

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE LA ACUMULACIÓN DE NITRATO EN DISTINTAS ACCESIONES DE *MORICANDIA ARVENSIS L. (CRUCIFERAE)*

A. MARTÍNEZ-SÁNCHEZ
C. EGEA

Departamento de Producción Agraria
Universidad Politécnica de Cartagena

V. CROS
J. FERNÁNDEZ
J. J. MARTÍNEZ-SÁNCHEZ

Departamento de Producción Agraria. Universidad Politécnica de Cartagena
Grupo de Horticultura Sostenible en Zonas Áridas
Unidad Asociada al CSIC-CEBAS
CARTAGENA (Murcia)

J. LÓPEZ
Departamento de Horticultura. IMIDA
LA ALBERCA (Murcia)

RESUMEN

El presente trabajo estudia el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la acumulación de nitrato en tres poblaciones de *Moricandia arvensis* L. de la Región de Murcia. Para ello se aplicaron tres tratamientos con diferentes soluciones nitrogenadas (T1, T2, T3), más un control con agua de riego (T0).

A los 53 días de la plantación se recolectó el material vegetal y se midieron diferentes parámetros de crecimiento y el contenido de nitrato en hojas y tallos.

Sólo en una de las poblaciones (01-84) los tratamientos nitrogenados provocaron diferencias significativas en cuanto a los parámetros de crecimiento: altura y peso seco de las plantas.

La comparación entre poblaciones mostró diferencias significativas en la mayoría de los parámetros estudiados, a excepción del número de hojas por planta, probablemente provocadas por la diferencia en el genotipo.

En cuanto acumulación de nitrato en planta, las tres poblaciones se comportaron de forma similar, incrementándose dicha concentración al aumentar la dosis de fertilización, destacando la población 01-85 por su mayor acumulación de nitrato en todos los tratamientos. La concentración en tallos fue siempre mucho mayor que la obtenida en hojas.

Palabras clave: Fertilización nitrogenada, nitratos, planta autóctona, *Moricandia arvensis* L.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el desarrollo de las nuevas técnicas analíticas, así como el continuo auge de las empresas de elaboración de productos de la cuarta gama, ha favorecido el consumo de plantas silvestres como fuente alimenticia, debido sin duda a que muchas de estas especies son ricas en minerales y sustancias cardiosaludables, tales como glucosinolatos, ácidos omega 3, β -carotenoides, etc. (Palaniswamy *et al.*, 2001b; Ziegler, R. G., 1989; Belkhiri *et al.*, 1990).

Asimismo, existe un gran interés de las empresas del sector en la introducción de nuevos cultivos alternativos a los cultivos principales. La utilización hortícola de plantas autóctonas mediterráneas podría suponer un importante ahorro de agua y un menor uso de productos fitosanitarios, al ser plantas más adaptadas al medio y por tanto con menores requerimientos de energía externa.

Moricandia arvensis L. es una de estas especies silvestres que podría ser potencialmente importante. Pertenece a la familia de las crucíferas y es conocida vulgarmente como collejón. Es una planta herbácea de hojas carnosas que crece en cultivos de secano, campos abonados y márgenes de caminos. Se usa como alimento para ganado, en medicina popular y también ha sido consumida localmente como verdura por el hombre.

Actualmente existe una creciente preocupación por la cantidad de nitratos y nitritos ingerida en los alimentos, debido a sus posibles efectos nocivos para la salud. El nitrato ingerido puede ser transformado durante la digestión en nitrito. El efecto tóxico de este nitrito está sobradamente demostrado, desarrollando patologías a corto plazo como la metaglobinemia o enfermedad de los «bebés azules» (García Roché y Hernández, 1986). Además, el consumo continuado de elevadas cantidades de nitrato ha sido relacionado con la generación de nitrosaminas cancerígenas (Zaldívar y Robinson, 1973; Hill *et al.*, 1973; Zaldívar y Wetterstrand, 1975; Hill, 1991) y con la disminución de la reserva hepática de vitaminas A, B y carotenos (García-Olmedo y Bosch, 1988 a).

