

Determinación de la concentración de la solución nutritiva para crecimiento y producción de lechuga var. Verónica en hidroponía.

Enrique Javier Ferrufino Norori

ZAMORANO

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria
Noviembre, 2005

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

**Determinación de la concentración de la
solución nutritiva para crecimiento y
producción de lechuga var. Verónica en
hidroponía**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
Al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Enrique Javier Ferrufino Norori

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2005

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Enrique Javier Ferrufino Norori

Zamorano, Honduras
2005

Determinación de la concentración de la solución nutritiva para crecimiento y producción de lechuga var. Verónica en hidroponía

Presentado por:

Enrique Javier Ferrufino Norori

Aprobado:

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc
Asesor principal

Abelino Pitty, Ph. D.
Coordinador del área de Fitotecnia

Hilda Flores, Ing.
Asesor

Abelino Pitty, Ph. D.
Director Interino de la Carrera de la
Ciencia y Producción Agropecuaria

Ulises Barahona, Agr.
Asesor

George E. Pilz, Ph.D
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A
Rector

DEDICATORIA

A Dios por las oportunidades y bendiciones que me ha dado.

A mis padres Enrique Ferrufino y Silvia Norori por sus consejos, su apoyo incondicional y su confianza todos estos años.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por todas las bendiciones que he recibido.

A familia por el apoyo incondicional que me ha dado.

A La Ing. Gloria de Gauggel por su apoyo incondicional, sus consejos, su confianza en mí y sobretodo su paciencia y comprensión.

A la Ing. Hilda Flores por sus enseñanzas, su tiempo y paciencia.

Al Ing. Ulises Barahona por brindarme sus conocimientos, su tiempo y su apoyo.

Al Ing. José María Miselem por sus brindarme sus conocimientos.

Al Ing. Luis Gerardo de Jesús por su apoyo, sus consejos y su tiempo.

Al Jackie y Martha del Laboratorio de Suelos, por su colaboración y paciencia en todo momento.

A Inés Ordóñez de la Sección de Horticultura de Zamorano por su apoyo en todo momento.

A María José Chaves, C. Villavicencio, J. Henao, R. Navarrete, B. Garcia, L. Méndez, V. Ballon, R. Botero, S. Velez, C. Montemayor, D. Castillo, O. Milla, M. Castellanos

A la clase NEMESIS por brindarme su amistad.

A Zamorano por las experiencias adquiridas.

RESUMEN

Ferruffino, E. 2005. Determinación de la concentración de la solución nutritiva para el crecimiento y producción de lechuga var. Verónica en hidroponía. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 20 p.

Zamorano ha realizado dos experimentos en lechuga en hidroponía, uno no se completó por razones sanitarias y otro no obtuvo los resultados deseados porque la solución nutritiva no fue la más adecuada para el crecimiento de las plantas. A partir de estas experiencias se planteó esta investigación, la cual se realizó en dos experimentos. En el primer experimento tuvo como objetivo definir el mejor medio de germinación en semillero y adaptación de las plántulas a la solución nutritiva. El segundo experimento tuvo como objetivo definir la concentración de la solución nutritiva a la cual se obtienen los mejores rendimientos en el sistema de raíz flotante. La producción en el sistema de raíz flotante se realizó en tres etapas: semillero, pretransplante y transplante definitivo. En las dos últimas etapas se utilizaron cajones de madera de 1.3 m × 1.3 m × 0.14 m, forrados interiormente con plástico de color negro de 10 micras; se utilizaron láminas de estereofón perforado, el cual flotaba en la solución nutritiva sosteniendo a las plantas. Las soluciones que se probaron partieron de la fórmula: N =190 ppm, P =36 ppm, K =212 ppm, Ca =52 ppm, Mg =21 ppm, S =35 ppm, B =0.5 ppm, Cu =0.02 ppm, Fe =5 ppm, Mn =0.5 ppm, Mo =0.01 ppm, Zn =0.5 ppm, al prepararla se obtuvo N =130, P =48, K =200, Ca =60, Mg =20, S =80, Cu =1.68, Fe =3.08, Mn =3.56, Zn =1.38 y B =1.44 ppm. En el primer Experimento la germinación se realizó en tres medios: Sunshine mix[®], casulla de arroz con arena relación 1:1 y el medio hidropónico, 18 días después de siembra las plantas se colocaron al 25% de la concentración de la solución preparada y se seleccionaron las plántulas del mejor medio de crecimiento; para el segundo experimento los tratamientos fueron tres soluciones diluidas de la solución nutritiva: 50, 75% y concentración creciente, que consistió en aumentar la concentración gradualmente, iniciar con la solución de 50% y 18 días después de transplante aumentarla al 75%. Para ambas etapas se utilizó un diseño completamente al azar (DCA). El medio en donde las plantas tuvieron mayor porcentaje de germinación, mayor tamaño de plántulas y mejor adaptación a la solución nutritiva fue el Sunshine mix[®]. Se comprobó que el pretransplante a la solución del 25% es innecesario ya que las plantas presentaron síntomas de deficiencias de hierro y una coloración pálida en general. La concentración de la solución nutritiva a la cual se obtuvieron mayores rendimientos después del transplante fue al 75% de la solución preparada y no hubo diferencia estadística significativa entre este tratamiento y el de dosis creciente. El consumo hídrico promedio fue de 5.16 l/planta y el consumo de nutriente en mg/planta fue: N =550, P =185, K =858, Ca =280, Mg =72, S =421, Cu =6, Fe =13, Mn =14, Zn =5, B =5 ppm.

