

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

Antonio Flores Macías,¹ Rafael A. Miranda Franco, Arturo Galvis Spínola, Marcela T. Hernández Mendoza, Guadalupe Ramos Espinoza

Resumen. *La cantidad de nutrimento demandado por un cultivo está en función de la producción de biomasa y su requerimiento interno (RI), entendido éste 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. 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 nitró-*

¹ Laboratorio de Fisiología y Tecnología de Cultivos, Departamento de Producción Agrícola y Animal, División de CBS, e-mail: floresuam@prodigy.net.mx.

geno 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 superaran los límites establecidos por la Comisión Europea. 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.

Palabras clave: Demanda nutrimental del cultivo, requerimiento interno de nitrógeno, acumulación de nitratos, nitrógeno total en tejido.

Abstract. The amount of nutrients demanded by a crop is 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 a lettuce crop. In order to obtain it, an experiment was carried out under greenhouse conditions.

A complete randomized design was adopted, in which four nitrogen concentrations (5, 10, 15 and 20 meq L⁻¹), were evaluated under semi-hidroponic conditions each one with 20 replicates. Samples were taken four times each 15 days to determine the dependent variables fresh weight (Pf), dry matter of the aerial biomass (Ms), leaf area (Af), 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. For the Pf, Ms and Af variables a statistical difference was observed between the treatments 5 and 20 meq L⁻¹, but not 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 vegetable tissue. Accumulations of nitrates in vegetable tissue didn't overcome 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.

keywords: crop nutrient demand, internal nitrogen requirement, nitrates accumulation, total nitrogen in vegetable tissue.

Résumé. La quantité de nutriments nécessaire pour une culture dépend de la production de biomasse et de ses besoins internes (RI en espagnol). Ces derniers se réfèrent à la concentration optimum de nutriments dans la biomasse aérienne totale au moment de la récolte. L'objectif de cette recherche est de déterminer la nécessité interne d'azote pour la culture de salade. Pour l'atteindre, il a été réalisé une expérimentation en conditions de serre. La conception expérimentale a été réalisée complètement au hasard. Quatre concentrations d'azote (5, 10, 15 et 20 meq L⁻¹) ont été évaluées sous conditions semihidroponiques, chacune avec 20 répétitions. Quatre échantillonnages ont été réalisés à quinze jours d'intervalle, chacun pour mesurer les variables dépendantes poids frais de biomasse aérienne (Pf), matière sèche de la biomasse aérienne (Ms), aire foliaire (Af), concentration en pourcentage d'azote (N%) et contenu en nitrate (Nit) du tissu végétal. Pour toutes les variables, il a été observé une tendance positive de la concentration en azote de la solution. Pour les variables Pf, Ms, Af, il a été observé une différence hautement significative ($P \leq 0.01$) entre les traitements de 5 et 20 meq L⁻¹. Celle-ci ne s'est pas présentée entre les traitements de 10, 15 et 20 meq L⁻¹. Les données montrent une tendance positive entre la concentration d'azote dans la solution et la quantité de N% et la présence de nitrates dans le tissu. Aucune des concentrations étudiées n'a montré une accumulation de nitrates au-dessus des limites établies par la Commission Européenne. La valeur des nécessités internes d'azote a été de 113 kg de N ha⁻¹, déterminée à partir de la concentration de 15 meq L⁻¹.

Mots-Clés: Demande en nutriment d'une culture, nécessité interne d'azote, accumulation de nitrate, azote total du tissu.

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno es el nutriente mayormente absorbido por la planta y el que en mayores volúmenes es aplicado en la agricultura, la aplicación de dosis en función de la Demanda Nutricional del Cultivo (DNC) ayu-

da a evitar problemas de contaminación y de acumulación de nitratos en los tejidos vegetales. Escobar-Gutierrez *et al.* (2002) señalaron que la acumulación de altos contenidos de nitratos en tejido vegetal son resultado del crecimiento de cultivos bajo condiciones de baja iluminación y altos niveles de fertilización nitrogenada. Esta acumulación tiene un efecto negativo cuando los vegetales son consumidos por el humano ya que causa la enfermedad llamada *metahemoglobinemia adquirida*, y llega a producir compuestos causantes de cáncer (Gangolli *et al.*, 1994; Watson y Muffi, 1996).

