 y 1 Meq/L de HNO_3 . Esto siempre se realizó en ambos tambos de solución.

Para la última lectura de pH y CE se tomó una decisión diferente, se planteó una nueva solución nutritiva ahora en base al triángulo de Steiner (Figura 3.3). Esta fue preparada al 87.5% ya que el 12.5% restante sería como humus de lombriz. Sólo se cambió la solución con el coadyuvante orgánico, se midió lo que restaba de la solución en el tampo y se tiró para suplirla por la nueva solución con las nuevas concentraciones.

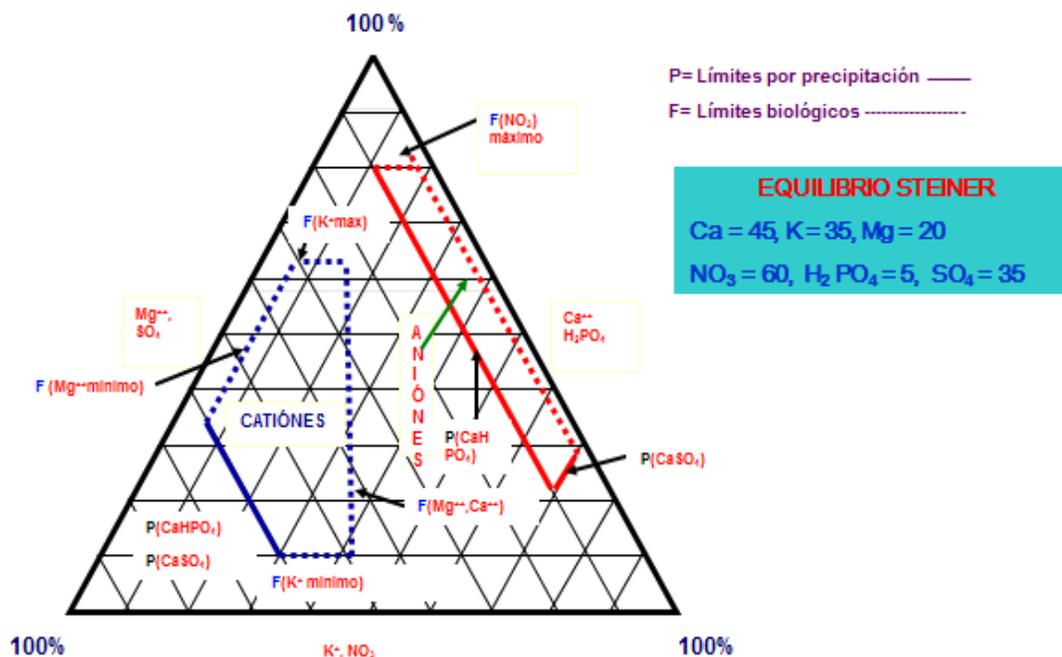


Figura 3.3. Restricciones en relaciones iónicas equivalentes a 0.72 Atm. de presión osmótica y un pH de 6.5.

La nueva solución quedó de la siguiente manera:

Después de realizados los cálculos y hechas las modificaciones la nueva solución quedó como se muestra en el cuadro 3.7.

Cuadro 3.7. Formulación de la nueva solución nutritiva en base al triángulo de Steiner.

Fertilizante	Meq/L	Factor	Total 1L	Para 80 L al 87.5%
H ₃ PO ₄	2	0.07	0.14 ml/L	9.8 ml
Mg SO ₄ 7H ₂ O	1	0.12	0.12 g/L	8.4 g
KNO ₃	11	0.10	1.1 g/L	77 g
Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	6.5	0.12	0.78 g/L	54.6 g
K ₂ SO ₄	1	0.08	0.08 g/L	6.3 g

El día 25 de octubre fue cambiada la solución nutritiva, sólo fue para la última semana del cultivo esperando observar algunos cambios en la planta. La razón del cambio en la solución fue la notoria deficiencia de azufre en las variedades abastecidas con la solución y el coadyuvante orgánico. En base al triángulo de Steiner se llegó a la adición de 2 Meq de SO₄ (como: K₂SO₄ y Mg SO₄ 7H₂ O) y 1 Meq de Ca (como: Ca(NO₃)₂ 4H₂O).