En un estudio realizado sobre la ingesta media de nitrato y sobre su procedencia alimenticia (Trempe, 1980), se desprende que las hortalizas son la principal fuente del nitrato que se ingiere diariamente. Por consiguiente, la organización mundial de la salud (OMS) ha establecido una Ingesta Diaria Admisible de 5 mg por kilogramo de peso corporal, lo que equivale a 150 mg por día para una persona de 70 kg (Anónimo, 1994).

El propósito de este trabajo es estudiar como influye el uso de tres soluciones nitrogenadas sobre la acumulación de nitrato en tres accesiones de *Moricandia arvensis* L. de la región de Murcia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del experimento y material vegetal

El experimento fue llevado a cabo en la finca experimental Tomás Ferro de la Universidad Politécnica de Cartagena situada en la región de Murcia (37° 36' 52" N, 0° 58' 07" O).

El material vegetal utilizado procedía de semillas de tres poblaciones distintas de esta especie de diferente localización dentro de la Región de Murcia, registradas como accesiones 01-84, 01-85, 01-143 procedentes de Fuente Álamo (UTM:30SXG4484), Cartagena (UTM:30SXG7283) y Calasparra (UTM:30SXG0435) respectivamente.

Ensayo de campo. Tratamientos

La siembra se realizó el 1/12/02 en bandejas de poliestireno (60 × 41 × 5,3 cm) de 176 alvéolos de 26,42 cm³ de capacidad, empleando turba como sustrato. Las plantas permanecieron hasta el momento del trasplante en un umbráculo.

El trasplante a campo se llevó a cabo el 30/01/03 empleando un marco de plantación de 10 × 10 cm.

Una vez trasplantadas las plantas recibieron tres tratamientos de fertilización que consistieron en la aplicación de tres soluciones nitrogenadas diferentes (T1, T2, T3), más un control con agua de riego (T0). Las soluciones nutritivas empleadas fueron: T1: 360, 200, 150, 125, 50, 240 mg/L, respectivamente de N, P, K, Ca, Mg y S; T2: igual que T1 pero con el doble de N: 720 mg/l, y T3: igual que T1 pero con el triple de N: 1080 mg/l. Durante el periodo de cultivo las plantas fueron regadas con dichas soluciones cada 10 días.

Para el estudio se diseñó un sistema de bloques aleatorios teniendo en cuenta las tres accesiones y los tres tratamientos de fertilización aplicados. Para cada tratamiento y lote se utilizaron tres réplicas.

Parámetros estudiados

El día 25/03/03 (53 días después del trasplante) se recolectó el material vegetal y se midieron los siguientes parámetros: altura de las plantas, número de hojas, número de ramificaciones, producción (peso fresco, peso seco) y concentración de nitrato en hojas y tallos.

Recogida y procesado de las muestras

Se tomaron 10 muestras de cada replica de cada tratamiento y lote. Las muestras vegetales recién cortadas del campo se pesaron separando las hojas de los tallos. Seguidamente se secaron en estufa con aire forzado a 65 °C durante 48 horas, hasta conseguir peso constante.

El material vegetal desecado se guardó en una desecadora, con el fin de preservarlas de la humedad, hasta su posterior análisis.

Determinación del contenido de nitratos

Una vez realizada la extracción a partir de 2,0 g de material vegetal desecado y molido, se realizó un análisis por triplicado de cada muestra. Para ello, se midió mediante un espectrofotómetro-UV a dos longitudes de onda: 220 nm y 275 nm

La determinación de la concentración de nitrato existente en el material vegetal se llevó a cabo mediante la extrapolación del dato de absorbancia obtenido por la expresión $Abs\ 220\ nm - 2 \times Abs\ 275\ nm$ en una recta patrón.