Palabras clave: Consumo hídrico, consumo de nutrientes, medios de germinación, solución nutritiva.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen	vi
Contenido.....	vii
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de Anexos.....	xi
1. INTRODUCCION.....	1
2. MATERIALES Y METODOS.....	2
2.1 MATERIALES.....	2
2.1.1 Localización.....	2
2.1.2 Cultivo y variedad.....	2
2.1.3 Medios de crecimiento en semillero.....	2
2.1.4 Cajones.....	2
2.1.5 Esponja.....	2
2.1.6 Estereofón.....	3
2.1.7 Fertilizantes.....	3
2.1.8 Otros materiales.....	3
2.2 METODOLOGIA DE SELECCION DEL MEDIO DE GERMINACION.....	3
2.2.1 Siembra.....	3
2.2.2 Pretransplante.....	3
2.2.3 Tratamiento.....	4
2.2.4 Variables medidas.....	4
2.2.5 Diseño experimental.....	4
2.2.6 Análisis estadístico.....	4
2.3 METODOLOGIA DE SELECCIÓN DE LA CONCENTRACION DE LA SOLUCION NUTRITIVA.....	4
2.3.1 Transplante.....	4
2.3.2 Soluciones nutritivas.....	5
Preparación de la solución nutritiva.....	5

Monitoreo de la solución nutritiva.....	6
2.3.3 Consumo de agua y nutrientes.....	6
2.3.4 Tratamientos.....	7
2.3.5 Variables medidas.....	7
2.3.6 Diseño Experimental.....	7
2.3.6 Análisis estadístico.....	7
3. RESULTADOS Y DISCUSION.....	8
3.1 Selección del medio de germinación.....	8
3.2 Selección de la concentración de la solución nutritiva.....	8
3.2.1 Peso de plantas y producción.....	8
3.2.2 Solución nutritiva.....	9
3.2.3 Temperatura.....	11
3.2.4 Consumo de agua y nutrientes.....	11
3.2.5 Niveles foliares.....	12
4. CONCLUSIONES.....	13
5. RECOMENDACIONES.....	14
6. BIBLIOGRAFIA.....	15
7. ANEXOS.....	16

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Solución nutritiva (g/L) Macronutrientes de DICTA (Raudales 2003) y micronutrientes elaborada por Hoagland y Arnon (Benton Jones, 1997). Zamorano, Honduras, 2005.....	5
2. Aporte de los fertilizantes (g/L) en la preparación de la solución nutritiva A y solución nutritiva B. Zamorano, Honduras, 2005.....	5
3. Fertilizantes (g/L) utilizados en la preparación de las diferentes soluciones nutritiva. Zamorano, Honduras,2005.....	6
4. Concentraciones de la solución nutritiva a las cuales estuvieron las plantas durante el ensayo. Zamorano, Honduras, 2005.....	7
5. Porcentaje de germinación y longitud de raíz en diferentes medios de crecimiento al transplante de lechuga. Zamorano, Honduras, 2005.....	8
6. Peso de plantas y producción en kg/m ² de lechuga var. Verónica obtenidos a tres concentraciones de la solución nutritiva en hidroponía. Zamorano, Honduras, 2005.....	9
7. Evaluación de la calidad de la solución nutritiva en el ciclo. Zamorano, Honduras, 2005.....	10
8. Consumo de nutrientes por planta en tres concentraciones de la solución nutritiva. Zamorano, Honduras, 2005.....	11
9. Análisis foliar de plantas var. Verónica al 50 y 75% de la solución nutritiva en hidroponía . Zamorano, Honduras, 2005.....	12

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Cronograma de actividades realizadas en la selección del medio de germinación. Zamorano, Honduras, 2005.....	4
2. Cronograma de actividades realizadas en la selección de la concentración de la solución nutritiva. Zamorano, Honduras, 2005.....	6
3. Temperaturas máximas (T máx.), mínimas (T min.) y promedios (T Prom.) durante el ensayo. Unidad de riegos. Zamorano, Honduras, 2005.....	11

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Cálculo de fertilizantes en la preparación de la solución nutritiva.....	15
2. Concentración de nutrientes en los fertilizantes.....	15
3. Aporte de elemento puro de cada fertilizante.....	15
4. Aporte en g/L de cada fertilizante.....	16
5. Aporte de elemento puro en g/L de cada fertilizante.....	16
6. Estimación de consumo diario de nutrientes por planta/ciclo. Zamorano, Honduras, 2005.....	17
7. Consumo de nutriente por planta (ppm) en las diferentes concentraciones. Zamorano, Honduras, 2005.....	18

INTRODUCCIÓN

La palabra hidroponía deriva del griego hydro (agua) y ponos (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. La hidroponía es una ciencia que estudia los cultivos sin tierra. Cuando se habla de hidroponía se tiende a asociarlo con países desarrollados poseedores de alta tecnología, pero esto no es necesariamente cierto. Los cultivos hidropónicos son definidos como la técnica del cultivo de las plantas sin utilizar el suelo, usando un medio inerte, al cual se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales para el desarrollo normal de la planta. Puesto que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo se les denomina “cultivo sin suelo”, mientras que el cultivo solamente en agua sería el verdadero hidropónico (La Molina 2005).

