

T
710

 XUCHIMILCO SERVICIOS DE INFORMACION
ARCHIVO HISTORICO

103902



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

**Estudio sobre el requerimiento interno
de nitrógeno en lechuga (*Lactuca sativa*)**

TESIS DE MAESTRÍA

(IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS)

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA

RAFAEL ANTONIO MIRANDA FRANCO

DIRECTOR
DR. ANTONIO FLORES MACÍAS

ASESORES
DR. ARTURO GALVIS SPÍNOLA
DRA. MARCELA TERESA HERNÁNDEZ MENDOZA

MÉXICO, D.F.

JULIO 2008

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos:

Que a ellos les debo cuanto soy, por su apoyo incondicional que me dieron a lo largo de este proyecto, los quiero mucho.

A mis asesores:

Modelos de valor y sabiduría, por su desinteresada y generosa labor de transmisión del saber, su inagotable entusiasmo y sus acertados consejos y sugerencias.

Al Dr. Antonio Flores Macías., Dr. Arturo Galvis Spinola y Dra. Teresa Marcela Hernández Mendoza por su valiosa asesoría y dirección. Quiero agradecer especialmente a Antonio Flores por todos los conocimientos que compartió conmigo y por su valioso tiempo dedicado a este trabajo de tesis.

A mis amigos:

Gaby, Casibe, Paco, Pabel, Eugenia por su amistad, apoyo y todos los momentos compartidos en la maestría.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

GRACIAS

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Absorción y asimilación de N por las plantas.....	5
2.2. Requerimiento de nitrógeno.....	6
2.3. Demanda nutrimental y requerimiento interno de nitrógeno.....	7
2.4. El nitrógeno en el cultivo de lechuga.....	8
2.5. Respuesta de diferentes cultivos a la aplicación de nitrógeno.....	9
2.6. Contenido de nitratos en tejido vegetal.....	11
2.7. Absorción de nitrógeno en la lechuga.....	14
III. OBJETIVOS e HIPÓTESIS.....	16
3.1. Objetivo General.....	16
3.2. Objetivos Particulares.....	16
3.3. Hipótesis.....	16
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
4.1. Ubicación del sitio experimental.....	17
4.2. Manejo del experimento.....	17
4.2.1. Agua.....	17
4.2.2. Lote experimental.....	18
4.2.3. Diseño de tratamientos y Diseño Experimental.....	18
4.3. Manejo del cultivo.....	19
4.3.1. Trasplante.....	19
4.3.2. Riego.....	19

4.3.3. Fertilización	20
4.3.4. Cosecha.....	20
4.4. Variables de estudio.....	20
4.4.1. Peso fresco de la biomasa aérea (g pl ⁻¹)	20
4.4.2. Materia seca de la biomasa aérea (g pl ⁻¹).....	21
4.4.3. Área foliar (cm ²)	21
4.4.4. Concentración Nitrógeno (%N).....	21
4.4.5. Concentración de nitratos (ppm)	21
4.4.6. Absorción de nitrógeno (kg pl ⁻¹).....	22
4.4.7. Requerimiento interno de nitrógeno (kg N ha ⁻¹).....	22
4.5. Análisis estadístico.....	22
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1. Crecimiento de la Lechuga.....	23
5.1.1. Materia seca (Ms), peso fresco (PF) y área foliar (AF)	23
5.2. Relación nitrógeno total (NT) y Nitratos.....	24
5.3. Relación materia seca y área foliar	25
5.4. Relación área foliar y concentración de nitrógeno en la solución nutritiva	27
5.5. Contenido de nitrógeno	28
5.6. Contenido de nitratos	29
5.7. Relación peso fresco y peso seco con la acumulación de nitratos en la planta	30
5.8. Requerimiento interno de nitrógeno	32
VI. CONCLUSIONES.....	34
VII. LITERATURA CITADA	35

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Cuadro 1. Contenidos máximos de nitrato en lechuga regulado por la Comisión Europea	13
Cuadro 2. Análisis del agua de riego del Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco.	18
Cuadro 3. Efecto de la concentración de N en la solución nutritiva (Cn) sobre parámetros del crecimiento de lechuga cultivada en hidroponía.	24
Figura 1. Relación entre el incremento en el porcentaje de nitrógeno total y la acumulación de nitratos en tejido.	25
Figura 2. Relación entre el incremento en el área foliar y la acumulación de biomasa aérea seca.	26
Figura 3. Incrementos en el área foliar a las diferentes concentraciones de nitrógeno (Cn) para cada uno de los cuatro muestreos.	27
Figura 4. Relación entre los incrementos de nitrógeno en la solución nutritiva y el contenido porcentual de nitrógeno en tejido.	28
Figura 5. Tendencia negativa en la presencia de nitratos en tejido al avanzar el periodo vegetativo del cultivo.	29
Figura 6. Respuesta de la planta a aumentar el peso fresco de la biomasa aérea al incrementarse el contenido de nitratos en tejido.	31
Figura 7. Respuesta de la planta a aumentar el peso seco de la biomasa aérea al incrementarse el contenido de nitratos en tejido.	32
Figura 8. Cantidad de nitrógeno requerido internamente por el cultivo de lechuga durante el ciclo vegetativo del cultivo, tomando como datos base los obtenidos en la concentración de 15 meq L ⁻¹	33

RESUMEN

La cantidad de nutrimento demandado por un cultivo esta en función de la producción de biomasa y su requerimiento interno (RI), entendido este como la concentración óptima del nutrimento en la biomasa aérea total en el momento de la cosecha. El objetivo de esta investigación fue determinar el requerimiento interno de nitrógeno en el cultivo de lechuga. Para lograr ello, se realizó un experimento bajo condiciones de invernadero en la Unidad para Agronegocios del Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, en el que bajo condiciones semihidropónicas se evaluaron cuatro concentraciones de nitrógeno (5, 10, 15 y 20 meq L⁻¹), cada una con 20 repeticiones. Se realizaron cuatro muestreos con intervalos de 15 días, en los que se midieron las variables dependientes peso fresco de la biomasa aérea (Pf), materia seca de la biomasa aérea (Ms), área foliar (Af), concentración porcentual de nitrógeno (N%) y contenido de nitratos (Nit) en tejido vegetal. Para todas las variables se observó una tendencia positiva con la concentración de nitrógeno de la solución. Para las variables Pf, Ms, Af se observó una diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) entre los tratamientos de 5 y 20 meq L⁻¹. Ésta no se presentó entre los tratamientos de 10, 15 y 20 meq L⁻¹. Los datos muestran una tendencia positiva entre la concentración de nitrógeno en la solución y la cantidad de N% y presencia de nitratos en tejido. En ninguna de las concentraciones estudiadas se presentó acumulación de nitratos que superarán los límites establecidos por el Diario Oficial de las Comunidades Europeas. El valor de requerimiento interno de nitrógeno fue de 113 kg de N ha⁻¹, determinado a partir de la concentración de 15 meq L⁻¹.

ABSTRACT

The amount of nutrient demanded by a culture it's based on the production of biomass and the internal requirement (IR). This is the optimal concentration of the nutrient in total aerial biomass at the moment of the harvest. The aim of this research was to determine the internal nitrogen requirement in lettuce culture. In order to obtain it, an experiment was carried out under greenhouse conditions at the Unidad para Agronegocios of the Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca, Universidad Autónoma Metropolitana, campus Xochimilco.

A completely random design was adopted, in which under semihidropónica conditions four nitrogen concentrations were evaluated (5, 10, 15 and 20 meq L⁻¹), each one with 20 replicates. Samples were taken four times each 15 days to determine the dependent variables fresh weight (Pf), dry matter (Ms), leaf area (Af) of the aerial biomass, percentage of nitrogen (N%) and nitrates (Nit) in vegetable tissue. For all the variables a positive tendency with nitrogen concentration of the solution was observed. A statistical difference was observed between the treatments 5 and 20 meq L⁻¹. For the Pf, Ms and Af variables. There were not statistical differences between 10, 15 and 20 meq L⁻¹. The data showed a positive tendency between the nitrogen concentration in the solution and N% and nitrate presence in vegetables tissue. Accumulation of nitrates in vegetable tissue didn't overcome the limits established by the European Commission. The value of internal nitrogen requirement was of 113 kg of N ha⁻¹, determined from the concentration of 15 meq L⁻¹.