Análisis estadístico

Todos los datos fueron sometidos a estudio estadístico empleando el paquete estadístico STATGRAPHICS versión 2.1. Los datos se analizaron mediante un ANOVA multifactorial, seguida de la prueba de tipo múltiple LSD para grupos homogéneos, con un nivel de significación del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican que los tratamientos nitrogenados no provocaron diferencias significativas en cuanto a los parámetros de crecimiento en las accesiones 01-143 y 01-85, mientras que en las plantas de la accesión 01-84 sí se observó diferencias significativas en altura y peso seco (tabla 1). La altura se incrementó con la aplicación de los tratamientos nitrogenados aunque sólo con diferencias significativas respecto al control. El peso seco, sin embargo, se incrementó conforme aumentó la dosis de nitrógeno aplicada.

Tanto en los análisis realizados de planta (hojas y tallos) como en los análisis de hojas y tallos por separado, se obtuvo como resultado que al aumentar la dosis de fertilización se incrementó la concentración de nitrato existente en las tres accesiones de *M. arvensis* L. estudiadas, a excepción de la acumulación de nitrato en hojas y en tallos de la accesión 01-143 que no presentó diferencias significativas en los distintos tratamientos.

Al comparar las diferentes accesiones entre sí, hubo diferencias significativas en todos los parámetros de crecimiento a excepción del número de hojas por planta que no se vio afectado por los tratamientos aplicados. En cuanto a la altura, las plantas de la accesión 01-85 tuvieron una altura menor respecto a las plantas del resto de las accesiones para todos los tratamientos aplicados. Las accesiones 01-84 y 01-143 solamente difirieron entre sí a partir del tratamiento T2, debido al mayor crecimiento de las plantas 01-84.

El número de ramificaciones por planta se vio afectado significativamente entre accesiones para los tratamientos T0 y T1. Las plantas 01-84 eran menos ramificadas que las plantas de la accesión 01-143. Por otra parte, las plantas de la accesión 01-85 no mostraron diferencias significativas con el resto de las accesiones, mostrando un número de ramificaciones intermedio.

La comparación entre accesiones mostró diferencias significativas en los pesos fresco y seco de las plantas de las accesiones 01-143 y 01-84 regadas con el tratamiento T1. Las plantas de la accesión 01-84 pesaron en fresco poco más de la mitad que las de la accesión 01-143 y en consecuencia también tuvieron un peso seco menor. Al igual que para el parámetro anterior, la accesión 01-85 mostró valores intermedios entre ambas.

Extrapolando la producción por metro cuadrado a partir del dato de peso fresco (tabla 1), ésta oscilaría entre 1,1 y 2 kg siendo la accesión más productiva la 01-143 regada con el tratamiento T1.

La ausencia de diferencias en los parámetros de crecimiento tras la aplicación de las distintas soluciones nitrogenadas en las accesiones 01-85 y 01-143 indica que en el suelo de cultivo el nitrógeno no fue un factor limitante para el crecimiento de *Moricandia arvensis* L.

La acumulación de nitrato en la accesión 01-85 fue claramente superior al resto de las accesiones en todos los tratamientos estudiados, tanto en el conjunto de la planta como en hojas y en tallos por separado (tabla 1), aunque esta mayor acumulación de nitrato no está relacionada con una mayor productividad. Además, se observó que la concentración de nitrato en planta es siempre mayor en los tallos que en las hojas. Una explicación de esta diferencia en la concentración de nitratos, es debido a su transporte a través del xilema (Lenzi *et al.*, 2002).

Teniendo en cuenta que *M. arvensis* L. es una especie hortícola de hoja y, que ésta se comercializaría como producto refrigerado de la cuarta gama, las accesiones 01-84 y 01-143 tendrían en todos los tratamientos aplicados un contenido en nitrato inferior a los máximos aceptados por la legislación vigente en productos similares como lechugas y espinacas (tabla 2). Sin embargo, en la accesión 01-85, dos de los tratamientos (T2 y T3) provocaron una acumulación de nitrato que sobrepasó el límite establecido en dicha legislación.