Diagnóstico nutricional

Desviación del óptimo porcentual (DOP)

Con este diagnóstico se busca conocer en qué porcentaje están desviados los niveles de concentración mineral de las muestras foliares. Este es calculado por una sencilla fórmula, con los datos obtenidos del laboratorio y los valores tomados del manual de Reuter y Robinson (1986) (Cuadro 3.8).

Desviación del óptimo porcentual (DOP) valores adecuados

En el cuadro 3.8 se muestra un ejemplo del cálculo para obtener el DOP, utilizando el tratamiento 1.

Cuadro 3.8. Cálculos para el tratamiento 1 (50% Solución nutritiva + 50% humus de lombriz; Var. Black Seed). Nivel adecuado.

Elemento	Laboratorio	Nivel Adecuado	DOP Nivel Adecuado
P	0.173%	0.4%	-56.75
K	9.54%	6.5%	46.76
Ca	2.43%	1.7%	42.94
Mg	0.5%	0.5%	0
Fe	165 ppm	160 ppm	3.12
Cu	15 ppm	45 ppm	-66.66
Mn	135 ppm	115 ppm	17.39
Zn	85 ppm	87.5 ppm	-2.85

Para obtener el índice DOP, se dividen los resultados de laboratorio entre el valor de referencia y se multiplican por 100, y al total se le resta 100. Se ejemplifica con el Ca del tratamiento 1.

$$\text{DOP Ca} = 2.43/1.7 = 1.42 * 100 = 142.94 - 100 = 42.94$$

Este resultado quiere decir que el tratamiento 1 (50% Solución nutritiva + 50% humus de lombriz; Var. Black Seed) le sobró un 42.94% para obtener un balance nutricional óptimo.

La suma de los índices totales de los tratamientos el que presente un valor más cercano a CERO será el que presente un mejor balance nutricional.

Establecimiento del experimento

Sistema NGS

Una vez obtenida la plántula de 41 días se llevó a un sistema NGS, se armó la estructura de metal sobre la cama dándole una pendiente del 2% sobre la que se colocó el sistema NGS conformado por un conjunto de bandas de polietileno, con una separación entre orificios de 10 cm y un largo de 5 m, se utilizó una cintilla de riego dentro de la primera banda del sistema; las plántulas se trasplantaron en un pedazo de cartón de una tapa de huevo (Figura 3.4).

Se establecieron ocho líneas de 50 plantas cada una, se prepararon dos recipientes de 100 litros con solución nutritiva para que cada uno de estos abasteciera a 4 líneas, cada solución se consideró como el tratamiento de parcela grande y las variedades de lechuga conformaron las parcelas chicas.



Figura 3.4. Plántula de lechuga en el sistema NGS.

En el tambo con la solución al 100% se implementó un sistema de bombeo, mediante una bomba utilizada en los acuarios domésticos, en el caso de la solución con el coadyuvante orgánico se tuvieron que utilizar dos bombas ya que la recirculación era mínima, estas bombas se conectaron a una manguera que conducía a un tubo PVC de 1", a través de este tubo se abastecían las cintas de riego.

La larga estancia de la plántula en las charolas provocó un severo estrés a la hora del trasplante, esto aunado a las altas temperaturas y a la intensa radiación provocaron la muerte de hojas, por lo que se realizó el retiro de las hojas muertas y secas.

Control de plagas.

Durante el ciclo del cultivo se presentó pulgón (*Nasonovia ribisnigris*), para su control se realizó una aplicación de dimetoato a razón de un ml/100L vía fertirriego, la respuesta del insecticida fue satisfactoria.