La hidroponía ha causado un gran impacto en el mundo y ha revolucionado los sistemas de producción con resultados muy positivos en un mundo con alta demanda de alimentos, suelos erosionados e índices cada vez mayores de contaminación; con climas cambiantes y persistentes requerimientos ecológicos de la población, la hidroponía, brinda nuevas posibilidades donde la agricultura tradicional está agotada como alternativa.

Zamorano ha realizado dos experimentos de lechuga en hidroponía, uno no se completó por razones sanitarias (Raudales 2003) y otro no obtuvo los resultados deseados porque la solución nutritiva no fue la más adecuada para el crecimiento de las plantas (Cárdenas 2004). A partir de estas experiencias se planteó esta investigación, en la cual se realizaron dos experimentos. La producción de lechuga bajo este sistema consiste en que las raíces están sumergidas en solución nutritiva, las plantas se encuentran en planchas de estereofón que flotan sobre el agua con la solución nutritiva. Las láminas actúan como soporte mecánico y cada una flota sosteniendo las plantas de lechuga (DICTA 2002).

La sección de horticultura pretende mejorar la utilización del sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique) para poner en práctica un método de producción actual, intensivo, eficiente y eco amigable, que a la vez sirva como práctica de aprendizaje para los estudiantes. Además, probar que se puede producir hidropónicamente bajo sistemas más simples como son los cajones con láminas de estereofón.

El experimento uno tuvo como objetivo definir el mejor medio de germinación en semillero y adaptación de las plántulas a la solución nutritiva. El experimento dos tuvo como objetivo definir la concentración de la solución nutritiva a la cual se obtienen los mejores rendimientos en el sistema de raíz flotante.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 MATERIALES

2.1.1 Localización

El experimento uno se realizó en la unidad de Ornamentales en la sección de plántulas y el experimento dos se realizó en la unidad de Horticultura en zona tres, en un invernadero de 10 × 14 m construido de bambú y plástico con un área de 140 m²; ambos sitios ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. El sitio está a una altura de 800 msnm, precipitación promedio anual es de 1000- 1100 mm y la temperatura promedio anual es de 25 grados centígrados.

2.1.2 Cultivo y variedad

Lactuca sativa Var. Verónica.

2.1.3 Medios de crecimiento en semillero (solo experimento uno)

Medio 1: Sunshine mix[®] (Musgo, vermiculita y un compuesto humectante).

Medio 2: Casulla de arroz y arena (50% arena, 50 % casulla de arroz).

Medio 3: Esponja húmeda a la cual se le llamó en este trabajo semillero hidropónico, de 2.54 cm de espesor y 3 × 3 cm de largo y ancho.

2.1.4 Cajones

Cajones de madera de 1.3 m × 1.3 m × 0.14 m a 0.5 m del suelo, forrados interiormente con plástico negro de 10 micras. La capacidad de cada cajón es de 120 L. Se utilizaron 24 cajones en el experimento uno para el pretransplante a una densidad de 78 plantas/cajón lo que equivale a 1872 plantas y 15 cajones en el experimento dos a una densidad de 30 plantas/cajón lo que equivale a 450 plantas.

2.1.5 Esponja

Se utilizó como medio de germinación con las siguientes dimensiones: de 2.54cm × 3cm × 3cm, con una ranura en la parte superior de un centímetro de profundidad donde se introdujo la semilla. En las plantas sembradas en el medio uno y dos se utilizó como medio de sostén al momento del pretransplante y transplante con dimensiones de: 5 × 5 × 2.54 cm.

2.1.6 Estereofón

Conocido también como icopor, duropor, poroplast poliespán, plumavit. Las dimensiones del estereofón utilizado fueron: 1.23 m × 1.23 m × 3.5 cm, con aberturas de 3.5 cm de diámetro y densidad variable: para el pretransplante se utilizaron láminas con 78 aberturas/cajón y al transplante se utilizaron láminas de 30 aberturas/cajón (Siembra a tresbolillos).

2.1.7 Fertilizantes

Para la preparación de la solución nutritiva se utilizó nitrato de amonio, nitrato de potasio, nitrato de calcio, sulfato de magnesio, sulfato de potasio, MAP, Fetrimon-combi como fuente de micronutrientes, con las concentraciones de nutrientes que muestra el Anexo 2.

2.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTO 1

2.2.1 Siembra

La siembra se realizó en tres medios: Sunshine mix[®], arena mas casulla de arroz (relación 1:1) y el medio hidropónico. Una vez sembrada la semilla se regó hasta humedecer el sustrato y se colocó dos días en cuarto oscuro para sincronizar el tiempo de germinación. Posteriormente se trasladaron a un macrotunel de la unidad de Ornamentales; donde seis días después se midió el porcentaje de germinación; a los 18 días después de siembra se realizó el pretransplante al sistema de raíz flotante a una concentración del 25% de la solución nutritiva (Cuadro 3).

2.2.2 Pretransplante

Se realizó 18 días después de siembra y consistió en remover las plántulas de los medios de germinación y sacudir el medio de las raíces hasta que estuvieran limpias, después se colocó una plántula por esponja y se insertó en las láminas de estereofon que flotaban sobre la solución nutritiva al 25% en la cual permaneció por seis días. Durante este periodo se seleccionó el mejor medio de germinación y adaptación a la solución nutritiva tomando como criterio principal la longitud de raíces ya que existe una relación directa entre la longitud de raíces y la adaptación a la solución nutritiva (Cárdenas, 2004) y se tomaron dos muestras de la solución nutritiva, una al inicio del pretransplante para saber el aporte real de la solución nutritiva y otra al final para determinar el consumo de nutrientes por planta (Anexo 7). Una vez seleccionadas las mejores plántulas se transplantaron a las concentraciones finales: 50, 75% y concentración creciente.