Debido a que la fertilización nitrogenada y los factores ambientales fueron los mismos en las tres accesiones, parece que la diferencia en la acumulación de nitrato se debió a una variación en el genotipo. Existen grandes variaciones inter e intraespecíficas en la acumulación de nitrato. Se han encontrado variedades de lechugas que, en las mismas condiciones, acumulan el doble de nitrato que otras (Vogtam *et al.*, 1984); variaciones parecidas se han obtenido en espinaca (Blom-Zandstra y Eenink, 1986; Barker *et al.*, 1974). Estudios realizados en lechuga (Subrayama *et al.*, 1980) concluyeron que la heredabilidad de la acumulación de nitrato es cuantitativa y no depende de un único gen. Según Paschold (1989), el contenido de nitrato en la planta viene determinado por un conjunto de factores ambientales (luz, temperatura, humedad y otros), nutricionales (nitrógeno, fósforo, potasio y otros) y propios del cultivo (genotipo, órgano vegetativos, edad y otros) que interactúan entre sí.

Si a esto añadimos las diferencias entre accesiones referentes a los parámetros de crecimiento expuestos anteriormente, se hacen necesarios estudios específicos sobre las diferencias genotípicas que pudieran existir entre las diferentes poblaciones de *M. arvensis* en el sureste ibérico.

CONCLUSIONES

En líneas generales, los tratamientos nitrogenados no provocaron diferencias significativas en los parámetros de crecimiento en dos de las accesiones de *Moricandia arvensis* L. Únicamente en la accesión 01-84 la altura y el peso seco de las plantas se incrementaron significativamente. La accesión más productiva fue la 01-143 con unos 2 kg/m² para las plantas regadas con el tratamiento T1.

Al aumentar la dosis de nitrógeno aplicada se incrementó la concentración de nitrato en planta, siendo la concentración de éstos siempre mayor en tallos que en hojas.

Posiblemente, haya diferencias de acumulación de nitrato y de productividad entre genotipos distintos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos AGL 2000-0521 de la CICYT y PI-27/00753/FS/01 de la Fundación Séneca de la Región de Murcia.

BIBLIOGRAFÍA

- BELKHIRI, A. and LOCKWOOD, G. BRIAN 1990. An indole derivative and glucosinolates from *Moricandia arvensis*, *Phytochemistry*, Volume 29, Issue 4, Pages 1315-1316.
- ANÓNIMO. 1994. Verduras: nitratos, bien. *Eroski*. 184: 16-19.
- BLOM-ZANDSTRA, M. y EENINK, A. H. 1986 Nitrate content and reduction in different genotypes of lettuce. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 111: 908-911.
- GARCÍA-OIMEDO, R. y BOSCH, N. 1988a. Ingestión de nitratos procedentes de productos hortícolas y su incidencia toxicológica. *Alimentaria*. Abril 88: 76-78.
- GARCÍA-ROCHÉ, M. O. y HEMÁNDEZ, A. M. 1986. Fuentes, presencia y riesgo de los nitratos y nitritos. Situación en Cuba. *Alimentaria*. 86: 67-71.
- HILL, M. J. 1991. Nitrates and Nitrites in Food and Water. Series in food science and technology. Ed. Ellis Horwood. Chichester. England.
- HILI, M. J.; HAWKESWORTH, G. y TATTERSALI, G. 1973. Bacteria, nitrosamines and cancer of the stomach. *Br. J. Cancer* 28: 562-567.
- LENZI A.; TESI R. y VENTO V., 2002. Variazione del contenuto di nitrati nella rucola e strategie di controllo. *Culture Protette* 3: 85-93.
- PALANISWAMY, U. R.; MCAVOID, R. J. and BIBLE, B. B. 2001b. Stage of Harvest and Polyunsaturated Essential Fatty Acid Concentrations in Purslane (*Portulaca oleraceae*) Leaves. *J. Agric. Food Chem.* 49: 3490-3493.
- PASCHOLD, P. J., 1989. The effect of selected cultural measures on the nitrate content of spinach. II.- Effect of crop density, irrigation, cultivar and other factors. *Archiv fur Gartenbau* 37: 291-300.
- REGLAMENTO CE 194197 DE LA COMISIÓN, del 31 de enero de 1997, por el que se establecen los límites máximos de nitrato que pueden presentar las lechugas y espinacas. 1 de febrero de 1997.
- REGLAMENTO CE 466/2001 DE LA COMISIÓN, de 8 de marzo de 2001, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. 16 de marzo de 2001.
- REININK, K. 1991. Genotype environment interaction for nitrate concentration in lettuce. *Plant Breeding* 107, 39-49.
- SUBRAYAMA, R.; VEST, G.; HONMA, S. 1980. Inheritance of nitrate accumulation in lettuce. *HortScience* 15: 525-526.
- TREMP, E. 1980. Die Belastung der schweizerischen Bevölkerung mit verschiedenen Entwicklungsstadien. *Archiv fur Gartenbau*. 51: 190-192.