Variables evaluadas

En el experimento se evaluaron: altura de planta, número de hojas, peso fresco aéreo, peso seco aéreo, peso fresco de raíz, peso seco de raíz y longitud de raíz. El número de hojas fue determinado por el conteo de estas cada dos días. La altura de planta y longitud de raíz se determinó con una regla de 30 centímetros, las mediciones se hicieron cada dos días pero sólo la última toma de datos fue considerada, ésta se tomó el día 29 de Octubre. Se determinó el peso fresco aéreo, peso seco aéreo, peso fresco de raíz y el peso seco de raíz en una balanza granataria y se expresó en gramos. La raíz se secó en una estufa a 60°C por 72 horas.

Análisis estadístico

Se utilizó el programa SPSS en la versión 7.0 para realizar el análisis estadístico y la prueba de medias de Tukey. Se empleó un arreglo de parcelas divididas en donde la parcela grande la conformaron las soluciones y la parcela chica las variedades, con cinco repeticiones siendo cada planta una repetición y se analizaron como bloques completos al azar.

IV. Resultados y discusión

En el Cuadro 4.1 Se presentan los cuadrados medios y la significancia correspondientes a las variables evaluadas en el experimento, en él se puede observar diferencia altamente significativa para todas las variables evaluadas con respecto a las soluciones. En el caso de altura de planta, número de hojas y longitud de raíz presentaron diferencia altamente significativa en tratamientos y significativa para el caso de peso fresco aéreo y peso seco aéreo, mientras que peso fresco de raíz y peso seco de raíz no mostraron significancia alguna y no hubo significancia para repeticiones.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancia correspondiente a las variables evaluadas en el experimento.

FV	GL	AP	NH	LR	PFA	PFR	PSA	PSR
SN	1	250.00**	105.62**	207.02**	30.13**	2083.69**	41.82**	8.74**
T	3	157.14**	287.42**	86.55**	3.03*	270.52 ^{NS}	5.76*	1.41 ^{NS}
R	4	5.19 ^{NS}	29.03 ^{NS}	40.85 ^{NS}	0.73 ^{NS}	141.42 ^{NS}	1.54 ^{NS}	1.90 ^{NS}
EE	31	5.92	15.60	22.32	859.51	168.99	1.96	0.89
CV%		11.85	22.16	22.40	54.16	52.22	45.75	29.29

F.V. Fuente de Variación. G.L. Grados Libertad. A.P. Altura de Planta. N.H. Número de Hojas. L.R. Longitud de Raíz. P.F.A. Peso Fresco Aéreo. P.F.R. Peso Fresco de Raíz. P.S.A. Peso Seco Aéreo. P.S.R. Peso Seco de Raíz. S.N. Solución Nutritiva *Significativo **Altamente Significativo NS No Significativo

El cuadro 4.2 nos da los valores medios de las soluciones para cada una de las variables evaluadas.

Cuadro 4.2. Valores medios por solución.

SOLUCIÓN	LR	PFA	PFR	PSA	PSR	AP	NH
1	18.82	28.69	17.67	2.04	2.35	18.02	16.20
2	23.37	79.58	32.11	4.09	3.28	23.02	19.45

Solución 1: Solución nutritiva + humus de lombriz. Solución 2: Solución nutritiva al 100%.

El cuadro 4.3 muestra las pruebas de rango múltiple de Tukey al 0.05, sólo se muestran las variables que presentaron significancia, las cuales fueron agrupadas.

Cuadro 4.3. Pruebas de rango múltiple de Tukey al 0.05 en cada variable.

VARIEDAD	LR	PFA	PSA	AP	NH
1	18.65 B	38.86 B	2.18 B	24.35 A	16.10 B
2	25.10 A	76.20 A	4.03 A	23.35 A	20.50 AB
3	21.50 AB	55.16 AB	3.11 AB	18.30 B	11.20 B
4	19.15 B	46.34 AB	2.95 AB	16.10 B	23.50 A

Variedad 1: Italiana (Var. Black Seed), Variedad 2= Orejona (Var. Parrish Island), Variedad 3= Romana (Var. Grandes Lagos), Variedad 4= Francesa (Var. Butter Crunch).