La DNC es definida como la cantidad de nutrimento que requiere para satisfacer sus funciones metabólicas durante su ciclo de crecimiento y desarrollo. La DNC se calcula con base en la meta de rendimiento y el valor del requerimiento interno (RI) del nutrimento en cuestión (Rodríguez, 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 semi-hidropónico, en el que las concentraciones de los nutrimentos pueden ser aplicados en cantidades exactas utilizando fertilizantes solubles que se aplican disueltos en el agua.

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 (Rodríguez y Galvis, 1989). Este enfoque se sustenta en el balance entre la DNC y el suministro de nutrimento, de tal manera que, cuando la demanda es mayor que el suministro, se producirá un déficit del nutrimento que es necesario suplir con fertilización. Cuando ocurre lo contrario, habrá un exceso de nitrógeno en planta y en suelo que ocasiona acumulación de nitratos en tejido vegetal y contaminación al medio.

El nitrógeno en el cultivo de lechuga

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 rendimiento en dos cultivares de lechuga (Canasta y Audran) 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), encontrando que sobre la base de la materia seca, la proporción de crecimiento relativo no se relacionó estrictamente con la concentración de N; mientras que en la base de peso fresco había una relación lineal del cultivar específico. Esto era debido al efecto de 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. Sin embargo, Galbiattia *et al.* (2007) encontraron que la concentración de nitratos en tejido fue más influenciada por el tipo de fuente nitrogenada que por el contenido de nitrógeno de la misma. Se ha indicado que el contenido máximo de nitratos permitidos, tanto para lechuga cultivada en invernadero como al aire libre en diferentes épocas del año, no debe tener un valor mayor de 2000 mg kg⁻¹ (DOCE, 2002). Los países miembros del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) no cuentan con información precisa sobre el contenido de nitratos en hortalizas (Levy *et al.*, 2005).

Con base en lo antes expuesto, esta investigación tuvo como objetivo determinar el requerimiento interno de nitrógeno del cultivo de lechuga, su relación con el rendimiento, y estudiar la relación entre el nitrógeno aplicado en la solución y la acumulación de nitratos en tejido. La información obtenida permitirá ayudar a definir dosis de nitrógeno que respondan a la demanda real del cultivo de lechuga.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció bajo condiciones de invernadero, en 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.

Las concentraciones nutrimentales fueron establecidas con base en la solución nutritiva de Steiner (1961), modificando su concentración para cada uno de los cuatro niveles de nitrógeno. Las soluciones fueron preparadas con sales grado reactivo, y aciduladas 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 micro-elementos y fierro en forma de quelatos. La aplicación de la solución se realizó mediante un sistema automatizado de riego por goteo (2 L h⁻¹). Durante los primeros treinta días posteriores al trasplante se aplicaron 200 ml planta⁻¹ día⁻¹ de solución y posteriormente 350 ml planta⁻¹ hasta la cosecha.

Las plántulas de lechuga (variedad Coolguard MI -Seminis-) fueron establecidas en bolsas de polietileno negro calibre 700 con capacidad de 15 L, y como sustrato se usó 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 por ciento.

Los muestreos se realizaron en cuatro ocasiones a intervalos de 15 días, en los que se cosecho la planta entera y se cuantificó el área foliar, mediante el equipo Li-Cor Li -3100 Area Meter Modelo 3100, el peso fresco y seco de la biomasa aérea y el porcentaje de humedad. También se determinó la concentración de nitrógeno en tejido vegetal mediante el método Micro-Kjeldahl (Bremer, 1965); la concentración de nitratos, mediante el método nitración del ácido salicílico, con lectura de la absorbancia. Con los datos de materia seca y el porcentaje de nitrógeno se determinó la absorción de nitrógeno. El requerimiento interno de nitrógeno se obtuvo mediante regresiones simples, en donde se relacionó la materia seca con la extracción de nitrógeno de la lechuga.