I. INTRODUCCIÓN

El estudio de la nutrición vegetal, proporciona herramientas para incrementar la producción y calidad de los productos agrícolas. El conocimiento del estado nutricional de los cultivos es uno de los factores que puede determinar la cantidad y calidad de los frutos, por ello es necesario conocer los factores nutricionales que limitan la producción en el cultivo.

Uno de los aspectos más importantes en el manejo de cultivos lo representa el estado nutricional, componente que en muchas ocasiones define el potencial de rendimiento y la calidad de los genotipos en producción. Una forma de proceder en el manejo nutricional del cultivo es conocer su demanda nutricional. La demanda nutricional de un cultivo agrícola es la cantidad de nutrimento que se requiere para satisfacer sus funciones metabólicas durante su ciclo de crecimiento y desarrollo, la cual se calcula con base en la meta de rendimiento y el valor del requerimiento interno (RI) del nutrimento en cuestión.

Existen diversas técnicas para diagnosticar los problemas nutricionales en las plantas y de esta forma tomar medidas correctivas en su momento, uno de estos es el análisis químico de tejido, el cual determina la concentración de nutrimentos en la planta. El diagnóstico nutricional basado en el análisis químico vegetal es una herramienta que permite evaluar directamente el estado nutricional de las plantas e indirectamente la disponibilidad de nutrimentos contenidos en la solución nutritiva. Con esta técnica es posible medir la concentración total de un elemento en la planta

o en una fracción de ésta. Cualquiera de estas dos mediciones puede emplearse para diagnosticar y evaluar el estado nutricional de los cultivos y la solución nutritiva. El análisis de plantas, se emplea principalmente para diagnosticar deficiencias nutricionales y como base para formular recomendaciones de fertilización. Este enfoque se sustenta en el balance entre la demanda del nutriente por el cultivo y el suministro de nutriente, de tal manera, de que cuando la demanda es mayor que el suministro, se producirá un déficit del nutriente que es necesario suplir con fertilización. Finalmente, la fertilización estará definida por la demanda, el suministro y la eficiencia de aprovechamiento del fertilizante.

La demanda de un nutriente por un cultivo esta dada por la producción de biomasa y la concentración del nutriente en la planta, a esta concentración se le llama requerimiento interno. Una forma de proceder para encontrar el valor del requerimiento interno es mediante ensayos de campo con dosis crecientes del nutriente de interés; sin embargo, la técnica de cultivos hidropónicos ofrece la posibilidad de controlar de manera más eficiente las concentraciones de nutrientes en la solución nutritiva y observar su efecto en las plantas, la cual representa una ventaja comparativa con los ensayos en suelo.

Con base en lo antes expuesto, esta investigación tuvo como objetivo determinar la el requerimiento interno de nitrógeno del cultivo de lechuga y su relación con el rendimiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Absorción y asimilación de N por las plantas

El nitrógeno como parte de la molécula de clorofila es indispensable para el proceso de fotosíntesis, por lo que la escasez de N y en consecuencia la disminución de la clorofila, reduce la capacidad de la planta para utilizar la luz solar como fuente de energía, lo cual afecta negativamente su capacidad de absorber nutrimentos (INPOFOS, 1997).

El N es absorbido por las plantas en forma de nitratos (NO_3^-), amonio (NH_4^+) y en pequeñas macromoléculas orgánicas, pero únicamente el 10% de N total del suelo se encuentra en dicha forma, el resto se encuentra en forma orgánica y debe ser mineralizado por los microorganismos del suelo para que se libere en forma asimilable por las plantas. Se ha encontrado que la asimilación del ion amonio y el nitrato tienen potencial diferente de costo energético y de agua, siendo el amonio la fuente menos costosa, sin embargo, en muchas especies vegetales el ion nitrato es la fuente de nitrógeno generalmente utilizada y mejor asimilada particularmente por las hortalizas de rápido crecimiento (Stewart, 1991).

La relación entre el contenido de N en la planta y el crecimiento dependerá de la disponibilidad de las diferentes fuentes de N para la movilización y uso en las plantas (Broadley *et al.*, 2000).

La absorción de NO_3^- o NH_4^+ se relacionan también con la variedad o cultivar. De acuerdo a Liu y Shelp (1993) las variedades requieren proporciones diferentes de

fertilizantes nitrogenados para alcanzar una máxima cosecha, lo que puede estar relacionado con la eficiencia de utilización de N para la producción de biomasa seca o con la tolerancia de ciertas variedades a la toxicidad de NH_4^+ . La habilidad de los cultivos para absorber N y otros nutrimentos se relacionan también con el desarrollo de sus raíces en el espacio y tiempo después del trasplante (Everaarts, 1993b).

2.2. Requerimiento de nitrógeno

Para determinar la cantidad de nitrógeno que requiere un cultivo se ha recurrido a diversos procedimientos (Galvis, 1998); algunos de los más utilizados son:

- *Aproximación por ensayo y error.* Es un método costoso y tardado, en el que se utiliza una fórmula de fertilizante en cada ciclo agrícola y ésta se va modificando con base en observaciones de campo. Normalmente no se consideran factores climáticos o elementos cambiantes del sistema de producción (variedades, manejo del suelo, etc.)
- *Modelos matemático-estadísticos* Las fórmulas de fertilización son obtenidas con base en modelos que integran variables climáticas y prácticas de manejo agrícola. Su principal limitante está relacionada con la dificultad de extrapolar los resultados a otras regiones o cultivos diferentes para los cuales el modelo fue creado.

- *Análisis químicos.* Un método ampliamente utilizado en el que mediante análisis químicos se evalúa la cantidad de nitrógeno contenida en suelo o planta, presentando la desventaja de que el análisis da un índice de la disponibilidad de nutrimento que no está relacionado con la cantidad de fertilizante que se debe aplicar.

2.3. Demanda nutrimental y requerimiento interno de nitrógeno

Otro elemento a considerar en la nutrición de un cultivo es la cantidad de nutrimento que requiere para satisfacer sus funciones metabólicas durante su ciclo de crecimiento y desarrollo, concepto denominado Demanda Nutrimental del Cultivo (DNC). La demanda de un nutrimento por un cultivo esta dada por su producción de biomasa y la concentración de nutrimento. La DNC se calcula con base en la meta de rendimiento y el valor del requerimiento interno (RI) del nutrimento en cuestión (Rodriguez, 1990). El RI se refiere a la concentración nutrimental óptima de la biomasa aérea total en el momento de la cosecha (Greenwood et.al. 1980). Para determinar el valor del RI se pueden estudiar el crecimiento de un cultivo sometido a dosis crecientes del nutrimento de interés. Este tipo de trabajo se facilita cuando el cultivo es desarrollado en un medio hidropónico en el que las concentraciones de los nutrimentos pueden ser aplicados de una manera controlada. Con el dato de RI e índice de cosecha (IC) se puede estimar la DNC. El índice de cosecha representa un valor que permite calcular la biomasa aérea total a partir del dato del rendimiento para un determinado sistema de producción (Rodriguez y Galvis, (1989).

2.4. El nitrógeno en el cultivo de lechuga

La lechuga absorbe cerca del 80% del nitrógeno total en las cuatro semanas antes de la cosecha (Welch *et al.*, 1979; Gardner y Pew, 1979).

Welch *et al.* (1983) experimentaron con lechuga la eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado usando diferentes fuentes y concluyeron que la eficiencia disminuyó cuando se aumentó el porcentaje de N aplicado.