El consumo final de agua fue de 343 L de la solución al 100% y 285 L de la solución con el coadyuvante orgánico. En el caso de la solución al 100% el consumo por planta fue de 1.7 L, las plantas generaron más área foliar, siempre se mostraron más vigorosas y no se hizo visible ninguna deficiencia.

De lo contrario en la solución con el coadyuvante orgánico hubo un consumo por planta de 1.4 L, la diferencia entre el consumo de ambas soluciones se reflejó en el desarrollo y crecimiento de las plantas. En este caso el nivel tan alto del humus de lombriz afectó el desarrollo radicular tornando a las raíces de un color café, esto trajo como consecuencia un pobre desarrollo vegetativo, porte bajo y se manifestó deficiencia de azufre.

Prueba de medias para cada variable evaluada

Altura de planta

El ANVA para altura de planta de lechuga fue altamente significativo para soluciones como para tratamientos (Cuadro 4.1). La variedad 2 (Var. Parrish Island) siempre se mostró superior a las demás variedades (Cuadro 4.3). El tratamiento 6 fue el mejor respecto a esta variable (100% Solución nutritiva; Var. Parrish Island).

Valadez (1990) menciona que la lechuga bajo condiciones de fotoperiodo largo acompañado de altas temperaturas emite su tallo floral, siendo más sensibles las lechugas de tipo orejona que las de cabeza. Esto concuerda con los resultados obtenidos ya que la lechuga orejona y la italiana mostraron alta significancia para altura de planta, siendo la italiana la que desarrollo más su tallo floral. Esto debido a que el mes de octubre presentó altas temperaturas.

Como se cita en la página de <http://semicol.co/html> la variedad italiana crece rápidamente alcanzando su plena madurez en solo 45 días desde la siembra de la semilla, aunque puede comenzar a cosecharse desde las tres semanas. En este trabajo este tipo de lechuga mostró mayor precocidad desde el semillero, esta variedad desarrolló muy rápido el tallo floral concordando con lo que se cita en la página web.

Para altura de planta la solución 2 fue la que obtuvo el mejor valor medio

Número de hojas

Para esta variable hubo diferencias altamente significativas en soluciones y en tratamientos. El tratamiento 8 (100% Solución nutritiva; Var. Butter Crunch) presenta diferencias altamente significativas para esta variable.

La variedad Butter Crunch fue la que presentó alta significancia para esta variable. La lechuga francesa genera muchas hojas estas se deben de cortar a los 20-25 días después del trasplante, luego rebrota y se sigue cortando, no se realizó ningún corte de hojas por esa razón la planta siguió desarrollando hojas mostrando ser la mejor en esta variable.

Longitud de raíz

Presentó diferencias altamente significativas para soluciones y para tratamientos (Cuadro 4.1). La variedad 2 fue la que mostró alta significancia para longitud de raíz.

La longitud de raíz en la lechuga va de 20 a 25 cm en este caso la variedad 2 fue la que mostró mayor respuesta. La solución a base de sales minerales presentó las medias más altas.

Peso fresco aéreo

Sólo la variedad 2 (Var. Parrish Island) presentó significancia alta a esta variable (Cuadro 4.3). Entre repeticiones no hubo significancia, en cada uno de los tratamientos.

De acuerdo a Tukey la variedad 2 fue única la que quedó en el grupo A, la variedad Grandes Lagos es más pesada que la variedad Parrish Island pero debido a que el acogollado de la variedad romana necesita de ciertas condiciones de temperatura y humedad, que no se dieron en el sitio del experimento además de que es de ciclo más largo, por estas razones no alcanzó mayor peso.

