

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION  
Y DE LA FERTILIZACION NITROGENADA SOBRE ALGUNAS  
CARACTERISTICAS PRODUCTIVAS DE LA COL FORRAJERA  
(*BRASSICA OLERACEA L.*)<sup>1, 2, 3, 4</sup>

EFFECT OF POPULATION DENSITY AND NITROGEN FERTILIZATION ON SOME  
PRODUCTION CHARACTERISTICS OF FODDER KALE  
(*BRASSICA OLERACEA L.*)

GASTON PICHARD D., SERGIO REYES M. y ENNIO INNOCENTI C.

*Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía,  
Pontificia Universidad Católica de Chile*

SUMMARY

*Two experiments were carried out in order to study the effects of planting density (20,000 to 250,000 plants/ha) and nitrogen fertilization on some production characteristics of fodder kale. Dry matter yield became asymptotic at 75,000 plants/ha yielding near 14 t d.m./ha. Leaf percentage and stem diameter were negatively correlated with plant density, and varied between 48 and 30%, and 3.9 and 1.7 cm respectively. Maximum leaf yield was 7 t d.m./ha and was attained at 120,000 plants/ha. Nitrogen levels of 0, 64, 128 and 192 kg N/ha showed average forage yields of 13.97, 14.56, 15.72 and 15.32 t d.m./ha. In both experiments nitrogen extraction by plants was very high suggesting a high mineralization rate in the soil and efficient use of it by the plant. The high protein (19-25%) and low plant cell wall (12-14%) contents of the kale leaves are pointed out as excellent nutritional characteristics. These chemical characteristics as well as the high yields obtained allow to suggest that the fodder kale may be an interesting forage source for livestock in the central region of the country.*

INTRODUCCION

La col forrajera es un recurso alimenticio cuyo potencial de rendimiento es elevado y cuyo valor nutritivo es muy bueno. Los antecedentes de siembra en la zona sur (INIA, 1970) señalan producciones de materia seca de 8 a 12 t/ha, similares a los reportados en otros países

(Harper & Compton, 1980, y Crehu & Lefloch, 1979). Los mayores valores de rendimientos se han obtenido cuando el período de crecimiento es más prolongado y la cosecha se efectúa en invierno (Goic, 1969, y McDonald *et al.*, 1981).

El establecimiento de la col forrajera ha sido realizado por siembra directa o por trasplante,

<sup>1</sup>Investigación financiada parcialmente por el C.I.I.D. de Canadá.

<sup>2</sup>Parte de la Tesis presentada por el Sr. Sergio Reyes a la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile, como requisito previo para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

<sup>3</sup>Los autores agradecen al Ing. Agrónomo Sr. Jorge Ortega O. y al Técnico Agrícola Sr. Santiago Garcés por la colaboración prestada en este trabajo.

<sup>4</sup>Presentado en la VII Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal, Valdivia 5-16 de noviembre, 1982.

Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica con el N° 359/84. Fecha de recepción: 23 de marzo, 1984.

en diferentes densidades. Diversos trabajos han reportado que los mejores rendimientos se obtienen con distancias entre hileras inferiores a 60 cm (Crehu, 1973; Pawlus & Rudnicki, 1979). Además existiría un incremento en la proporción de hojas y una disminución en el diámetro de los tallos (Gutiérrez y Goic, 1974).

Es característico de la col forrajera un alto contenido de proteína, especialmente en sus hojas, y en consecuencia el requerimiento de nitrógeno a nivel radicular adquiere especial interés.

Crehu & Lefloch (1979) señalan que la col responde con rendimientos crecientes a fertilizaciones nitrogenadas de hasta 120 kg/ha, y niveles superiores son efectivamente absorbidos por la planta, incrementando su concentración en nitrógeno total, pero sin aumentar rendimientos por sobre 12 t.M.S./ha. Esta respuesta a la fertilización nitrogenada ha sido mayor en variedades enanas que en variedades de mayor altura, especialmente en densidades de plantas elevadas, Lewandowska & Starski (1977).