Los datos que se obtuvieron se sometieron a un análisis de varianza, comparación de medias y regresión lineal simple (SAS, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P \leq 0.01$) para las variables biomasa aérea seca (B_s), peso fresco (P_f) y área foliar (A_f) cuantificadas al final del experimento (cuarto muestreo). El tratamiento con 5 meq mostró los menores valores en las tres variables; sin embargo, sólo existió diferencia estadística de este tratamiento con respecto al tratamiento de 20 meq L^{-1} (Cuadro 1). 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 al ser comparada con la concentración más baja (5 meq L^{-1}). Para las variables BS, PF y AF no hubo diferencia significativa entre los primeros tres tratamientos (5, 10 y 15 meq $100g^{-1}$).

Cuadro 1. Efecto de la concentración de N en la solución nutritiva (Cn) sobre parámetros del crecimiento de lechuga cultivada en semi-hidroponía.

Cn	Biomasa aérea Seca		Peso Fresco	Área Foliar
	(B _s)		(P _f)	(A _f)
meq L ⁻¹	g pl ⁻¹	kg ha ⁻¹	g pl ⁻¹	cm ² pl ⁻¹
5	22.15 b	1477b	482.6 b	6166 b
10	30.63 ab	2042ab	781.5 b	10697 ab
15	40.30 ab	2687ab	964.0 ab	9114 ab
20	46.40 a	3093 ^a	1005.1 a	12364 a

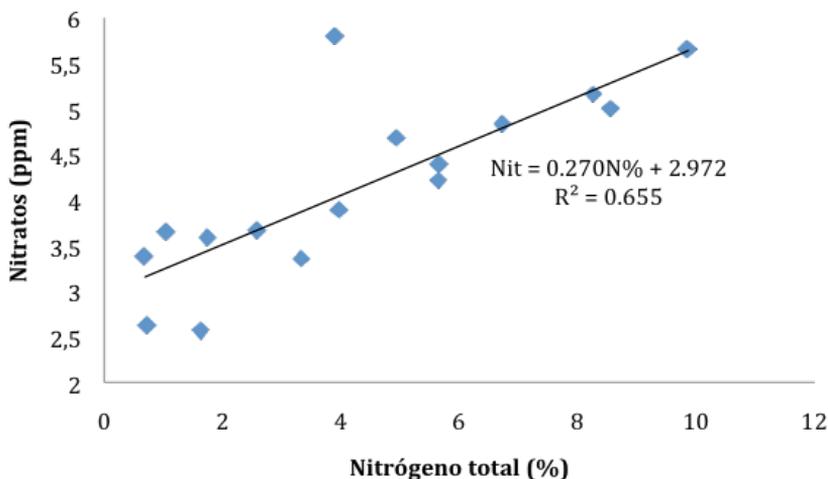
Cifras con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey≤0.01).

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 1) se puede inferir que la utilización de una solución en concentraciones superiores a 10 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. Esto puede apreciarse en la Figura 1, el experimento en donde una mayor cantidad de nitratos está asociada ($R^2= 0.655$, $p < 0.001$) 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, la acumulación de nitratos no rebasó

los límites estipulados por el *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* (DOCE, 2002).

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.

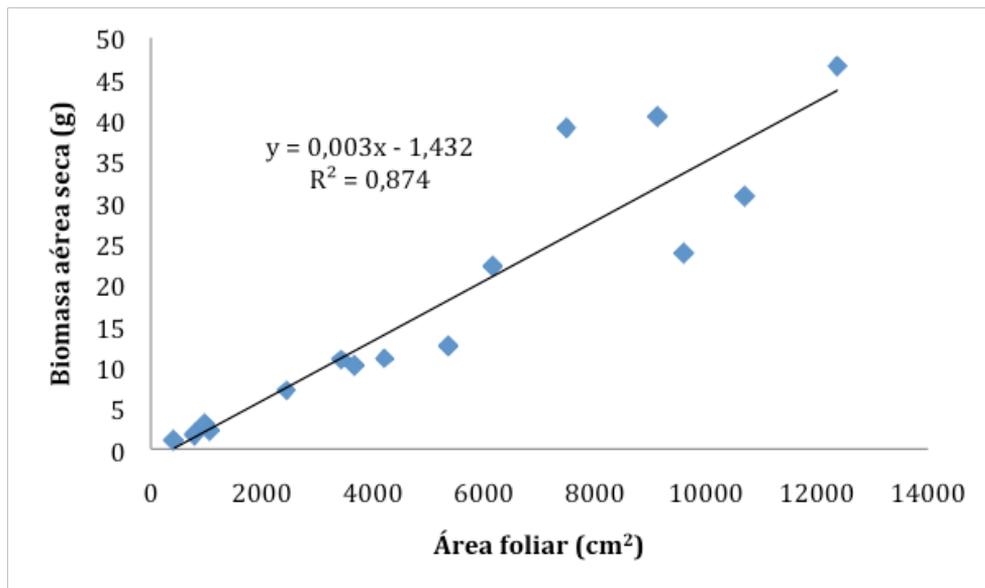
Figura 1. Relación entre el incremento en el porcentaje de nitrógeno total y la acumulación de nitratos en tejido.