Tei *et al.* (1999) evaluaron la respuesta del crecimiento, absorción de nitrógeno y del rendimiento en dos cultivares de lechuga (Canasta y Audran) dos de tomate para procesar (Denaro y PS1296) y un cultivar de chile pimiento (Heldor) con diferentes niveles de fertilizantes nitrogenados. En todos los experimentos, el suministro mayor de N, aumentó el crecimiento del cultivo, absorción de N y el rendimiento. En la lechuga el máximo rendimiento de peso seco se alcanzó con 158 kg N ha⁻¹ en Canasta y 167 kg N ha⁻¹ en Audran. En estas proporciones de N, la absorción estimada estaba en 136 kg ha⁻¹ en Canasta y 121 kg ha⁻¹ en Audran. Los mismos investigadores estudiaron proporciones diferentes de fertilizantes nitrogenados (0, 50, 100 y 200 kg N ha⁻¹, aplicado al boleado al trasplantar). Se realizaron muestreos semanales, 24 días después de trasplantar y a la cosecha final, 52 días después de trasplantar. Sobre la base de la materia seca, la proporción de crecimiento relativo no se relacionó estrictamente con la concentración de N reducido, mientras en la base de peso fresco, había una relación lineal del cultivar específico. Esto era debido al efecto de disponibilidad de N en acumulación de nitrato que tiene un efecto osmótico en volumen de agua de planta.

Según Thompson y Doerge (1996), la absorción de N por el cultivo de lechuga se incrementó en forma positiva con la cantidad de N aplicado, pero la eficiencia del N disminuyó al incrementar la cantidad de N. Las definiciones de eficiencia de recuperación de los fertilizantes nitrogenados están basadas en la absorción de N por las plantas, expresadas en la cantidad de N provenientes del fertilizante nitrogenado en toda la planta (componente cosechable del cultivo), o como el porcentaje de recuperación de N aplicado Hauck, (1984). Bock (1984) estableció que el término eficiencia de uso de N, se refiere a la relaciones entre rendimiento y dosis de N (eficiencia de rendimiento); N recuperado y dosis de N (eficiencia de recuperación) y rendimiento y N recuperado (eficiencia fisiológica). Martínez (1999) define eficiencia de recuperación del fertilizante a el porcentaje del nutrimento aportado como fertilizante que es realmente absorbido por el cultivo, el cual está en función de las pérdidas que se dan por la interacción del fertilizante con el suelo, el clima y el manejo del cultivo y toma en cuenta el N aportado por el suelo.

2.5. Respuesta de diferentes cultivos a la aplicación de nitrógeno.

La fertilización con fuentes nitrogenadas nítricas incrementó la acumulación de nitratos en los tejidos vegetales de *Brassica chinensis* y *Spinacia oleracea* L. en cantidades mayores que cuando se utilizaron fuentes amoniacales. El rendimiento vegetal de estos cultivos no se incrementó continuamente al incrementar la tasa de nitrógeno y un exceso de nitrógeno redujo el crecimiento del cultivo. También se observó que la

concentración de nitratos mostró una correlación positiva con las tasa de nitrógeno aplicado y que la acumulación de nitratos fue mucho mayor en raíces, tallos y peciolas en comparación con las hojas (Zhaohui y Shengxiu, 2004).

Savic *et al*; (2004) evaluaron el efecto de suministro de nitrógeno e intercepción de luz en la productividad y crecimiento de poro (*Allium porrum*). Se aplicaron 250 kg N/ha de urea en momentos diferentes: 1) la cantidad entera simplemente aplicó antes de trasplantar (250+0), o veinte días después (0+250), y 2) en aplicación dividida (125+125), donde la mitad de la cantidad total simplemente se aplicó antes de transplantar y la otra mitad veinte días después. Los análisis de la planta fueron basados en la determinación del crecimiento de la cosecha siguiente, productividad y parámetros de interpretación de luz: producción de la materia seca (MS), índice de área foliar (IAF), la intercepción ligera (I), la intercepción ligera acumulativa (IA), la eficiencia de lujo ligera (EUL) y la proporción de crecimiento relativo (PCR). Los resultados mostraron efecto creciente a ese fertilizante de N en todos lo parámetro investigados, pero el efecto era dependiente en la dosis aplicada de fertilizante. El efecto más grande era moderado con 125+125 kg N/ha de la dosis que se dividió. Basado en los resultados obtenidos y las relaciones entre la intercepción ligera, peso seco e IAF, un modelo de crecimiento y productividad de poro en condiciones del campo fue construido. La ventaja principal de este modelo es que permite supervisar el crecimiento y productividad del poro, estado de N y demanda de nitrógeno, usando mediciones no destructivas del cultivo.

2.6. Contenido de nitratos en tejido vegetal

El consumo de altos contenidos de nitrato en la dieta humana es peligroso debido a que este ion contribuye a la formación de agentes cancerígenos (Hill, 1990; Garbisu *et al.*, 1999; Jaworska, 2005). Actualmente se ha puesto más atención a la acumulación de nitratos en las hortalizas debido al impacto que tiene en la salud humana. Después de entrar en el cuerpo humano, los nitratos pueden ser reducidos a nitritos por bacterias y algunas enzimas existentes en el sistema digestivo. Los nitritos entran al sistema circulatorio donde se combinan con la hemoglobina y oxidan el Fe²⁺ a Fe³⁺. Esto evita que el sistema transfiera oxígeno e induzca methaemoglobinemia que es un riesgo mayor para los bebés. Mas serio es que los nitratos pueden formar nitrosaminas y nitrosamidas, compuestos causantes de cáncer al reaccionar con aminas y amidas (Zhaohui y Shengxiu, 2004). Investigaciones realizadas por Dicht *et al.* (1996) mostraron que los vegetales aportan al humano entre el 72% y 94% del total de nitratos consumidos en la dieta vegetal diaria.

Por esta razón, varios países han fijado límites en la concentración permitida de nitratos en vegetales. En Alemania, un máximo de 791 mg de nitrato kg⁻¹ es aceptado para espinaca y de 791 a 1017 mg para lechuga fresca (Walker, 1990).

La acumulación de nitratos en vegetales originado a partir del existente en el suelo y la aplicación de fertilizantes inorgánicos y orgánicos constituyen la mayor fuente para producir nitratos en el suelo. Por esta razón, la clave para reducir la acumulación de nitratos en los vegetales esta sustentada en un manejo adecuado de las fertilizaciones nitrogenadas para lograr aportar el requerimiento interno demandado por el cultivo.

El contenido de nitratos aceptable en la ingesta diaria corresponde a 3,65 mg/kg de peso vivo (Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, 1999). Es decir, la ingesta de nitratos diaria de una persona con un peso corporal de 70 kg no debería superar los 259 mg. Las hortalizas, en particular, de hoja (lechuga y espinaca) acumulan contenidos de nitratos mayores a otros tipos de alimentos contribuyendo con un 75% a la ingesta diaria (Hill, 1990). Cuando la absorción de nitrato excede a la asimilación, los iones nitratos se pueden acumular en las vacuolas de las células (Grandstedt y Huffaker, 1982).

Asimismo, la acumulación de este ion en las hojas se incrementa cuando la planta es cultivada en condiciones restrictivas de luz (Blom-Zandstra, 1989; Roorda van Eysinga, 1984). Así, la planta utilizaría más carbohidratos y iones nitratos como regulador osmótico (Streingröver *et al.*, 1993). Por lo anterior, la Comisión Europea ha legislado indicando los contenidos máximos de nitratos permitidos para lechuga cultivada en invernadero y al aire libre en diferentes épocas del año como aparece en el Cuadro 1 (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2002).

Entre las técnicas de cultivo forzado utilizadas en hortalizas, los sistemas de cultivo sin suelo son una alternativa productiva para obtener hortalizas con alta calidad sanitaria, con mayores rendimientos y precocidad en relación a las cultivadas en suelo (Carrasco, 2004). Los sistemas hidropónicos de mesa flotante y NFT son los más empleados para el cultivo de lechuga. Los contenidos de nitrato en este tipo de lechugas prácticamente son desconocidos en Chile.