Entre el 94% y 96% de la lechuga es agua, esto quiere decir que al tener más peso esta variedad logra absorber mayor cantidad de agua que las demás variedades.

Según Fernández (2003) los humus líquidos provocan un incremento de la materia seca aérea de los cultivos, cuando se aplica como complemento a la fertilización, permitiendo que con una misma dosis de fertilizantes se obtengan mayores rendimientos. De acuerdo con lo realizado en este trabajo los resultados no concuerdan con lo dicho por Fernández ya que el rendimiento no fue mayor en los tratamientos con el coadyuvante orgánico.

Peso fresco de raíz

Para esta variable sólo mostró diferencias altamente significativas para soluciones. Presentó significancia para soluciones y para tratamientos.

La solución 2 tuvo la media más alta en esta variable, en esta solución las raíces siempre mostraron un color blanco y alta densidad de las mismas, sin embargo en la solución 1 siempre se notó menos desarrollo y un color café. En

este caso le faltó oxigenación a la solución ya que la flora microbiana que se encuentra en el humus de lombriz también consumió oxígeno y nutrimentos.

Peso seco aéreo

De acuerdo a la prueba de medias de Tukey sólo la variedad 2 presentó diferencias altamente significativas para esta variable. Hubo diferencias altamente significativas para soluciones y para tratamientos sólo fue significativo.

Todos los tratamientos soportaron varias condiciones de estrés pero siempre la variedad orejona se mostró más resistente. Fue la de mayor peso seco aéreo.

La variedad italiana fue la que generó los valores más bajos, solo desarrolló su tallo floral y produjo pocas hojas.

Peso seco de raíz

Esta variable no presentó significancia para ninguna de las variedades. En las soluciones fue donde hubo alta significancia. Para Tukey esta variable no tuvo diferencias significativas así que no aparece en el acomodo de los grupos.

Según Fernández (2003) los humus líquidos provocan un incremento de la materia seca radical de los cultivos, cuando se aplica como complemento a la fertilización, permitiendo que con una misma dosis de fertilizantes se obtengan mayores rendimientos. Esto no concuerda con los resultados obtenidos ya que los tratamientos regados con la solución a base de sales minerales obtuvieron mayores valores que los regados con la solución complementada con el coadyuvante orgánico.

Resultados del método desviación del óptimo porcentual

En el Cuadro 4.4 se muestra la concentración de los diferentes niveles, los resultados de los análisis vegetales de los tratamientos, los niveles adecuados y el resultado del diagnóstico DOP (Desviación del Óptimo Porcentual).

Cuadro 4.4. Resultados del análisis desviación del óptimo porcentual y valores de los diferentes tratamientos.

Tratamiento 1								
Elemento	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	P (%)	Cu (ppm)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
Valor	135	165	85	0.17	15	9.54	0.5	2.43
Nivel adecuado	115	160	87.5	0.4	45	6.5	0.5	1.7
DOP	17.39	3.12	-2.85	-57.5	-66.66	46.76	0	42.94
Tratamiento 2								
Elemento	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	P (%)	Cu (ppm)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
Valor	60	160	35	0.19	10	7.99	0.48	2.01
Nivel adecuado	115	160	87.5	0.4	45	6.5	0.5	1.7
DOP	-47.82	0	-60	-52.5	-77.77	22.92	-4	18.23
Tratamiento 3								
Elemento	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	P (%)	Cu (ppm)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
Valor	110	145	50	0.18	10	9.47	0.48	2.05
Nivel adecuado	115	160	87.5	0.4	45	6.5	0.5	1.7
DOP	-4.34	-9.37	-42.85	-55	-77.77	45.69	-4	20.58
Tratamiento 4								
Elemento	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	P (%)	Cu (ppm)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
Valor	125	185	75	0.18	10	9.15	0.49	2.46
Nivel adecuado	115	160	87.5	0.4	45	6.5	0.5	1.7
DOP	8.69	15.62	-14.28	-55	-77.77	40.76	-2	44.70
Tratamiento 5								
Elemento	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	P (%)	Cu (ppm)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
Valor	130	180	65	0.19	15	9.7	0.46	1.95
Nivel adecuado	115	160	87.5	0.4	45	6.5	0.5	1.7
DOP	13.04	12.5	-25.71	-52.5	-66.66	49.23	-8	14.70
Tratamiento 6								
Elemento	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	P (%)	Cu (ppm)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
Valor	120	150	60	0.19	15	9.78	0.46	1.75
Nivel adecuado	115	160	87.5	0.4	45	6.5	0.5	1.7
DOP	4.34	-6.25	-31.42	-52.5	-66.66	50.46	-8	2.94
Tratamiento 7								
Elemento	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	P (%)	Cu (ppm)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
Valor	105	165	65	0.18	20	11.32	0.47	1.77
Nivel adecuado	115	160	87.5	0.4	45	6.5	0.5	1.7
DOP	-8.69	3.12	-25.71	-55	-55.55	74.15	-6	4.11
Tratamiento 8								
Elemento	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	P (%)	Cu (ppm)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
Valor	90	195	55	0.18	20	9.41	0.47	2.21
Nivel adecuado	115	160	87.5	0.4	45	6.5	0.5	1.7
DOP	-21.73	21.87	-37.14	-55	-55.55	44.76	-6	30