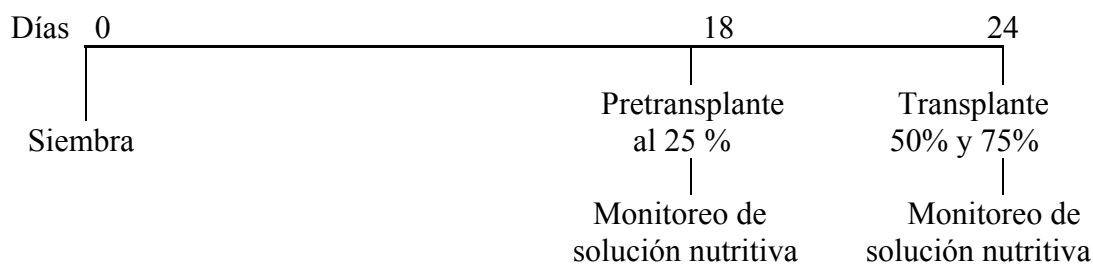


Figura 1. Cronograma de actividades realizadas en la selección del medio de germinación. Zamorano, Honduras, 2005.

2.2.3 Tratamientos

Se analizaron tres tratamientos que fueron: tres medios de germinación (Sunshine mix[®], arena mas casulla de arroz y el medio hidropónico) a una concentración del 25% de la solución nutritiva.

2.2.4 Variables medidas

Seis días después de siembra se realizó un conteo de plántulas por tratamiento para determinar el porcentaje de germinación y con una regla se midió la longitud de raíces de las plántulas.

2.2.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en el que se analizaron tres tratamientos con ocho repeticiones para un total de 24 unidades experimentales (UE).

2.2.6 Análisis estadístico

Se utilizó el programa “Statistical Analysis System[®]” (SAS) y se realizó un análisis de Varianzas (ANDEVA) usando un modelo lineal (GLM) y una separación de medias “Duncan”.

2.3 METODOLOGIA DE SELECCIÓN DE LA CONCENTRACION DE LA SOLUCION NUTRITIVA

2.3.1 Transplante

Inició el cinco de agosto cuando las plantas fueron transplantadas a la concentraciones finales (50 y 75% de la solución nutritiva). Esta etapa tuvo una duración de 27 días, durante la cual se monitoreó la solución nutritiva y la cosecha se realizó el primero de septiembre.

Para lograr una buena oxigenación de las raíces, se removía manualmente la solución nutritiva diez segundos por cajón dos veces al día.

2.3.2 Soluciones nutritivas

Se utilizó la solución nutritiva, establecida por la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA) adaptada por Raudales (2003) y (Cárdenas, 2004).

Cuadro 1. Solución nutritiva (g/L) Macronutrientes de DICTA adaptada por Raudales (2003) y micronutrientes elaborada por Hoagland y Arnon (Benton Jones 1997). Zamorano, Honduras, 2005.

Solución	Macronutrientes						Micronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
DICTA	190	36	212	52	21	35						
Hoagland y Arnon							0.5	0.02	5	0.5	0.01	0.5

Preparación de la solución nutritiva

Se calculó las cantidades en g/l de cada fertilizante (Cuadro 2) para cubrir los requerimientos de la solución nutritiva a usarse (Cuadro 3). El contenido de nutrientes en el agua fue tan bajo que no se tomó en cuenta. Posteriormente se calculó las cantidades totales de fertilizantes a usar en el experimento según la capacidad en litros todos los cajones y se preparó una solución madre concentrada.

Por facilidad el manejo y evitar mezclar compuestos que pudieran precipitar, la solución madre se dividió en dos partes A y B (Cuadro 2). Estos fertilizantes se disolvieron en un volumen de agua de tal manera que al agregar 400 ml de cada una de las soluciones A y B a cada cajón de 120 l. se obtendrían los requerimientos nutricionales de la solución nutritiva al 100%. A partir de estos cálculos se prepararon otras soluciones madres conteniendo el 25, 50 y 75 % de los requerimientos nutricionales de la solución nutritiva.

Cuadro 2. Aporte de los fertilizantes (g/L) en la preparación de la solución nutritiva A y solución nutritiva B. Zamorano, Honduras, 2005.

Solución	Fertilizante	g/L
A	Fosfato mono amónico	0.17
	Nitrato de potasio	0.23
	Nitrato de amonio	0.30
	Nitrato de calcio	0.28
B	Sulfato de magnesio	0.15
	Sulfato de potasio	0.30
	Fetrilon combi	0.12

La cantidad de agua absorbida se calculó por diferencia de volúmenes, midiendo la cantidad total de agua agregada y restando agua no absorbida y se dividió entre el número de plantas para obtener el consumo de agua por planta. También se realizaron dos análisis foliares 18 días después de trasplante.

2.3.4 Tratamientos

Los tratamientos fueron tres: Una variedad de lechuga a tres concentraciones de la solución nutritiva 50%, 75% y concentración creciente, que consistió en aumentar la concentración gradualmente, iniciar con la solución al 50%, gradualmente aumentarla al 75 % y finalmente al 100%, lo cual no fue posible ya que se cosechó antes de lo programado y no se pudo llegar al 100% de concentración.

Cuadro 4. Concentraciones de la solución nutritiva a las cuales estuvieron las plantas durante el ensayo. Zamorano, Honduras, 2005.