Cuadro 1. Contenidos máximos de nitrato en lechuga regulado por la Comisión Europea

PRODUCTO (1)	CONTENIDO MÁXIMO (mg NO ₃ /KG)	MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS Y DE ANÁLISIS
Espinacas frescas (2) (Spinacia Oleracea)	Recogidas entre el 1 de octubre y el 31 de marzo	3000
	Recogidas entre el 1 de abril y el 30 de septiembre	2500
Espinacas en conserva, refrigeradas o congeladas	2000	Reglamento 1882/2006
Lechuga fresca (Lactuca sativa L.) (Lechugas de invernadero y cultivadas al aire libre) excepto las lechugas del párrafo siguiente	Recogidas entre el 1 de octubre y el 31 de marzo	
	- Lechugas cultivadas en invernadero	4500
	- Lechugas cultivadas al aire libre	4000
	Recogidas entre el 1 de abril y el 30 de septiembre	
Lechuga del tipo Iceberg	- Lechugas cultivadas en invernadero	3500
	- Lechugas cultivadas al aire libre	2500
	Lechugas cultivadas en invernadero	2500
	Lechugas cultivadas al aire libre	2000
Alimentos infantiles y alimentos elaborados a base de cereales para lactantes y niños de corta edad (3) (4)	200	Reglamento 1882/2006

Estudios efectuados en el extranjero indican que ellas acumularían contenidos superiores a los permitidos por la legislación europea (Blom-Zandstra y Eenick, 1986). Por este motivo, el objetivo del presente estudio fue estimar el contenido de nitratos foliar de cultivares de lechuga tipo mantecosa (*Lactuca sativa* L. cv. capitata) producidos en sistemas hidropónicos de mesa flotante y NFT en invernadero no calefaccionado en período invernal.

2.7. Absorción de nitrógeno en la lechuga

Se estudió la respuesta productiva de un cultivo de lechuga iceberg y la concentración de nitratos en planta para dosis de nitrógeno de 25, 50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ aplicados en fertirrigación. El rendimiento del cultivo aumentó con la dosis de N aplicada hasta los 100 kg ha⁻¹, consiguiéndose 53, 4 t ha⁻¹ de biomasa fresca y 33, 1 t ha⁻¹ de frutos comerciales. Para 150 y 200 kg ha⁻¹ de N aplicado, la biomasa producida disminuyó, así como el índice de cosecha. La concentración de NO₃⁻ en la disolución del suelo (extracto suelo-agua 1:2) se elevó cuando se aportaron 150 y 200 kg de N/ha y disminuyó con 25 y 50 kg de N/ha. Con 100 kg de N/ha, la concentración de NO₃⁻ se mantuvo prácticamente uniforme durante el ciclo de cultivo, equilibrándose la disponibilidad de NO₃⁻ con la absorción por la planta. La absorción de N por la planta se incrementó significativamente entre los tratamientos donde se aportaron 25 y 50 kg de N/ha y los que recibieron 100, 150 y 200 kg de N/ha, sin que entre los de mayor aportación se produjeran diferencias significativas. Las hojas exteriores de la planta

presentaron concentraciones de nitratos tres veces superiores a las concentraciones de las hojas interiores, variando la concentración en cada fracción vegetal con la cantidad de N aportado. En la recolección, las distintas cantidades de N aportadas produjeron concentraciones de NO_3^- distintas en hoja, variando entre 1.635 y 4.494 ppm en hojas exteriores y de 651 a 1.508 ppm en hojas interiores (Sáez, et al; 2002).

III. OBJETIVOS e HIPÓTESIS

3.1. Objetivo General

- Estudiar el requerimiento interno de nitrógeno del cultivo de lechuga

3.2. Objetivos Particulares

- Determinar el contenido de N total y de nitratos en la biomasa aérea de la planta en diferentes etapas del ciclo vegetativo.
- Evaluar el efecto de diferentes niveles de nitrógeno (5, 10, 15 y 20 meq L⁻¹) sobre indicadores del crecimiento vegetal.
- Determinar el requerimiento interno de nitrógeno.

3.3. Hipótesis

- La utilización de diferentes concentraciones de nitrógeno en la solución nutritiva aplicada al cultivo de lechuga, permitirá determinar su requerimiento interno.
- Los diferentes niveles de nitrógeno aplicados en la solución nutritiva no rebasaran los parámetros sobre contenido de nitratos en tejido vegetal estipulados por la Unión Europea.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del sitio experimental

La presente investigación se realizó bajo condiciones de invernadero en las instalaciones de la Unidad para Agronegocios ubicada en el Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC), de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, localizado en las coordenadas 19° 16' 58'' N y 99° 06' 07'' W. El trabajo incluyó dos etapas: invernadero y laboratorio.

4.2. Manejo del experimento

4.2.1. Agua

Fue necesario realizar un análisis del agua que se utilizó en el fertirriego, para conocer la cantidad de elementos nutritivos que aporta, así como para determinar su manejo más adecuado y evitar o reducir los riesgos de salinidad; los resultados se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis del agua de riego del Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco.

Elemento	Unidades	Valor	Método
pH		8.1	Potenciometría
Cond. Eléc.	mS/cm	0.489	Puente de conductividad
Calcio	mmol/L	1.24	Volumetría
Magnesio	mmol/L	1.40	Volumetría
Sodio	mmol/L	0.83	Flamometría
Potasio	mmol/L	0.42	Flamometría
Amonio	mmol/L	0.17	Destilación por arrastre de vapor
Sulfatos	mmol/L	1.80	Volumetría
Carbonatos	mmol/L	0.12	Volumetría
Bicarbonatos	mmol/L	2.01	Volumetría
Nitratos	mmol/L	0.08	Destilación por arrastre de vapor

Los métodos empleados están descritos en el texto: Clesceri, L.S. et al. 1998. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th edition. APHA-AWWA-WPCF

4.2.2. Lote experimental

En el invernadero la solución nutritiva se llevó a cada plántula mediante un sistema de riego por goteo, utilizando goteros de inserción con gasto homogéneo de 4 L por hora, conectados a 4 tanques para la solución nutritiva.

4.2.3. Diseño Experimental y distribución de tratamientos

Se montó un experimento donde el factor evaluado fue nitrógeno con cuatro niveles (5, 10, 15 y 20 meq L⁻¹) en un diseño de bloques completamente al azar con mediciones repetidas en el tiempo. Cada nivel se consideró como tratamiento e incluyó 20

repeticiones para formar un total de 80 unidades experimentales, en el diseño se realizó un monitoreo de las variables dependientes de rendimiento y calidad a intervalos de tiempo (15, 30, 45 y 60, días), cada repetición estuvo representada por 4 plantas de lechuga.

Los cuatro tratamientos a evaluar para generar las concentraciones de suficiencia nutrimental fueron establecidos con base en la solución nutritiva universal de Steiner (1961).

4.3. Manejo del cultivo

4.3.1. Trasplante

La plántula se consiguió en Tenancingo Edo Mex; una vez obtenidas las plántulas, el trasplante se hizo de forma manual, se utilizaron bolsas de polietileno negro calibre 700 con capacidad de 15 L, y como sustrato escoria volcánica basáltica roja (tezontle rojo) con una granulometría de 0.5 a 1.5 cm, previamente desinfectado con solución de hipoclorito de sodio al 1%.

4.3.2. Riego

El suministro de la solución nutritiva se llevó a cabo con un sistema por goteo y estuvieron fundamentados con base en la demanda hídrica del agua por el cultivo. La frecuencia de los riegos dependerá de la etapa de desarrollo del cultivo, y se incrementaron a medida que se desarrolló el cultivo. Desde el momento del trasplante

se aplicaron diariamente cuatro riegos de 200 ml planta⁻¹ hasta el primer mes; y después se aumentó el volumen de los riegos a 350 ml planta⁻¹ hasta la cosecha.

4.3.3. Fertilización

La aplicación de la fertilización estuvo en función del arreglo de los tratamientos. Las soluciones fueron preparadas con sales grado reactivo, posteriormente se realizó la acidulación con H₂SO₄ 1N, para alcanzar un pH de 5.5 en la solución nutritiva. Para la fertilización se emplearon como fuentes: nitrato de calcio, nitrato de potasio, fosfato monoamónico, fosfato monopotásico, sulfato de magnesio y sulfato de potasio, así como una solución madre de microelementos y fierro en forma de quelatos.