La composición química de la col se ve afectada por la fertilización nitrogenada. Peltier *et al.* (1976) señalan que hay un aumento en el contenido de proteína cruda al aumentar la fertilización nitrogenada; sin embargo, la celulosa, fibra cruda, calcio y fósforo fueron poco afectados, al igual que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

Considerando el alto potencial productivo descrito por la col forrajera en zonas húmedas, interesó evaluar su productividad en la zona central de Chile bajo condiciones de riego. Para este efecto se estudió la influencia de densidad de plantación y de fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje, componentes de rendimiento y algunos parámetros de valor nutritivo.

## MATERIALES Y METODOS

Se realizó ensayos en 1979 en la Estación Experimental Agrícola de la Universidad Católica de Chile, en Curacaví, en suelo franco arenoso cuyo análisis mostraba los siguientes contenidos de nutrientes: N 10 ppm, P 27 ppm, K 152 ppm y materia orgánica 1,7% y un pH de 7,7.

La fecha de plantación fue el 3 de marzo, utilizando plantas de 10-15 cm obtenidas en un almácigo sembrado el 20 de enero con semilla corriente de col forrajera (*Brassica oleracea* L.). La fecha de cosecha fue el 15 de agosto.

### Ensayo I. Densidad de Plantación

Utilizando un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones se plantó coles con 12 densidades diferentes en parcelas de 3,6 × 10,0 m en hileras a 0,60 m de distancia, para obtener densidades desde 20.000 hasta 250.000 plantas/ha. La fertilización consistió en 40 kg N/ha y 47 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, aplicados en cobertera el 20 de marzo, como salitre sódico y superfosfato triple. Se realizó un control de malezas en forma manual el 21 de marzo.

Las mediciones de rendimiento se realizaron cosechando 8 metros lineales en las hileras centrales de cada parcela. En la muestra cosechada se contó el número de plantas, las que determinaron la población real, y posteriormente se pesaron con una balanza de reloj (precisión de ± 25 gramos). En el momento de cosechar se midió diámetro de tallos y se separó hojas y tallos. De cada muestra se tomó una alícuota que se secó en una estufa de aire forzado a 65°C por 72 horas. Los resultados fueron sometidos a análisis de regresión utilizando los valores de densidades reales medidos a la cosecha.

### Ensayo II. Fertilización nitrogenada

En este ensayo se utilizó una densidad de 83.000 plantas/ha, a las cuales se aplicó cuatro niveles de nitrógeno (0, 64, 128 y 192 kg N/ha). La fertilización fosforada fue de 97 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. El diseño experimental, fecha de plantación, los fertilizantes, el control de malezas y las mediciones posteriores fueron como en el ensayo I. Los rendimientos fueron sometidos a análisis de varianza y las medias fueron comparadas con el test de S.N.K.

Se molió hojas y tallos para hacer los análisis de composición química. Estos incluyeron determinación de nitrógeno total y pared celular por el método de Kjeldahl (AOAC, 1975) y de Goering y Van Soest (1970), respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSION

*Densidad de plantas*

Las densidades reales medidas al momento de la cosecha fueron analizadas en relación al rendimiento de materia seca y a sus componentes, hojas y tallos. En la Figura 1 se observa un aumento en rendimiento que se hace asintótico cerca de 75.000 plantas/ha con una producción a esa densidad de 13,40 t.M.S./ha. Estos resultados obtenidos con una dosis de fertilización nitrogenada fueron sometidos a un análisis de regresión, obteniéndose un buen ajuste y alto coeficiente de determinación con una función asintótica al nivel de 15,17 t.M.S./ha. Estos resultados podrían ser diferentes al variar el aporte de nitrógeno.

Al aumentar la densidad de población se observó un cambio en la arquitectura de las plantas provocado posiblemente por la competencia por luz y nutrientes del suelo. Este se manifestó en una reducción del peso individual de las plantas y de la proporción de hojas (Figura 1) que no corresponde con las observaciones de Gutiérrez y Goic (1974). Hubo un aumento consecuente de la proporción de tallos que se vio a su vez acompañado por una disminución lineal en el diámetro de los mismos desde 3,9 cm con 21.000 plantas/ha hasta 1,7 cm con 116.000 plantas/ha, de acuerdo a una función  $Y=4,13 - 0,022X$ ,  $r=0,97$  donde  $X$ =miles de plantas/ha, e  $Y$ =diámetro de tallos en centímetros.