Tratamientos	días				
	0	18	24	42	51
50 %					
75 %					
50-75%					

cambio 50-75%

2.3.5 Variables medidas

Se analizó el peso por planta en gramos, rendimiento en kg/m², días a cosecha y el porcentaje de mortalidad.

2.3.6 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en el que se analizaron tres tratamientos con cinco repeticiones para un total de 15 unidades experimentales.

2.3.7 Análisis estadístico

Se utilizó el programa “Statistical Analysis System[®]” (SAS) y se realizó un análisis de Varianzas (ANDEVA) usando un modelo lineal (GLM) y una separación de medias “Duncan

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 SELECCION DEL MEDIO DE GERMINACIÓN

Cinco días después del pretransplante las plantas mostraron síntomas de deficiencias presentando manchas blancas en las hojas que indican síntomas de deficiencia de hierro (Arévalo, 2005)¹ y una coloración pálida en general.

Los tres tratamientos fueron significativamente diferentes. El Sunshine Mix fue el tratamiento con mayor porcentaje de germinación y longitud de raíces (cuadro 5), este último criterio es muy importante que ya existe relación directa entre la longitud de raíces y tolerancia a la solución nutritiva (Cárdenas, 2004). Por esta razón se determinó transplantar al medio hidropónico las plantas que crecieron en el Sunshine mix.

Cuadro 5. Porcentaje de germinación y longitud de raíz en diferentes medios de crecimiento al transplante de lechuga. Zamorano, Honduras, 2005.

Tratamiento	% de germinación	Longitud de Raíces (cm)
Sunshine Mix	86	8.09 a ¶
Arena + casulla	77	5.84 b
Hidropónico	61	5.46 c

¶ Las letras a, b y c significan que los tres tratamientos son diferente ($P \leq 0.1$).

¹(Arévalo Gauggel) comunicación personal.

3.2 SELECCIÓN DE LA CONCENTRACION DE LA SOLUCION NUTRITIVA

3.2.1 Peso de plantas y producción

Durante esta etapa las plantas que estuvieron al 75% de concentración y las plantas de concentración creciente no mostraron diferencia estadística significativa, el tratamiento del 50% de concentración de nutrientes mostró resultados inferiores a una probabilidad de 0.1 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Peso de plantas y producción en kg/m² obtenidos a tres concentraciones de la solución nutritiva en hidroponía. Zamorano, Honduras, 2005.

Tratamiento	peso/planta (g)	producción en kg/m ²
50%	53 b [□]	0.94 b [□]
75%	77 a	1.34 a
creciente 50-75%	69 a	1.21 a

□ a significa que son iguales ($P \leq 0.1$) y b significa que es diferente ($P \leq 0.1$)

3.2.3 Solución nutritiva

Se comparó la concentración teórica con lo obtenido y se calculó un porcentaje de cumplimiento por elemento, en N el porcentaje de cumplimiento fue de -34% es decir que hubo una pérdida de 34%, en el caso de P, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Zn y B estuvieron por arriba de lo esperado, el K se encontró en los niveles deseados y el Fe tuvo un porcentaje de cumpliendo que varió desde -23% hasta -60%(Cuadro 7). Esta variación de elementos entre lo calculado y lo obtenido se debió, en el caso del N muy probablemente por volatilización, en el caso de los demás elementos(P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn, B) el fertilizante contenía más nutrientes que el que se utilizó en el cálculo.

Cuadro 7. Evaluación de la calidad de la solución nutritiva en el ciclo. Zamorano, Honduras, 2005

Solución Hidropónica	pH	mmhos/cm	ppm										
	(H ₂ O)	C.E	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
25% Teórica			48	9	53	13	5	9	0.01	1.25	0.13	0.13	0.13
25% Inicial día 18													
DDS	5.32	0.46	32	13	50	20	5	18	0.34	0.50	0.67	0.28	0.31
% cumplimiento			- 34	49	- 6	54	- 5	109	6,700	- 60	436	124	152
50% Teórica			95	18	106	26	11	18	0.01	2.50	0.25	0.25	0.25
50% Inicial día 0 DDT	4.44	1.03	63	22	108	31	11	44	0.93	1.64	2.00	0.77	0.76
% cumplimiento			- 34	23	1	20	7	153	9,200	- 34	700	208	205
75% Teórica			143	27	159	39	16	26	0.02	3.75	0.38	0.38	0.38
75% Inicial día 0 DDT	4.59	1.46	102	33	146	46	15	62	1.34	2.88	3.03	1.10	1.18
% cumplimiento			-29	24	-8	19	-5	134	8833	-23	708	193	215
50% Teórica			95	18	106	26	11	18	0.01	2.50	0.25	0.25	0.25
50% Inicial 0 DDT	4.44	1.03	63	22	108	31	11	44	0.93	1.64	2.00	0.77	0.76
% cumplimiento			-34	23	1	20	7	153	9200	-34	700	208	205
75% Teórica			143	27	159	39	16	26	0.02	3.75	0.38	0.38	0.38
75% Inicial 18 DDT	4.59	1.46	102	33	146	46	15	62	1.34	2.88	3.03	1.10	1.18
% cumplimiento			-29	24	-8	19	-5	134	8833	-23	708	193	215

3.2.3 Temperatura

El consumo de la solución nutritiva tiene mucha relación con la temperatura ambiental. Se observó que cuando las temperaturas y luminosidad se elevaban, las plantas se muestran flácidas, por la poca cantidad de oxígeno en la zona radicular. El primer signo de una inadecuada oxigenación es el marchitamiento de la planta durante el medio día, ya que cuando los niveles de temperatura y luminosidad son los más altos y el oxígeno disuelto en el agua disminuye (Morgan 2001).