4.3.4. Cosecha

Los muestreos se realizaron en diferentes intervalos de tiempo: el día 30 de octubre 2007 se realizó el primer muestreo, el 14 de noviembre 2007 el segundo, el 29 de noviembre 2007 el tercero y el último muestreo el 14 de diciembre 2007.

4.4. Variables de estudio

4.4.1. Peso fresco de la biomasa aérea (g pl⁻¹)

Para determinar esta variable se tomaron las mismas plantas a las que se les determinó el peso fresco del producto económico, para así tomar el peso de la biomasa aérea que es desechada al momento de la cosecha.

4.4.2. Materia seca de la biomasa aérea (g pl⁻¹)

Una vez que se pesaron las 4 plantas para el peso fresco se les sometieron a una temperatura de 60 °C en una estufa de secado durante 72 horas. Al final de este tiempo se obtuvo el peso seco de cada muestra.

4.4.3. Área foliar (cm²)

En el muestreo se deshojó la planta de lechuga y se determinó el área foliar mediante un medidor de área foliar (Li-Cor Li -3100 Area Meter Modelo 3100).

4.4.4. Concentración Nitrógeno (%N)

Se cuantificó la concentración de nitrógeno en la lechuga por medio de análisis de tejido vegetal. Los análisis se hicieron en la biomasa aérea el método utilizado fue microKjeldah (Alcántar, 1999).

4.4.5. Concentración de nitratos (ppm)

Se cuantificó la concentración de nitratos en la lechuga por medio de análisis de tejido vegetal. Los análisis se hicieron en la biomasa aérea de la planta. El método utilizado fue vía nitración del ácido salicílico, con lectura de la absorbancia con un espectrofotómetro (Spectronic 20) (Alcántar, 1999).

4.4.6. Absorción de nitrógeno (kg pl^{-1})

Esta fue medida a la cosecha y para calcularla se procedió a multiplicar el peso de la materia seca total y el porcentaje de nitrógeno de toda la materia seca, para finalmente dividirlo entre 100.

4.4.7. Requerimiento interno de nitrógeno (kg N ha^{-1})

Para realizar el cálculo de requerimiento interno se procedió a realizar regresiones simples en donde se relacionó la materia seca con la extracción de nitrógeno de la lechuga.

4.5. Análisis estadístico

Los datos que se obtuvieron se sometieron a un análisis de varianza y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). La evaluación se hizo mediante el apoyo del paquete estadístico SAS (SAS, 2001).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Crecimiento de la Lechuga

5.1.1. Materia seca (Ms), peso fresco (PF) y área foliar (AF)

Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$) entre los tratamientos para las variables materia seca (M_S), peso fresco (P_F) y área foliar (A_F) cuantificadas al final del experimento (cuarto muestreo). El tratamiento con 5 meq L^{-1} mostró los menores valores en las tres variables; sin embargo sólo existió diferencia estadística con respecto al tratamiento de 20 meq L^{-1} (Cuadro 3). Los tratamientos de 10, 15 y 20 meq L^{-1} no mostraron diferencia estadística ($P \leq 0.01$) para las variables B_S y A_F , no siendo así para los valores de P_F . Sólo esta última concentración promovió un mayor crecimiento del A_F que la concentración más baja (5 meq L^{-1}). Para las variables B_S , P_F y A_F no hubo diferencia significativa entre los primeros tres tratamientos (5, 10 y 15 meq L^{-1}).

La parte vegetal de la lechuga que es consumida comercialmente son las hojas, por lo que con base en los resultados de área foliar (Cuadro 3) se puede inferir que la utilización de una solución en concentraciones superiores a 15 meq L^{-1} estaría considerada como la zona de consumo de lujo. Nelson (1998) señala que en esta zona el suministro de nitrógeno supera el requerimiento del cultivo y las plantas acumulan el nitrógeno, que podrá ser utilizado por ella. En esta zona las plantas pueden acumular nitratos sin inconvenientes, pero pueden sufrir problemas de toxicidad cuando acumulan altas dosis de amonio.

Cuadro 3. Efecto de la concentración de N en la solución nutritiva (Cn) sobre parámetros del crecimiento de lechuga cultivada en hidroponía.

Cn meq L ⁻¹	Materia Seca (M _s)		Peso Fresco (P _F)		Área Foliar (A _F)
	g pl ⁻¹	kg ha ⁻¹	g pl ⁻¹	Kg ha ⁻¹	cm ² pl ⁻¹
5	22.15 b	1477 b	482.6 b	32.2b	6166 b
10	30.63 ab	2042 ab	781.5 b	52.1b	10697 ab
15	40.30 ab	2687 ab	964.0 ab	64.3ab	9114 ab
20	46.40 a	3093 a	1005.1 a	67.0a	12364 a

Cifras con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey \leq 0.01)

5.2. Relación nitrógeno total (NT) y Nitratos

Lo señalado por Nelson (1998) con respecto a la acumulación de nitratos como resultado de incrementos en Cn pudo apreciarse en los resultados del experimento (Figura 1) en donde mediante la regresión lineal utilizada se obtuvo una ecuación ($R^2=0.655$, $p < 0.001$) que explica la presencia de una mayor cantidad de nitratos asociada a un mayor porcentaje de nitrógeno en tejido. Zhaohui y Shengxiu, (2004) encontraron coeficientes de correlación que oscilaron entre 0.45 y 0.96, lo que reportaron como indicador de que la adición de fertilizantes nitrogenados fue la causa principal de la acumulación de nitratos en los vegetales experimentados (col, espinaca, colza repollo verde). Sin embargo, en el experimento no se presentó un efecto de toxicidad como resultado de la aplicación de un 50% (15 meq L⁻¹) y un 100% (20 meq L⁻¹) de nitrógeno

por arriba de lo recomendado en la fórmula de Steiner, lo cual es un indicador de la capacidad de absorción que presenta el cultivo de lechuga sin manifestar sintomatología aparente.

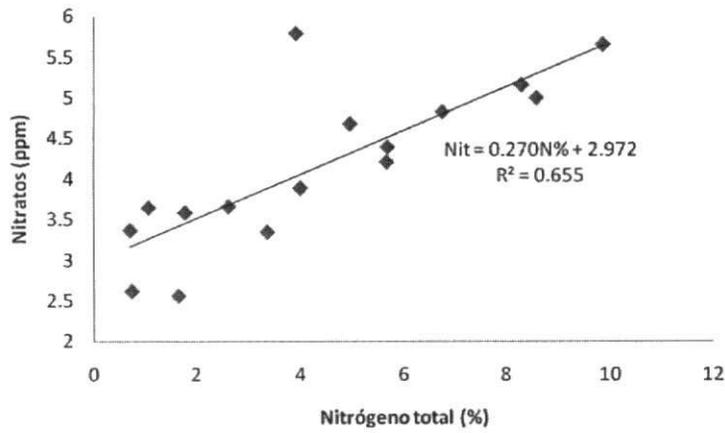


Figura 1. Relación entre el incremento en el porcentaje de nitrógeno total y la acumulación de nitratos en tejido.

5.3. Relación materia seca y área foliar

Los datos experimentales muestran una fuerte relación ($R^2 = 0.874$) entre el área foliar y la acumulación de biomasa aérea seca (materia seca, Figura 2). La tendencia positiva del A_F a los incrementos en la concentración de nitrógeno está reflejada en una mayor acumulación de materia seca. Jones (1992) señala que una de las principales funciones de las hojas de las plantas es interceptar la radiación solar necesaria para poder llevar a

cabo la fotosíntesis, por lo que una mayor área foliar permite una máxima absorción de la radiación solar para así lograr el máximo desarrollo fisiológico.