Los datos experimentales muestran una fuerte correlación ($R^2 = 0.874$) entre el área foliar y la acumulación de 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.

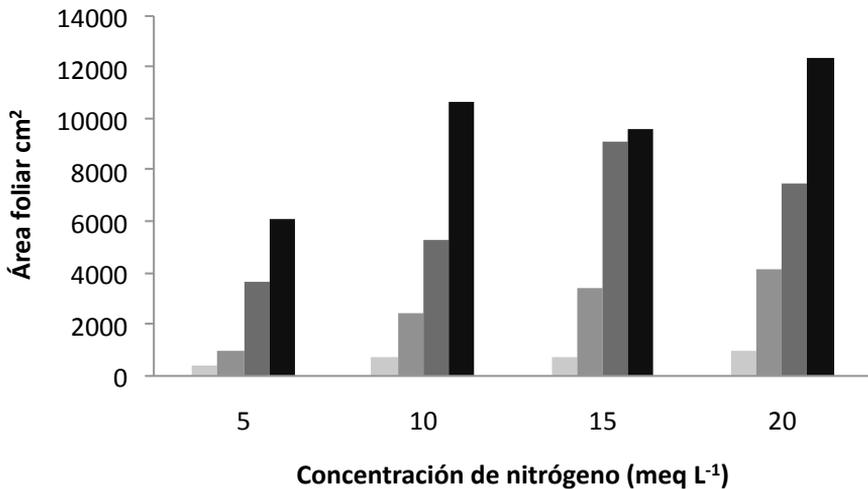
Figura 2. Relación entre el incremento en el área foliar y la acumulación de biomasa aérea seca.



En la Figura 3 se observa que se produjo un incremento en el área foliar con el transcurso del tiempo, lo que indica, que tanto a la concentración más baja de nitrógeno en la solución ($5 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$) como a la más alta ($20 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$), 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 ($P \leq 0.01$). Se presentó una tendencia positiva entre los parámetros M_S , P_F y A_F y

concentración de nitrógeno en la solución (C_n); a mayor concentración de nitrógeno en la solución, mayor valor en los parámetros antes indicados (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 la acumulación de materia seca y en la formación de área foliar (Salisbury y Ross, 2000).

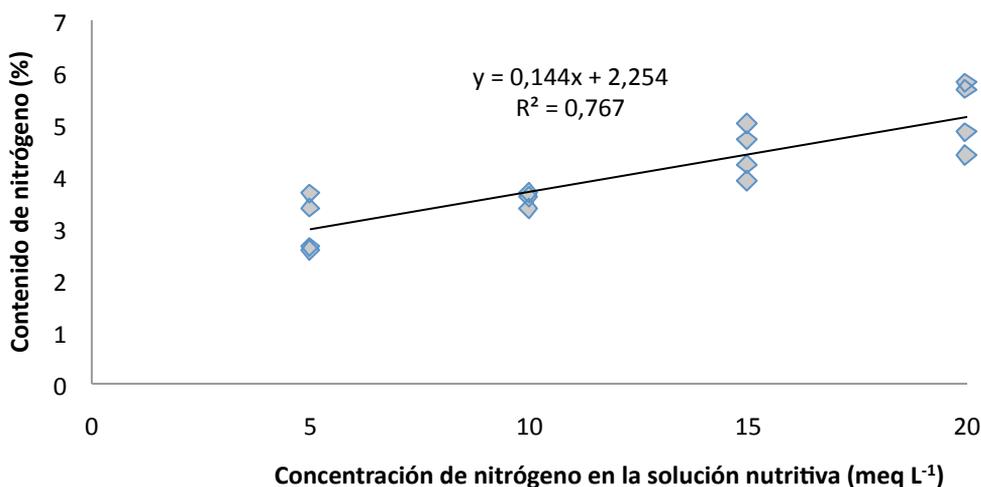
Figura 3. Incrementos en el área foliar a las diferentes concentraciones de nitrógeno para cada uno de los cuatro muestreos.