La temperatura se monitoreó mediante la estación metereológica ubicada en la sección de Horticultura en Zona 1, y se muestran en la figura 1.

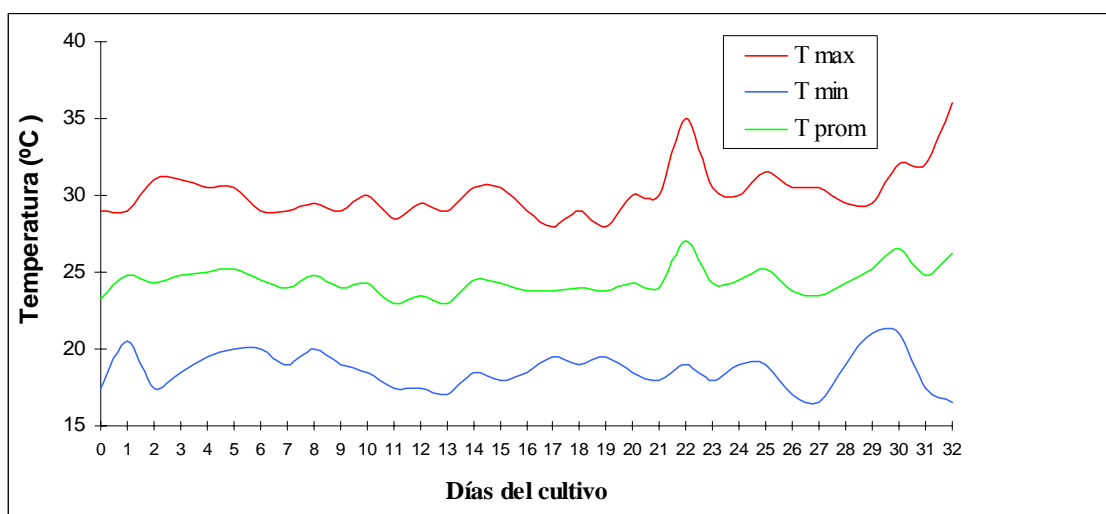


Figura 1. Temperaturas máximas (T máx.), mínimas (T min.) y promedios (T Prom.) durante el ensayo. Unidad de riegos. Zamorano, Honduras, 2005.

3.2.4 Consumo de agua y nutrientes

El consumo de agua y nutrientes varió en las tres concentraciones de la solución nutritiva. El mayor consumo de agua y nutrientes lo presentó la solución al 75% de concentración, seguido por el tratamiento de concentración creciente y por ultimo el tratamiento al 50% de concentración de la solución nutritiva. Existe una relación directa entre el consumo de agua y nutrientes y el peso de las plantas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Consumo de nutrientes por planta en tres concentraciones de la solución nutritiva. Zamorano, Honduras, 2005.

tratamiento	ppm											
	agua l/planta	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
50%	4.7	351	136	706	206	68	281	4	5	10	4	4
75%	5.16	550	185	858	280	72	421	6	13	14	5	5
50%-75%	4.84	430	155	767	235	70	337	5	8	11	4	5

3.2.5 NIVELES FOLIARES

No se encontró datos de niveles foliares para lechuga var. Verónica, por lo que se realizó un promedio de los rangos foliares óptimos de la lechuga Boston Type y se comparó con el resultado obtenido de las muestras, en donde todos los nutrientes con excepción del K, Ca y Mg se estaban en niveles óptimos en los dos tratamientos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis foliar de las plantas de lechuga var. Verónica al 50 y 75% de la solución nutritiva en hidroponía. Zamorano, Honduras, 2005.

Solución nutritiva	%						ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
50%	3.56	0.48	3.18	0.22	0.17	0.28	15	57	191	34	45
Niveles foliares	O	O	B	B	B		O	O	O	O	O
75%	3.67	0.48	2.81	0.16	0.15	0.20	15	60	153	36	47
Niveles foliares	O	O	B	B	B		O	O	O	O	O
Rango óptimo	3.5-5.5	0.4-1	5.5-9	1.5-3.5	0.36-0.8		5-25	40-100	11-250	20-250	23-60

O = Optimo, B = Bajo

4. CONCLUSIONES

El medio de crecimiento que presentó el mayor porcentaje de germinación y adaptación a la solución salina fue el Sunshine mix.

En el pretransplante (15 días después de siembra) las plantas se deben colocar sobre una solución nutritiva de concentración N =63, P =22, K =108, Ca =31, Mg =11, S =44, Cu =0.93, Fe =1.64, Mn =2, Zn =0.77 y B =0.76 ppm ya que a una concentración mejor presentan síntomas de deficiencia de elementos.

Bajo las condiciones de este experimento, todos los tratamientos dieron como resultado lechugas de bajo peso según los estándares de calidad que maneja la sección de horticultura.

Los mayores pesos por planta se obtuvieron en la solución de N = 102, P =33, K =146, Ca =46, Mg =15, S =62, Cu =1.34, Fe =2.88, Mn =3.03, Zn =1.1 y B = 1.18 ppm

5. RECOMENDACIONES

Producir el sistema de raíz flotante en tres etapas: almácigo de cero a quince días después de siembra, pretransplante de 15 a 21 días después de siembra y transplante definitivo al día 21 después de siembra.