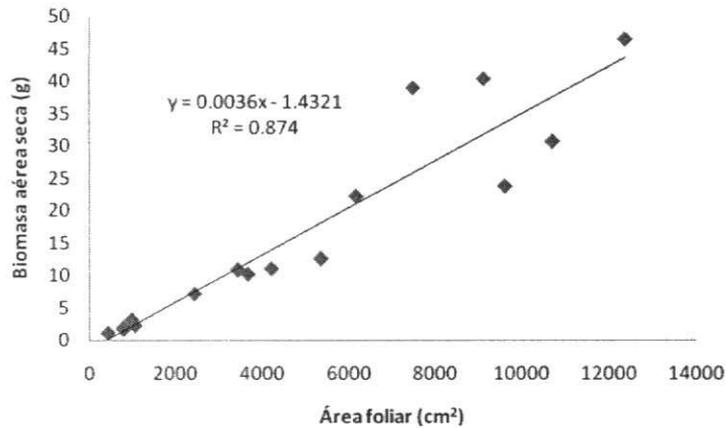


Figura 2. Relación entre el incremento en el área foliar y la acumulación de biomasa aérea seca.

En la Figura 3 se observa que se produjo un incremento en el área foliar en el transcurso del tiempo, lo que indica que tanto a la concentración más baja de nitrógeno en la solución (5 meq L^{-1}) como a la más alta (20 meq L^{-1}) la planta mostró una respuesta positiva a la aplicación de nitrógeno. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, al ser comparados el tratamiento de menor concentración y el de mayor concentración, hubo una mayor formación de área foliar en este último ($P \leq 0.01$). En ningún tratamiento se apreciaron síntomas aparentes de deficiencia o toxicidad por nitrógeno.

5.4. Relación área foliar (AF) y concentración de nitrógeno (Cn) en la solución nutritiva para cada uno de los muestreos

Se presentó una tendencia positiva entre A_F y concentración de nitrógeno en la solución (Cn) para cada uno de los cuatro muestreos; a mayor concentración de nitrógeno en la solución, mayor valor en el parámetros antes indicado (Figura 3). Esta respuesta está explicada considerando que al ser este nutrimento indispensable en la formación de la molécula de clorofila, su disponibilidad limitada (5 meq L^{-1}) disminuye la capacidad fotosintética de la lechuga, lo cual se traduce en menor producción de carbohidratos y energía, necesarios en los procesos metabólicos celulares que intervienen en la acumulación de materia seca y en la formación de área foliar (Salisbury, 2000).

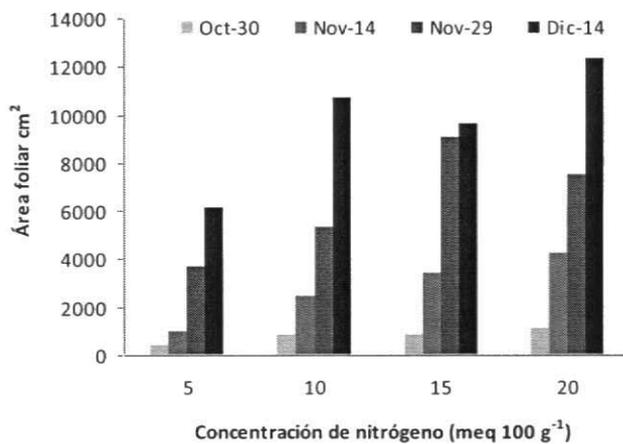


Figura 3. Incrementos en el área foliar a las diferentes concentraciones de nitrógeno (Cn) para cada uno de los cuatro muestreos.

5.5. Contenido de nitrógeno

Se observó una tendencia positiva ($r^2 = 0.767$) en la relación existente entre el contenido de nitrógeno (%) en el tejido y el incremento en la concentración del elemento en la solución nutritiva. A mayor cantidad de nitrógeno aplicado en la solución nutritiva, mayor acumulación porcentual de nitrógeno en el tejido (Figura 4). Thompson y Doerge (1996) encontraron un comportamiento similar en lechuga, en el que la absorción de N se incrementó en forma positiva con la cantidad de nitrógeno aplicado.

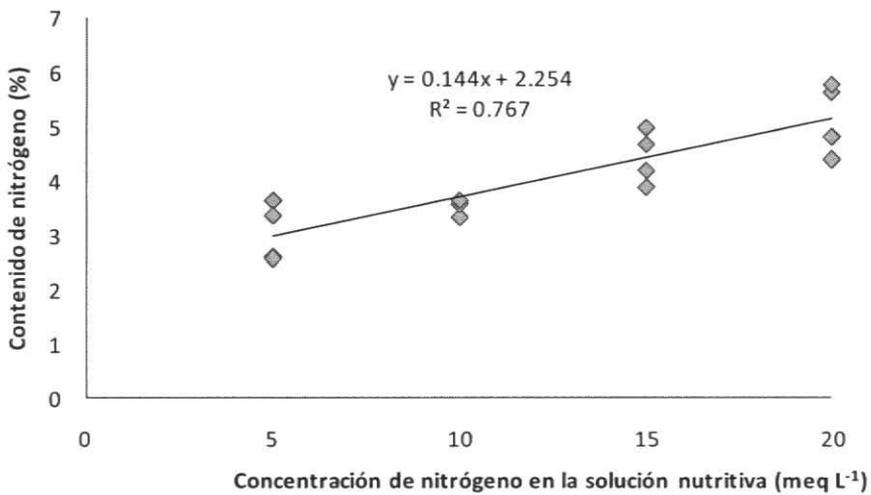


Figura 4. Relación entre los incrementos de nitrógeno en la solución nutritiva y el contenido porcentual de nitrógeno en tejido.

5.6. Contenido de nitratos

La Figura 5 muestra que la cantidad de nitratos en tejido disminuye casi durante todo el periodo vegetativo del cultivo.

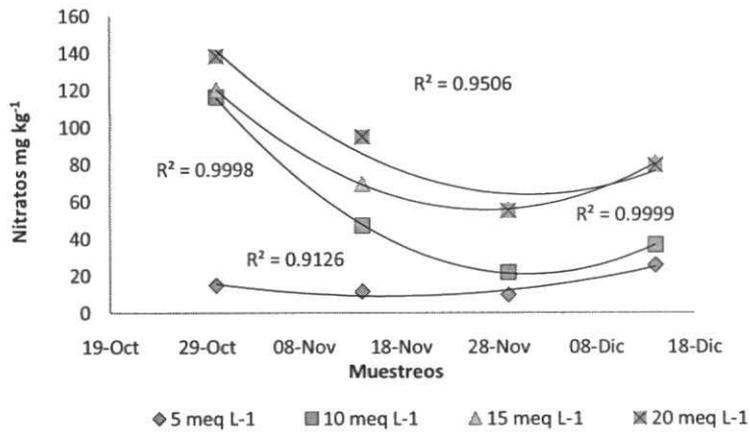


Figura 5. Tendencia negativa en la presencia de nitratos en tejido al avanzar el periodo vegetativo del cultivo.

Sin embargo, muestra un comportamiento hiperbólico inverso como resultado de un incremento en la presencia de nitratos en todos los tratamientos, definido hacia el final del ciclo agrícola, comportamiento que no se apreció al graficar el contenido porcentual de nitrógeno. Al igual que en el experimento con lechuga, Liu y Shelp (1993) encontraron que el brócoli muestra un patrón de absorción de N comparable al de la coliflor que se incrementa alrededor de la cosecha.

Al comparar los tratamientos a los quince días después de la siembra, se observó que la acumulación de nitratos fue significativamente menor ($P \leq 0.05$) en el tratamiento de 5 meq 100g^{-1} en comparación con los otros tratamientos. Sin embargo, este comportamiento cambió hacia el final del ciclo, siendo únicamente los dos tratamientos de mayor concentración de nitrógeno los que mostraron la máxima acumulación de nitratos ($P \leq 0.05$).