Según Fernández (2003) la aplicación de humus líquido eleva la eficiencia de fertilizantes respecto a la eficiencia neta de usos de estos, para el caso del potasio, ésta se aumenta en un 50%. De acuerdo con los resultados el potasio fue el mayor concentrado en todos los tratamientos, siendo las concentraciones más altas en los tratamientos que no se utilizó el coadyuvante orgánico. La razón por la cual esto no concuerda con lo dicho por Fernández es por la alta cantidad de líquido de lombriz que se utilizó.

De acuerdo al análisis DOP todos los tratamientos presentan este orden de deficiencia $Cu > P > Zn$ a excepción del tratamiento 2 que muestra mayor deficiencia el Zn que el P, $Cu > Zn > P$.

El potasio seguido del calcio fueron los elementos más concentrados en todos los tratamientos (Cuadro 4.4).

Tomando en cuenta los 8 valores del magnesio resultó ser el elemento menos deficiente siendo el tratamiento 4 = (50% Solución nutritiva + 50% humus de lombriz; Var. Butter Crunch) el menos deficiente en este elemento con un valor de -0.4.

El tratamiento 2 (50% Solución nutritiva + 50% humus de lombriz; Var. Parrish Island) tuvo el índice de deficiencia más alto de todos los tratamientos respecto al manganeso (-47.82), sin embargo el hierro estuvo en su nivel óptimo arrojando un valor de 0.

El cobre fue el elemento más deficiente en todos los tratamientos, siendo aún más deficiente en los 4 tratamientos fertirrigados con la solución complementada con el humus de lombriz.

De acuerdo al análisis DOP los tratamientos mejores balanceados fueron los tratamientos 1 (50% Solución nutritiva + 50% humus de lombriz; Var. Black Seed) y el 4 (50% Solución nutritiva + 50% humus de lombriz; Var. Butter Crunch).

Lara (1998) citado por Carrillo (2009) menciona que al disminuir el PO de la solución nutritiva, además de inducir una deficiencia hídrica en la planta, también se pueden ocasionar deficiencias y desbalances nutrimentales. Los resultados arrojaron valores más negativos para la solución a base de sales minerales, los tratamientos fueron mejores que la solución con el coadyuvante orgánico teniendo este un PO mayor y presentando deficiencias. Esto no concuerda con lo que cita Lara.

La solución al 100% siempre presentó conductividades eléctricas mayores por consecuencia siempre hubo mayor concentración de sales totales.