Se observó una tendencia positiva ($r^2= 0.767$) en la relación existente entre el contenido de nitrógeno (%) y el incremento en la concentra-

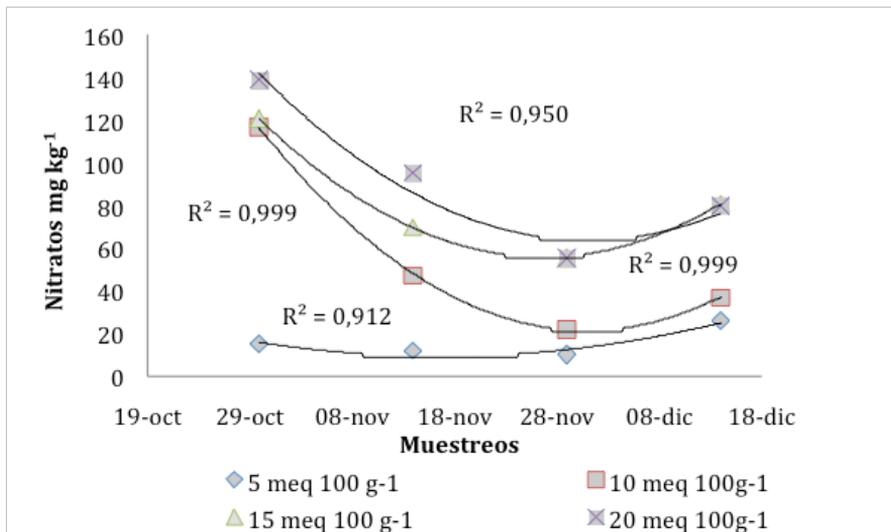
ción del elemento en la solución nutritiva. A mayor cantidad de nitrógeno aplicado en la solución nutritiva, mayor acumulación porcentual de nitrógeno en el tejido (Figura 4). Thompson y Doerge (1996) encontraron un comportamiento similar en lechuga, en el que la absorción de N se incremento en forma 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.



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 aprecia 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 cambio 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 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. Ello pudiera estar relacionado con una mayor cantidad de solutos de carga negativa (nitratos) que tienen un efecto de atracción sobre el agua, provocando que la planta la absorba y la retenga en una *mayor* cantidad, ocasionando con ello el incremento en el peso fresco del cultivo cosechado.