El rango de concentración de nitrógeno en la solución nutritiva fue desde 5 hasta 20 meq L^{-1} , cuando lo utilizado en soluciones nutritivas como las de Steiner (1961) es de 10 meq L^{-1} . En el experimento valores de 15 y 20 meq L^{-1} no ocasionaron acumulación alguna que superara los límites permitidos por la Comisión Europea. Para la concentración de 20 meq L^{-1} se acumuló un promedio de 138.3 mg Kg^{-1} de nitratos. La Comisión Europea indica que las plantas de lechuga cultivadas en invierno deberían contener una concentración de nitrato foliar menor a $4,500 \text{ mg Kg}^{-1}$ (peso fresco) (Carrasco et al. 1994).

5.7. Relación peso fresco y peso seco con la acumulación de nitratos en la planta

El comportamiento de la planta en cuanto a la acumulación de peso fresco y peso seco mostró una tendencia positiva ($r^2=0.65$) al ser relacionados con los incrementos en la acumulación de nitratos en el tejido vegetal (Figura 6 y 7). Tei et al. (2000) en un experimento con lechuga no encontraron esta tendencia positiva entre la acumulación

de nitratos y la formación de materia seca. Sin embargo, si encontraron esta tendencia positiva entre la acumulación de peso fresco y una mayor presencia de nitratos.

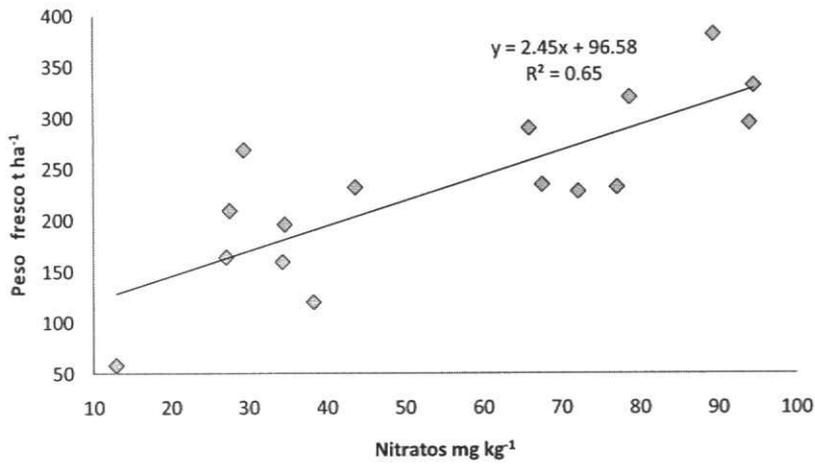


Figura 6. Respuesta de la planta a aumentar el peso fresco de la biomasa aérea al incrementarse el contenido de nitratos en tejido.

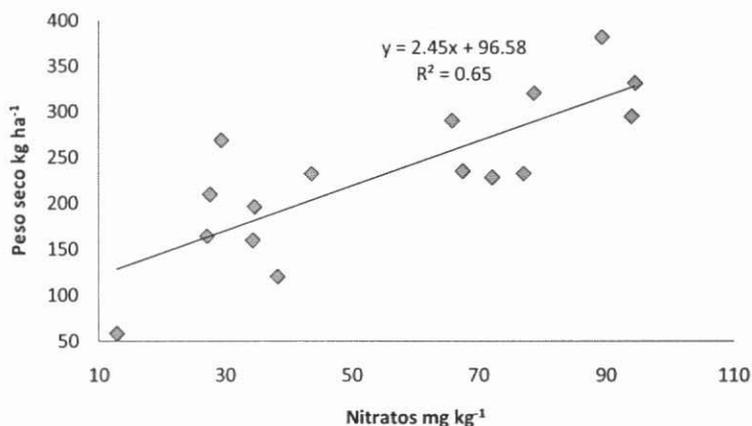


Figura 7. Respuesta de la planta a aumentar el peso seco de la biomasa aérea al incrementarse el contenido de nitratos en tejido.

5.8. Requerimiento interno de nitrógeno

La cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo de lechuga durante el ciclo vegetativo se presenta en la Figura 8, para la concentración de 15 meq L⁻¹. El requerimiento interno de la lechuga con base en esta solución es de 75 kg de nitrógeno por hectárea. Para las soluciones de 15 y 20 meq L⁻¹ el requerimiento fue de 113 y 136 kg de nitrógeno por hectárea.

La lechuga es un producto que se vende en fresco, en el que la calidad y aceptación por el consumidor, sin considerar el aspecto económico, está en función del peso fresco y área foliar. En estos indicadores no se encontró diferencia entre los tratamientos de 15 y 20 meq L⁻¹ por lo que el factor económico debe de considerarse en la elección de la cantidad de nitrógeno que requerirá el cultivo. Con base en ello, la aplicación de 113

kg de nitrógeno por hectárea permitirá producir con menores aportes de nitrógeno en la solución el mismo rendimiento en peso fresco y área foliar (Figura 8). Diferentes autores (Tei et al., 1999; Sánchez et al., 2005) han reportado cantidades que oscilan entre los 120 y 137 kg de nitrógeno por hectárea absorbido por la lechuga cuando han aplicado el fertilizante al suelo.

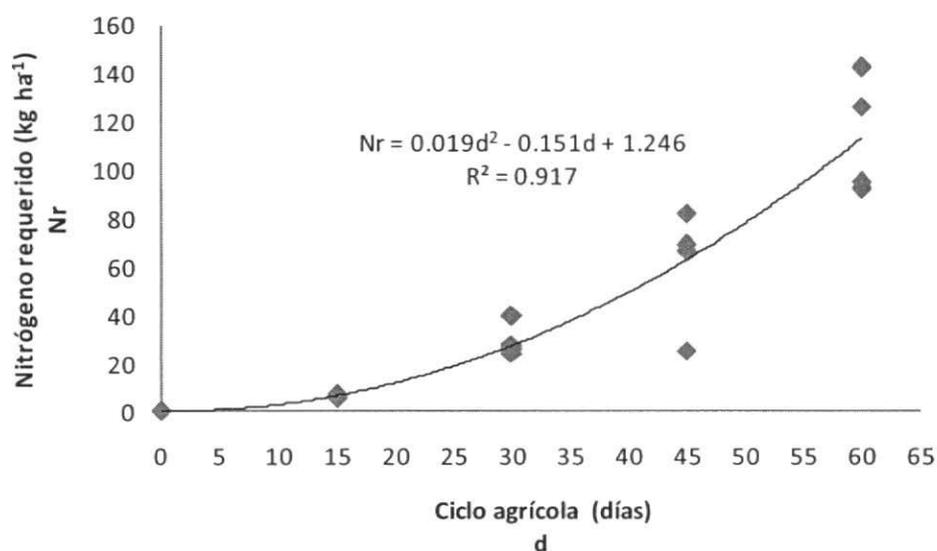


Figura 8. Cantidad de nitrógeno requerido internamente por el cultivo de lechuga durante el ciclo vegetativo del cultivo, tomando como datos base los obtenidos en la concentración de 15 meq L-1.

VI. CONCLUSIONES

- El requerimiento interno de nitrógeno en lechuga pudo determinarse a partir de las diferentes concentraciones de este nutrimento evaluadas en el experimento. El valor encontrado fue de de 113 Kg de N ha⁻¹.
- Existe una mayor acumulación de nitratos en respuesta a una mayor presencia de nitrógeno porcentual
- A concentraciones iguales o menores a de 20 meq L⁻¹ la acumulación de nitratos no rebasó los límites estipulados por el Diario Oficial de la Comunidades Europeas.
- El contenido y al acumulación de N en la biomasa aérea de lechuga vario en relación directa con la concentración de N presente en la solución nutritiva.
- Existe una relación directa entre la aplicación creciente de nitrógeno y las variables de materia seca, peso fresco, área foliar y contenido de nitrógeno en la biomasa aérea de la planta.
- A mayor cantidad de área foliar mayor la formación de materia seca.
- Existe una mayor acumulación de nitratos en respuesta a una mayor presencia de nitrógeno porcentual en el tejido de la planta.

VII. LITERATURA CITADA

Alcántar, G., G. y M. Sandoval. V. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México.