La reducción en el porcentaje de hojas al aumentar la densidad de plantas resultó en una curva de producción total de hojas ascendente con densidades hasta 120.000 plantas/ha y luego descendente hasta la mayor densidad obtenida de 270.000 plantas/ha. En el caso de los tallos, su producción total aumentó en forma continuada hasta las densidades mayores debido a los incrementos en su porcentaje y a la mantención del rendimiento de materia seca.

Estos resultados no coinciden con las observaciones de Johnston (1971), quien encontró que una reducción en la densidad de plantas resulta en cambios pequeños e irregulares en el rendimiento de hojas, mientras el rendimiento de tallos disminuía consistentemente.

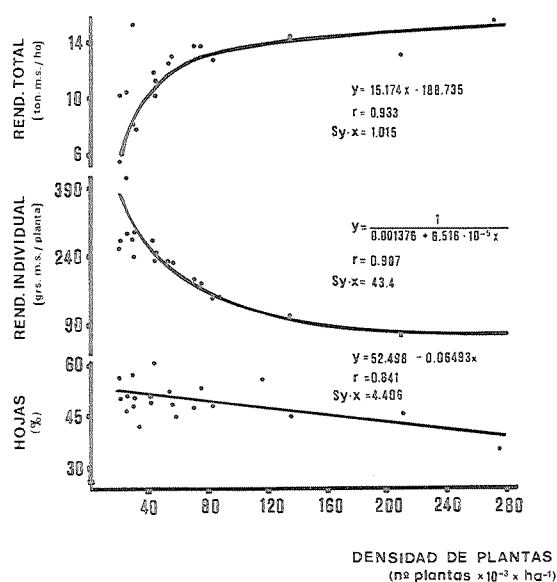


FIGURA 1  
EFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTAS SOBRE  
EL RENDIMIENTO TOTAL, RENDIMIENTO  
INDIVIDUAL Y PORCENTAJE DE HOJAS EN  
COL FORRAJERA.

*Effect of population density on the total dry matter yield, individual dry matter yield and leaf percentage in fodder kale.*

*Fertilización*

Los resultados de este ensayo confirman la respuesta en el rendimiento de la col forrajera a la fertilización nitrogenada señalada por diversos autores. En la Figura 2 se observa que dosis crecientes de nitrógeno, hasta 128 kg/ha, produjeron incrementos en producción de forraje. En el Cuadro 1 se resume la respuesta a la aplicación de distintas dosis de nitrógeno.

Los valores de rendimiento observados muestran que la col forrajera alcanzó niveles de producción superiores a las 15 toneladas de materia seca. Con estos rendimientos y considerando el contenido de proteína cruda en las plantas cosechadas, ocurre una fuerte demanda por nitrógeno que alcanza a más de 400 kg N/ha. El balance de N sugiere una alta eficiencia de utilización del fertilizante nitrogenado y un alto nivel de mineralización del N del suelo, lo cual es posible si se considera que el cultivo anterior fue una pradera de alfalfa. Este nivel