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

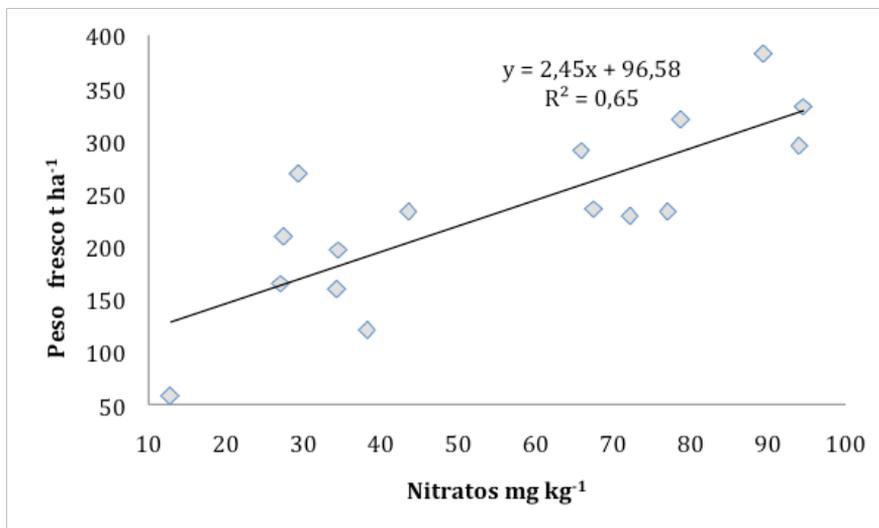
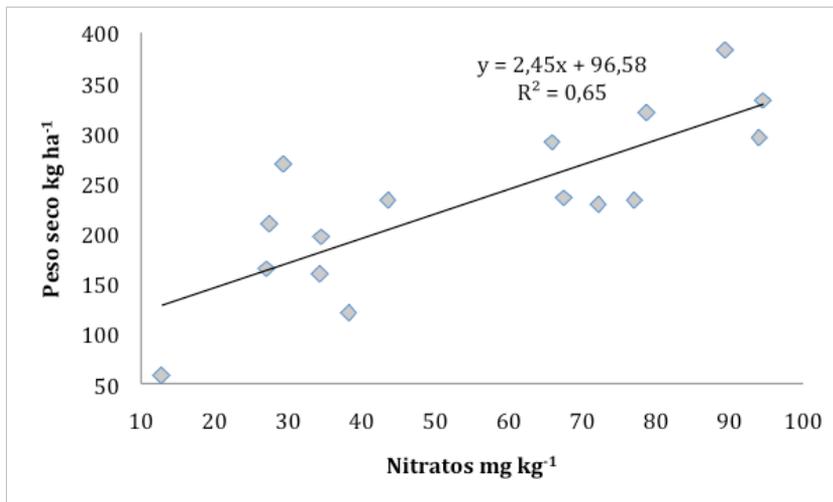


Figura 7. Respuesta de la planta a aumentar el peso seco de la biomasa aérea al incrementarse el contenido de nitratos en tejido.

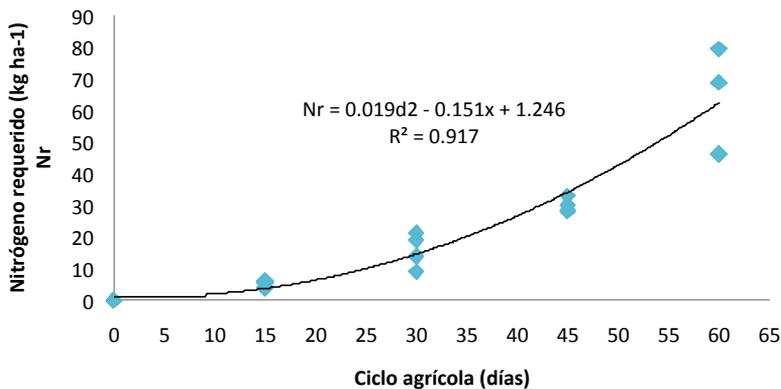


La cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo de lechuga durante el ciclo vegetativo, se presenta en la Figura 8, para la concentración de 10 meq 100L⁻¹. El requerimiento interno de la lechuga con base en esta solución es de 75 kg de nitrógeno por hectárea. Para las soluciones de 15 y 20 meq L⁻¹ 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 (Cuadro 1), por lo que la elección de la concentración de nitrógeno a utilizar deberá de hacerse con base en el menor costo económico, lo que correspondería a 15 meq L⁻¹. Con base en ello, la aplicación de 113 kg de nitrógeno por hectárea permitirá obtener la misma productividad con menores aportes de nitrógeno que la concentración de 20 meq L⁻¹. Diferentes autores (Tei

et al., 1999; Sánchez *et al.*, 2003) 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.



CONCLUSIONES

El requerimiento interno de nitrógeno en lechuga pudo determinarse a partir de las diferentes concentraciones de este nutriente evaluadas en el experimento. El valor encontrado fue de de 113 Kg de N ha⁻¹.

Existe una mayor presencia de nitratos al incrementarse la cantidad de nitrógeno porcentual en tejido. Se encontró una correlación positiva altamente significativa entre la acumulación de nitratos, el nitrógeno porcentual en tejido y la aportación de nitrógeno contenida en la solución nutritiva.