Bar-Yosef. B., 1986. Fertirrigation as a technique to optimize crop yield with special reference to vegetables. Proceedings of the third International Conference of Irrigation. Tel-Aviv, pp. 87-97.

Blom-Zandstra, M. y Eenick, A. H. 1986. Nitrate concentration and reduction in different genotypes of lettuce. Journal of American Society of Horticulture Science. 111: 908-911.

Blom-Zandstra, M.1989. Nitrate acumulation in vegetables and its relationship to quality. Annals of Appied. Biology. 115: 553-561.

Bock, B.R. 1984. Efficient use of nitrogen in cropping systems. p. 273-294. *In*R.D. Hauck (ed.) Nitrogen in crop production. ASA, CSSA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Broadley, M. R. Escobar., A.J. Burns. 2000 What are the effects of nitrogen deficiency on growth components of lettuce?. *New Phytol*;147:519-526.

Carrasco, G. 2004. El NFT. En Urrestarazu, M. (ed). Manual de cultivo sin suelo. Mundi-Prensa. Madrid. p 541-554.

Carrasco, G., Burrage, S. y Kasakidou U.D. 1994. Nitrate accumulation in red chicory (*Cichorium intybus* L.) grown at a low level of light intensity. *Acta Horticulturae* 61: 274,281.

Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 2002. Reglamento. (CE) Nº 563/2002. Revisado en:
http://europa.eu.int/eurlex/pri/es/oj/dat/2002/1_86/1_08620020403es00050006.pdf

Dich, J., R. Jarvinen, P. Knekt and P.L. Penttila, 1996. Dietary intakes of nitrate, nitrite and NDMA in the Finnish Mobile Clinic Health Examination Survey. *Food Additives and Contaminants*, 13: 541-552.

Everaarts, A.P. 1993b. Strategies to improve the efficiency of nitrogen fertilizer use in the cultivation of brassica vegetables. *Acta Horticulturae*. 339, pp 161-173.

Galvis, S., A., E. Alvarez S. y J.D. Etchevers B. 1998. A method to quantify N fertilizer requirement. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51: 155-162.

Garbisu, C., Blanco, A., Alkorta, I., Llama, M. J. y Sierra, J. L. 1999. Biotecnología con cianobacterias. *Investigación y Ciencia*: 64-71.

- Gardner, B.R.**, y **W.D.Pew**. 1979. Comparison of various nitrogen sources for the fertilization of wintergrown- head letucce. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 103(4):534-536. Hort Abstr. 50(1)286.
- Grandstedt, R.D.** y **Huffaker, R.C.** 1982. Identification of the leaf vacuole as major nitrate stronge pool. *Plant Physiology*. 79: 410-413.
- Greenwood, J.D.**, **T.J. Cleaver**, **M.K. Turner**, **J. Hunt**, **K.B. Niendorf** y **S.M.H. Loquens**. 1980 Comparison of the effects of potassium fertilizer on the yield, potassium content and quality of 22 different vegetable and agricultura crops. *J. Agric. Sci. Camb.* 95: 441-456.
- Hauck, R.** 1984. Technological approaches to improve the efficiency of nitrogen fertilizar use by crop plants. **In:** R. Hauck (ed.) *Nitrogen in crop Production*. Madison, WI. ASA, and SSSA. p. 551-560.
- Hill, M.J.** 1990. Nitrates and nitrites from food and wáter in relation to human disease. **En:** Ellis Wood (ed). *Food Science an Technology*. London. p 163-193.
- INFOFOS**.1997 Los fertilizantes y la salud del suelo. *Informaciones Agronómicas*. No. 29, 13-14,.
- Jaworska, G.** 2005. Content of nitrates, nitrites, and oxalates in New Zeland spinach. *Food Chemistry*. 89: 235-242.

Jones, G. H. 1992. Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology. Second edition. Cambridge University Press, 428 p

Liu, L. y B. L. Shelp. 1993. Nitrogen partitioning in greenhouse-grown broccoli in response to varying $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios. Commun. Soil Sci. Plant Anal.24 (1y2) 45-60.

Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, MAFF.1999. Nitrates in lettuce and spinach. Food surveillance information sheet 177. 11.

Nelson, P.V. 1998. Greenhouse operation and management. Chapter 9 Fertilization. Prentice Hall New Jersey USA.

Rodríguez, S., J. 1990. Fertilización de cultivos. Un método racional. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Rodríguez, S., J. y A. Galvis. Spinola. 1989. Dinámica del potasio en los suelos del país. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Roorda van Eysinga, J. P. 1984. Nitrate in vegetable under protected cultivation. Acta Horticulturae 145: 251-256.

Sáez, S.J., L. Rincón Sánchez., J.A. Pérez Crespo., C.Pellicer. Botía y A. Abadía Sánchez. 2002. Influencia de la fertilización nitrogenada en la absorción de nitrógeno y acumulación de nitratos en la lechuga iceberg. Investigación agraria. Producción y protección vegetal.Vol.17, N° 2. p 303-318.

- Salisbury, F.B.** y C.W. Ross. 2000. Capítulo 12: Fotosíntesis: aspectos ambientales y agrícolas. pp. 410-411. En: De la Fuente, C. (ed). Fisiología de las plantas. Vol. 2. Bioquímica vegetal. Paraninfo Thomson Learning, Madrid. 523 p.
- Sánchez A.,** O. Miquilena y R. Flores. 2003. Comportamiento de la *Leucaena leucocephala* durante el establecimiento regada por goteo artesanal en ambiente semiárido. Rev. Fac. Agron. (LUZ)20(3), 352-363.
- SAS.** (2001) SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute Inc. Version 8 Edition, North Carolina, Cary.
- Savic, D.** Stikic, R. Jovanovic, Z. 2004. Leek growth and productivity in response to light interception and nitrogen nutrition. Acta Horticulturae. 654: 243-249.
- Steiner, A.A.** 1961. A universal method for preparing nutrient solution of a certain desired composition. Plant Soil 15: 134- 154.
- Stewart, G. R.** 1991. The comparative ecophysiology of plant nitrogen metabolism. In: J.R. Porter, D.W. Lawlor (ed.). Plant grown, interactions with nutrition and environment, Society for experimental biology. Seminar Series 43. Cambridge University Press. Pp 81-91.
- Streingröver, E.J,** W. Steenhuizen y J. Van Der Boon. 1993. Effect of low light intensities at night nitrate accumulation in lettuce grown on a recirculating nutrient solution. Neth. J. Agric. Sci. 41: 13-21.

Tei, F. Benincasa, p. Guiducci, M. 1999. Nitrogen fertilisation of lettuce, processing tomato and sweet pepper: yield, nitrogen uptake and the risk of nitrate leaching. *Acta Horticulturae*. N°. 506: 61-67.

Tei, F. Benincasa, p. Guiducci, M. 2000. Effect of nitrogen availability on growth and nitrogen uptake in lettuce. *Acta Horticulturae*. 553:385- 392.

Thompson T. L and T. A. Doerge. 1996. Nitrogen and wáter interactions in subsur trickle-irrigated leaf lettuce: II. Agronomic, economic and envioremental outcomese. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 168-173.

Walker, R. (1990). "Nitrates, nitrites, and N-nitrosocompounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications." *Food Add. Contam.* 7, pp. 717-68.

Welch, N.C., K.B. Tyler, y D. Ririe. 1979. Nitrogen stabilization in the Pájaro Valley in lettuce, celery and strawberries. *California Agriculture* 33(9): 12- 13.

Welch, R.W., M.V. Hayward., D.I.H. Jones. 1983. Effect of variety, nitrogen fertiliser and various agronomic factors on the nutritive value of husked and naked oats grain. *Animal Feed Science and Technology* , Volume 113 , Issue 4 , Pages 169 - 181

Zhaohui, W. y L. Shengxiu. 2004. Effects of Nitrogen and Phosphorus Fertilization on Plant Growth and Nitrate Accumulation in Vegetables. *Journal of Plant Nutrition*. V 27. Pp. 539-556.