- VOGTARN, H.; TEMPERLI, A. T.; KUNSCH, U.; EICHENBERG, M. y OTT, P. 1984. Accumulation of nitrates in leafy vegetables grown under contrasting agricultural systems. *Biol. Agric. Hort* 2: 51-68.
- ZALDÍVAR, R. y ROBINSON, H. 1973. Epidemiological investigation en stomach cancer mortality in Chileans: association with nitrate fertilisers. *Z. Krebsforsch.* 80: 289-295.
- ZALDÍVAR, R. y WETTERSTRAND, W. H. 1975. Further evidence of a positive correlation between exposure to nitrate fertilisers (NaNO_3 and KNO_3) and -gastric cancer death rates: nitrites and nitrosaminas. *Experientia* 31: 1354-1355.
- ZIEGLER, R. G. (1989). A review of epidemiologic evidence that carotenoids reduce the risk of cancer. *J. Nutr.* 119: 116-122.

Tabla 1

VALORES MEDIOS POR PLANTA \pm DESVIACIÓN TÍPICA DE DIVERSOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO Y CONTENIDO DE NITRATO EN HOJAS Y TALLOS PARA LAS TRES ACCESIONES DE *M. ARVENSIS* ESTUDIADAS. LETRAS MINÚSCULAS DISTINTAS DENTRO DE LA MISMA COLUMNA INDICAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS PARA UN MISMO LOTE. LETRAS MAYÚSCULAS INDICAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LOTES PARA CADA TRATAMIENTO (LSD, $P < 0,05$)*. ($P < 0,05$)**, ($P < 0,01$)***, ($P < 0,001$). n.s. INDICA QUE NO HAY DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS