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 las Comunidades Europeas*.

Existe una relación directa entre la aplicación creciente de nitrógeno y las variables materia seca, peso fresco y área foliar.

BIBLIOGRAFÍA

- Bremner, M., 1965, "Organic forms of nitrogen", en Black, C. A. (ed.), *Methods of soil analysis. Part 2, Chemical and microbiological properties, Agronomy* 9:1238-1255.
- DOCE, 2002, Reglamento (CE) N° 563/2002, *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 2002, en: http://europa.eu.int/eurlex/pri/es/oj/dat/2002/1_86/1_08620020403es00050006.pdf.
- Escobar, J. et al., 2002, "Screening lettuce cultivars for low nitrate content during summer and winter production", en *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 77, 232-237.
- Galbiattia, A. et al., 2007, "Nitrate and sodium contents on lettuce and drained water as function of fertilizing and irrigation water quality in Brazil", en *International Journal of Plant Production* 2: 205-214.
- Gangolli, D. et al., 1994, "Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds", en *Eur. J. Pharm. Envir. Tox. Pharm. Section* 292, 1-38.
- Gardner, R. y D. Pew, 1979, "Comparison of various nitrogen sources for the fertilization of wintergrown - head lettuce", en *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(4):534-536.
- Greenwood, D. et al., 1980, "Comparison of the effects of potassium fertilizer on the yield, potassium content and quality of 22 different vegetable and agricultural crops", en *J. Agric. Sci. Camb.* 95: 441-456.
- Jones, H., 1992, *Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology*, 2a ed., Cambridge University Press.
- Leyva, G. et al., 2005, "Contenido de nitratos en extractos celulares de peciolas y frutos de tomate", en *Revista de Fitotecnia Mexicana* 28 (2):145-150.

- Liu, L. y L. Shelp, 1993, "Nitrogen positioning in greenhouse-grow broccoli in response to varying NH_4^+ : NO_3^- ratios. Commun", en *Soil Sci. Plant Anal* 24 (1y2) 45-60.
- Nelson, V., 1998, *Greenhouse operation and management*, Chapter 9 Fertilization, Prentice Hall Nueva Jersey, EUA.
- Rodríguez. J. y A. Galvis, 1989, *Dinámica del potasio en los suelos del país*, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Rodríguez, J., 1990, *Fertilización de cultivos. Un método racional*, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Salisbury, B. y C. Ross, 2000, *Plant Physiology*, Ed. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California.
- Sánchez, A. et al., 2003, "Comportamiento de la *Leucaena leucocephala* durante el establecimiento regada por goteo artesanal en ambiente semiárido", en *Rev. Fac. Agron (LUZ)*20(3), 352-363.
- SAS, 2001, *SAS User's Guide: Statistics*, SAS Institute Inc. Version 8 Edition, North Carolina, Cary.
- Steiner, A., 1961, "A universal method for preparing nutrient solution of a certain desired composition", en *Plant Soil* 15:134-154.
- Tei, F., 2000, "Effect of nitrogen availability on growth and nitrogen uptake in lettuce", en *Acta Horticulturae* 553:385- 392.
- _____, 1999, "Nitrogen fertilization of lettuce, processing tomato and sweet pepper: yield, nitrogen uptake and the risk of nitrate leaching", en *Acta Horticulturae* 506: 61-67.
- Thompson, L. y A. Doerge, 1996, "Nitrogen and water interactions in subsur trickle-irrigated leaf lettuce: II. Agronomic, economic and environmental outcomes", en *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:168-173.
- Watson y S. Mufti, 1996, *Nutrition and Cancer Prevention*, CRC Press, Nueva York.
- Welch et al., 1983, "Effect of variety, nitrogen fertilizer and various agronomic factors on the nutritive value of husked and naked oats grain", en *Animal Feed Science and Technology*, vol. 113, Issue 4 pp. 169- 181.
- Zhaohui, W. y L. Shengxiu, 2004, "Effects of Nitrogen and Phosphorus Fertilization on Plant Growth and Nitrate Accumulation in Vegetables", en *Journal of Plant Nutrition* 27:539-550.