Para la etapa de almácigo sembrar las semillas en Sunshine Mix.

Trasladar las plántulas al sistema de raíz flotante sobre láminas de estereofón de una pulgada de grosor a una densidad de 46 plantas/m² siembra a tresbolillos. En esta etapa usar la solución nutritiva recomendada.

A los 21 días después de siembra, ajustar la densidad a 17 plantas/m² y subir la concentración de la solución nutritiva a N = 102, P =33, K =146, Ca =46, Mg =15, S =62, Cu =1.34, Fe =2.88, Mn =3.03, Zn =1.1 y B = 1.18 ppm.

Reponer la solución nutritiva periódicamente en función del consumo y evaporación de la misma.

Oxigenar manualmente removiendo la solución nutritiva mínimo dos veces al día para evitar la muerte de raíces y plantas.

Para una mejor oxigenación de las raíces, evaluar una modificación al sistema, suspendiendo 2 a 3 cm las planchas de estereofón. Para esto, es necesario extender dos cables galvanizados de un lado a otro del contenedor.

Realizar otro experimento donde el pretransplante sea a los 15 días después de siembra al 50% de concentración de la solución nutritiva por una semana, posteriormente el transplante al 75% y por último al 100% de la solución nutritiva.

Realizar curvas de absorción de cada elemento para mejorar la dosificación de la solución nutritiva.

6. BIBLIOGRAFIA

Cárdenas, Christopher. 2004. Determinación de los efectos en rendimiento de la producción de lechuga hidropónica y convencional en condiciones de El Zamorano. Tesis. Ing. Agr. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 20 p.

DICTA. 2002. Guía de producción de lechuga: Sistema de raíz flotante (en línea). Honduras. Consultado 16 ago. 2005. Disponible en:
http://www.sag.gob.hn/dicta/Paginas/lechuga_hidroponica.html

FAO, 2003. Huerta hidropónica popular curso audiovisual. (En línea). Santiago, Chile. Consultado 15 ene. 2005. Disponible en:
<http://www.fao.org/regional/lamerica/prior/segalim/prodalim/prodveg/10046.pdf>

Morgan, L. 2001. ¿Se están sofocando sus plantas? La importancia del oxígeno en hidroponía. El oxígeno disuelto es algunas veces el ingrediente que olvidamos en la solución nutritiva (en línea). Practical Hydroponics & Greenhouses no. 52 . Consultado 5 ago. 2001. Disponible en:
[_http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/boletin11.htm](http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/boletin11.htm)

Raudales, B. 2003. Determinación de la causa y los factores que afectan la severidad del daño en raíz en lechuga hidropónica. Tesis. Ing. Agr. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 20p.

Dr. Calderón, Mayo 27 de 2001 historia de la hidroponía y nutrición vegetal (en línea). Bogotá, Colombia S.A. Consultado 1 ene. 2005. Disponible en:
http://www.drcaideronlabs.com/Publicaciones/Historia_de_la_Hidroponia/Historia_de_la_Hidroponia.htm

La Molina. 2005. Centro de investigación de hidroponía y nutrición vegetal (en línea). Valle de Ate, Perú. Consultado 23 ene. 2005. Disponible en:
<http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia>

7. ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de fertilizantes en la preparación de la solución nutritiva. Zamorano, Honduras, 2005

	ppm											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo
Deseado	190	36	212	53	21		0.02	5	0.50	0.50	0.50	0.01
Calculado	190	36	212	53	21	71.9	0.02	5	0.50	0.50	0.50	0.01
g/l deseado	0.19	0.04	0.21	0.05	0.02		0.00002	0.005	0.001	0.0005	0.001	0.00001
Déficit						71.9						

Anexo 2. Concentración de nutrientes de los fertilizantes

Fertilizante	Fórmula	%											
		N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo
Sulfato de K	K ₂ SO ₄	0	0	50	0	0	17						
Sulfato de Mg	MgSO ₄	0	0	0	0	16	13						
Fosfato mono amónico	NH ₄ H ₂ PO ₄	10	50	0	0	0	0						
Nitrato de K	KNO ₃	13.5	0	46	0	0	0						
Nitrato de Ca	Ca(NO ₃) ₂	15.5			26.3								
Nitrato de amonio	NH ₄ NO ₃	34											
Fetrilon-combi 1								1.5	4	4	1.5	0.5	0.1

Anexo 3. Aporte de elemento puro de cada fertilizante

Fertilizante	Fórmula	%											
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo
Sulfato de K	K ₂ SO ₄	0	0	41.5	0	0	17						
Sulfato de Mg	MgSO ₄	0	0	0	0	9.6	13						
Fosfato mono amónico	NH ₄ H ₂ PO ₄	10	21.5	0	0	0	0						
Nitrato de K	KNO ₃	13.5	0	38.18	0	0	0						
Nitrato de Ca	Ca(NO ₃) ₂	15.5			18.7								
Nitrato de amonio	NH ₄ NO ₃	34											
Fetrilon-combi 1								1.5	4	4	1.5	0.5	0.1

Anexo 4. Aporte en g/l de cada fertilizante

Fertilizante	Solubilidad (g/L)	g/l											
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo
		0.19	0.04	0.21	0.05	0.02	-	0.02	5	0.50	0.50	0.50	0.01
Sulfato de K	111			0.26									
Nitrato de K	316			0.28									
Sulfato de Mg	356					0.22							
Fosfato mono amónico	368		0.17										
Nitrato de Ca	333				0.20								
Nitrato de amonio	1877	0.31											
Fetrilon-combi 1								1.33	125	12.50	33.33	100	10