Como se cita en la página www.smart-fertilizer.com en cultivos hidropónicos, especialmente en sistemas cerrados, las raíces afectan el pH de la solución nutritiva, así que el pH tiende a fluctuar. Esto concuerda con lo visto en el experimento realizado ya que el pH siempre estuvo alto.

V. Conclusiones.

- Mediante el análisis DOP se evaluó el efecto de las soluciones nutritivas en cada uno de los tratamientos, cumpliendo así con nuestro objetivo.
- La hipótesis planteada se rechaza ya que el efecto del coadyuvante orgánico no nos llevó al balance óptimo en la nutrición de la lechuga.
- La variedad 1 (Var. Black Seed), en la sumatoria de la técnica DOP es la que presentó un mejor balance nutricional.
- La variedad 2 (Var. Parrish Island) mostró variables a su favor como lo son: longitud de raíz, peso fresco aéreo, peso seco aéreo, altura de planta y número de hojas. Siempre mostró mejores características agronómicas.
- La variedad 1 (Var. Black Seed) sólo presentó respuesta favorable en altura de planta, en las demás variables no hubo respuesta.
- Tomando en cuenta los 8 tratamientos y sumando los índices DOP de cada elemento nos resulta el siguiente orden de requerimiento. $Cu > P > Zn > Mn > Mg > Fe > Ca > K$.
- El potasio fue el elemento de mayor concentración en todos los tratamientos.
- El análisis DOP (Desviación del Óptimo Porcentual), arrojó al cobre como el más deficiente en todos los tratamientos, seguido del fósforo, zinc, manganeso y magnesio.
- El tratamiento 1 (50% Solución nutritiva + 50% humus de lombriz; Var. Black Seed) y el tratamiento 4 (50% Solución nutritiva + 50% humus de lombriz;

Var. Butter Crunch), fueron los mejores balanceados según el análisis DOP, éstos tratamientos contenían el coadyuvante orgánico.

- El sistema NGS le dio mayor precocidad al cultivo de lechuga.

VI. Recomendaciones

- El sistema NGS tiene sus variantes, en este trabajo fue utilizado el modelo multi-banda 3 capas de NGS que no necesita de cintilla (Figura 6.1). Para trabajos posteriores consultar que modelo de NGS es más apropiado y como funciona.
- De inicio fue demasiada la cantidad de humus de lombriz aplicada en la solución. Se recomienda iniciar en un 25% o concentraciones menores.
- Hacer un monitoreo constante de los elementos en la solución para hacer una reposición sólo de lo necesario.



Figura 6.1. Modelo multi-banda 3 capas.

VII. Literatura citada

- Blok, Ch. y Urrestarazu, G. M. 2010. El uso de los sustratos en Europa es cada vez mayor. Horticultura global. Fertirrigación e Hidroponía. 289-Marzo-2010. Disponible en http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rhg289/50_55.pdf Consultado el 23 de Noviembre de 2013.
- C., G. J. 2007. Hidroponía. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_509.pdf Consultado el 21 de Noviembre del 2013
- Cadahia, L. C. 2005 Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa, España
- Carrillo, L. L.M. 2009 Efecto de la Solución Nutritiva Steiner en la Calidad y Vida de Florero de Crisantemo. Tesis. Colegio de Postgraduados. Disponible en http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/65/Carrillo_Lopez_LM_MC_Fisiologia_Vegetal_2009.pdf?sequence=1 Consultado el 26 de Noviembre de 2013
- Fernández, Z. M. 2003 Evaluación Agronómica de Sustancias Húmicas Derivadas de Humus de Lombriz. Pontifica Universidad Católica de Chile. Disponible en <http://www.inventati.org/columnanegra/ecoagricultura/wordpress/wp-content/uploads/2010/10/Humus.pdf> Consultado el 24 de Noviembre de 2013
- Ferruzzi, C. 1986 Manual de lombricultura. Primera edición Editorial Mundi-Prensa P13-46.