Lote	Tratamiento	Altura (cm)	N.º hojas	Ramificaciones	P. fresco (g)	P. seco (g)	Nitrato (ppm)		
							Hojas	Tallo	Total
01-84	T0	27,2 \pm 3,8 ^{ab}	9,00 \pm 1,4	4,03 \pm 2,9 ^A	11,3 \pm 6,3	1,03 \pm 0,6 ^a	317,97 \pm 24,2 ^{aA}	620,46 \pm 41,2 ^{aA}	469,21 \pm 32,7 ^{aA}
	T1	31,4 \pm 4,9 ^{bb}	9,05 \pm 1,2	4,70 \pm 2,9 ^A	10,9 \pm 5,8 ^A	1,15 \pm 0,6 ^{abA}	591,62 \pm 70,1 ^{bA}	1.025,93 \pm 82,3 ^{aA}	808,77 \pm 30,4 ^{aA}
	T2	31,9 \pm 4,8 ^{bc}	9,75 \pm 1,3	6,06 \pm 3,3	13,6 \pm 6,1	1,44 \pm 0,6 ^{bc}	827,08 \pm 171,1 ^{bA}	1.310,27 \pm 720,7 ^a	1.068,67 \pm 436,4 ^{aA}
	T3	31,6 \pm 2,9 ^{bc}	9,54 \pm 1,5	6,36 \pm 2,4	15,1 \pm 9,1	1,52 \pm 0,8 ^c	1.122,3 \pm 66,1 ^{cA}	2.460,43 \pm 14,1 ^{bA}	1.796,10 \pm 55,9 ^{bB}
01-85	T0	21,4 \pm 3,6 ^A	9,47 \pm 1,1	5,10 \pm 2,7 ^{AB}	14,1 \pm 7,9	1,08 \pm 0,6	789,47 \pm 126,6 ^{ab}	1.207,3 \pm 114,4 ^{ab}	1.034,03 \pm 37,3 ^{ac}
	T1	20,9 \pm 4,3 ^A	9,72 \pm 1,0	5,50 \pm 3,1 ^{AB}	17,1 \pm 13,2 ^{AB}	1,4 \pm 1,0 ^{AB}	1.422,91 \pm 28,2 ^{bb}	2.105,58 \pm 117,6 ^{bc}	1.787,87 \pm 45,6 ^{bc}
	T2	20,2 \pm 4,6 ^A	10,16 \pm 1,2	5,06 \pm 3,2	14,6 \pm 10,7	1,17 \pm 0,8	1.874,26 \pm 191,6 ^{bb}	2.801,61 \pm 569,9 ^c	2.388,14 \pm 228,1 ^{cb}
	T3	22,9 \pm 4,3 ^A	9,90 \pm 1,0	5,70 \pm 2,6	15,4 \pm 10,8	1,31 \pm 0,9	3.857,96 \pm 485,4 ^{cb}	5.358,26 \pm 259,3 ^{db}	4.738,86 \pm 35,2 ^{dc}
01-143	T0	28,1 \pm 5,1 ^B	9,58 \pm 1,5	6,33 \pm 2,6 ^B	14,1 \pm 6,5	1,3 \pm 0,5	635,8 \pm 48,4 ^B	1.071,14 \pm 137,8 ^B	851,87 \pm 72,6 ^{ab}
	T1	29,7 \pm 5,6 ^B	10,08 \pm 1,4	6,60 \pm 2,5 ^B	20,7 \pm 12,1 ^B	1,78 \pm 1,0 ^B	758,24 \pm 83,9 ^A	1.470,48 \pm 14,1 ^B	1.114,35 \pm 49,0 ^{abB}
	T2	27,4 \pm 6,7 ^B	9,65 \pm 1,1	6,33 \pm 2,7	16,2 \pm 9,11	1,47 \pm 0,8	1.012,57 \pm 608,8 ^A	1.399,06 \pm 732,4	1.205,81 \pm 267,4 ^{bcA}
	T3	27,9 \pm 3,6 ^B	9,64 \pm 1,4	6,76 \pm 2,4	16,8 \pm 8,8	1,58 \pm 0,8	1.027,34 \pm 356,2 ^A	2.046,01 \pm 444,9 ^A	15.636,67 \pm 44,3 ^{cA}
Significación									
Tratamiento		*	n.s.	n.s.	n.s.	*	***	***	***
Lote		***	n.s.	***	**	*	***	***	***
Tratamiento \times Lote		**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	**	***

Tabla 2

VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE NITRATO EN LECHUGAS
Y ESPINACAS PERMITIDOS EN LA UE (REGLAMENTO 466/2001)

Producto	Contenido máximo de nitrato admitido (ppm)	
Espinacas frescas	Cosechadas del 1-11 al 31-3	3.000
	Cosechadas del 1-4 al 31-10	2.500
Espinacas en conserva, refrigeradas o congeladas	Todo el año	2.000
Lechugas	Cosechadas del 1-10 al 31-3	4.500
	Cosechadas del 1-4 al 30-9	3.500
	Cosechadas del 1-5 al 31-8	2.500