Anexo 5. Aporte de elemento puro de cada fertilizante

Fertilizante	Solubilidad												
	(g/L)	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo
Sulfato de K	111			0.11			0.04						
Nitrato de K	316	0.04		0.11									
Sulfato de Mg	356					0.02	0.03						
Fosfato mono amónico	368	0.02	0.04										
Nitrato de Ca	333	0.03			0.05								
Nitrato de amonio	1877	0.10											
Fetrilon-combi 1								0.02	5	0.5	0.5	0.5	0.01
Total	g/L	0.19	0.04	0.21	0.05	0.02	0.07	0.02	5	0.5	0.5	0.5	0.01
	ppm	190	36	212	53	21	72	0.0	5.0	0.5	0.5	0.5	0.0

Anexo 6. Estimación de consumo diario de nutrientes por planta/ciclo. El Zamorano, Honduras, 2005

fecha	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Jul-31	9.29	4.14	14.31	6.18	1.54	5.29	0.09	0.13	0.18	0.07	0.09
Ago-01	9.29	4.14	14.31	6.18	1.54	5.29	0.09	0.13	0.18	0.07	0.09
2	9.29	4.14	14.31	6.18	1.54	5.29	0.09	0.13	0.18	0.07	0.09
3	9.29	4.14	14.31	6.18	1.54	5.29	0.09	0.13	0.18	0.07	0.09
1	9.29	4.14	14.31	6.18	1.54	5.29	0.09	0.13	0.18	0.07	0.09
2	9.29	4.14	14.31	6.18	1.54	5.29	0.09	0.13	0.18	0.07	0.09
3	9.29	4.14	14.31	6.18	1.54	5.29	0.09	0.13	0.18	0.07	0.09
4	9.29	4.14	14.31	6.18	1.54	5.29	0.09	0.13	0.18	0.07	0.09
5	9.29	4.14	14.31	6.18	1.54	5.29	0.09	0.13	0.18	0.07	0.09
6	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.20	0.45	0.46	0.15	0.17
7	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
8	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
9	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
10	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
11	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
12	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
13	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
14	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
15	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
16	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
17	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
18	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
19	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
20	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
21	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
22	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
23	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
24	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
25	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
26	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
27	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
28	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
29	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
30	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
31	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
Sep-01	18.29	5.94	28.58	9.01	2.33	14.42	0.2	0.45	0.15	0.15	0.17
TOTAL	550	185	858	280	72	421	6	13	5	4	5

Anexo 7. Consumo de nutriente por planta (ppm) en las diferentes concentraciones. El Zamorano, Honduras, 2005.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Etapa 1											
Solución inicial 25% ppm	32	13	50	20	5	18	0.34	0.50	0.67	0.28	0.31
Solución final 25% ppm	36	13	63	20	5	21	0.49	0.82	0.98	0.41	0.35
Nutriente aplicado (mg/planta)	76	32	120	48	12	43.2	0.82	1.20	1.61	0.67	0.76
Nutriente no absorbido (mg/planta)	20	7	34	11	3	11	0.27	0.45	0.54	0.22	0.19
Nutriente absorbido	56	25	86	37	9	32	0.55	0.75	1.07	0.45	0.57
Etapa 2											
Solución inicial 50% ppm	63	22	108	31	11	44	0.93	1.64	2.00	0.77	0.76
Solución final 50% ppm	134	46	200	61	23	84	2.16	4.38	4.53	1.65	1.63
Nutriente aplicado (mg/planta)	804	285	1379	401	144	568	11.93	21.04	25.66	9.88	9.78
Nutriente no absorbido (mg/planta)	508	174	759	232	85	318	8.19	16.61	17.18	6.26	6.19
Nutriente absorbido	295	111	620	169	59	250	3.74	4.42	8.47	3.62	3.59
total absorbido	351	136	706	206	68	281	4.28	5.18	9.55	4.07	4.16
Solución inicial 75% ppm	102	33	146	46	15	62	1.34	2.88	3.03	1.10	1.18
Solución final 75% ppm	244	81	331	105	39	120	3.51	7.44	7.90	3.00	3.13
Nutriente aplicado (mg/planta)	1317	433	1891	598	194	795	17.33	37.24	39.18	14.22	15.26
Nutriente no absorbido (mg/planta)	823	273	1119	355	131	406	11.86	25.14	26.70	10.14	10.58
Nutriente absorbido	494	160	772	243	63	389	5.47	12.10	12.48	4.09	4.68
total absorbido	550	185	858	280	72	421	6.01	12.85	13.56	4.53	5.25
Solución inicial 50-75% ppm	63	22	108	31	11	44	0.93	1.64	2.00	0.77	0.76
Solución final 50-75% ppm	157	53	225	69	26	97	2.55	5.10	5.43	1.90	1.88
Nutriente aplicado (mg/planta)	1009	344	1584	480	164	659	14.09	27.52	31.07	11.62	11.97
Nutriente no absorbido (mg/planta)	634	213	903	281	104	353	9.66	20.03	20.99	7.81	7.95
Nutriente absorbido	375	131	681	198	61	306	4.43	7.49	10.08	3.81	4.03
Total Absorbido	430	155	767	235	70	337	4.98	8.25	11.15	4.25	4.59