- Maroto, B. J. V., Miguel, G. A. y Baixauli, S. C. 2000 La lechuga y la escarola. Caja Rural Valencia. Editorial Mundi-Prensa 2000. P27-36-127.
- Martínez, R.A., Guerrero, S.A., Miglietta, H.F. 2005. Efecto del potencial rédox sobre los parámetros del cultivo de Trypanosomacruzi desarrollado en medio líquido agitado, Revista Argentina de Microbiología. v.37 n.4 Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Nuez, F., Fernández, De C. P., Soler, S., Valcárcel, J.V., Montalt, J. 2000 Colección de semillas de lechuga del centro de conservación y mejora de la agrobiodiversidad valenciana. Edita: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid 2000. P11
- Orduño, N., Velasco, J., Aguirre, G. 2012 Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa) en hidroponía. Disponible en http://www.proinpa.org/phocadownload/articulos/Bioinsumos/Noel%20Ortuno_microorganismos.pdf Consultado el 25 de Noviembre de 2013
- Reuter, J. D., Robinson, B. J. 1986 Plant Analysis An Interpretation Manual. Inkata Press. Melbourne. Sydney.
- Rodríguez, H., Muñoz, S. 2006 El tomate rojo, sistema hidropónico. Editorial Trillas. México D. F. P 9-18.
- Sánchez, G. P. 2010 Nutrición de cultivos hortícolas. Instituto Tecnológico de Sonora Cd. Obregón Sonora. Disponible en http://www.itson.mx/micrositios/nch/Documents/suelo_y_agua.pdf Consultado el 26 de Noviembre de 2013
- Sanz, M. 2000 Valoración del Diagnóstico Nutricional DRIS y DOP a lo largo del ciclo vegetativo del melocotonero. Disponible en http://digital.csic.es/bitstream/10261/13731/1/SanzM_IteaPV_2000.pdf Consultado el 25 de Noviembre de 2013

- Steiner, A.A. 1973 The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. Proceedings of the 3th International Congress on Soilless Culture. IWOSC. Sassari, Italy. 43-54.
- Valadez, L.A. 1990 Producción de hortalizas. 1 Reimpresión, Editorial Limusa.
- www.infoagro.com/abonos/lombricultura.htm. 2007. Prueba Preliminar de Líquido de Lombriz en la Producción de Plántula de Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) Variedad Large Fruited Michoacán Bajo Condiciones de Invernadero. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Páginas citadas

- <http://www.cultivohidroponico.com/> Consultado el 21 de Noviembre del 2013
- <http://fertirrigacionehidroponia.com/> Consultado el 23 de Noviembre de 2013
- http://www.intagri.com.mx/noticia_14.html Consultado el 24 de Noviembre de 2013
- http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/SOLUCION_NUTRITIVA.pdf Consultado el 24 de Noviembre de 2013
- <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/solucion-hidroponica> Consultado el 24 de Noviembre de 2013
- <http://www.cienciaybiologia.com/ecologia/redox.htm> Consultado el 25 de Noviembre de 2013

- <http://www.alecoconsult.com/index.php?id=humus-de-lombriz> Consultado el 25 de Noviembre de 2013
- <http://www.humuscasa.cl/fichas/lechugas.pdf> Consultado el 25 de Noviembre de 2013
- http://www.fraisoro.net/articulos/39_27_31.pdf Consultado el 25 de Noviembre de 2013
- http://www.itson.mx/micrositios/nch/Documents/suelo_y_agua.pdf Consultado el 25 de Noviembre de 2013
- <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/conductividad-electrica> Consultado el 04 de Diciembre de 2013
- <http://www.elportalmayor.com/index.php/salud-y-vida/16-lechuga-francesa> Consultado el 04 de Diciembre de 2013
- http://semicol.co/semillas/hortalizas/lechuga-black-seeded-simpson/flypage_new.tpl.html Consultado el 04 de Diciembre de 2013
- https://www5.uva.es/guia_docente/uploads/2012/446/42109/1/Documento2.pdf Consultado el 04 de Diciembre de 2013