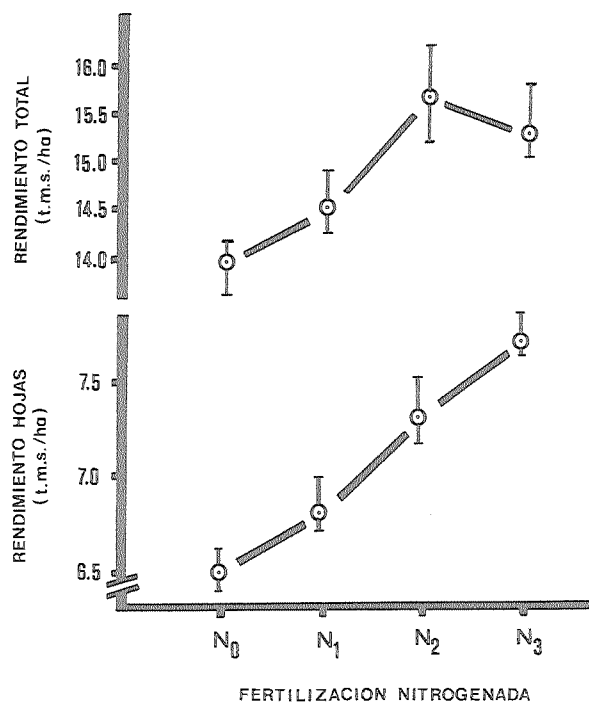


FIGURA 2  
EFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA  
SOBRE EL RENDIMIENTO TOTAL Y DE HOJAS  
EN COL FORRAJERA.

*Effect of nitrogen fertilization on total and leaves yield  
of fodder kale.*

CUADRO 1  
UTILIZACION DEL NITROGENO  
EN COL FORRAJERA

*Nitrogen utilization in fodder kale*

	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>
Producción de M.S. (t/ha)	13.97	14.51	15.72	15.32
Contenido de N <sup>1</sup> (% N × 6,25)	14.28	17.70	17.54	17.37
Extracción de N <sup>2</sup> (kg N/ha)	319	411	441	426
Fertilizante N (kg/ha)	0	64	128	192
Balance N (kg/ha)	-319	-347	-313	-234

<sup>1</sup>Análisis de proteína cruda en el tejido aéreo.

<sup>2</sup>Extracción calculada en base a rendimiento de M.S. y contenido de nitrógeno.

de mineralización fue muy superior al esperado y posiblemente se asocia a la excelente adaptación y crecimiento de la alfalfa en esa localidad, cuyo sistema de fijación de nitrógeno puede explicar los valores observados. Por la misma razón los niveles de N aplicados no estimularon grandes diferencias en producción de forraje, y la respuesta si bien fue positiva hasta 128 kg N/ha, fue poco significativa en relación al testigo. Este presentó cierta deficiencia de N que es confirmada por el menor contenido de proteína en el tejido aéreo. Los resultados evidencian la necesidad de un elevado nivel de N en el suelo si se desea obtener elevados rendimientos y las dosis adecuadas de fertilizante nitrogenado dependerán de la cantidad de nitrógeno potencialmente mineralizable en el suelo.

Los rendimientos obtenidos en este ensayo de fertilización son superiores a los descritos por otros autores (Pelletier *et al.*, 1976), atribuyéndose posiblemente a las condiciones de clima y suelo muy favorables en que se realizó este experimento. Rendimientos inferiores han sido encontrados por Goic (1969) en zonas de lluvias con características climáticas y de suelo diferentes a la zona central.

Se estudió el efecto de la fertilización nitrogenada sobre los componentes de rendimiento, observándose que no afecta los porcentajes de hojas y tallos (Cuadro 2). Sin embargo, se observa un incremento en la producción total

CUADRO 2  
EFECTO DE LA FERTILIZACION  
NITROGENADA SOBRE LA PROPORCION  
Y PRODUCCION DE HOJAS Y TALLOS  
EN COL FORRAJERA

*Effect of nitrogen fertilization on the  
proportion and yield of kale leaves and stems*

	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>
Proporción de hojas (%)	46.2	46.8	46.5	50.1
Producción de hojas (t.M.S./ha)	6.5	6.8	7.3	7.7
Producción de tallos (t.M.S./ha)	7.5	7.7	8.4	7.6

de hojas y tallos, al aumentar la fertilización, debido a un mayor rendimiento poblacional, lo cual concuerda con lo señalado por Johnston (1971).

Además se encontró que el diámetro de tallo no es afectado por la fertilización nitrogenada.

### Composición química

En el Cuadro 3 se presentan los contenidos de proteína y pared celular de hojas, tallos y planta entera bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

Se observa que el contenido de proteína de hojas tiene un fuerte aumento entre el nivel N0 y N1. El nivel observado en N3 es muy similar al nivel N1, sugiriendo que estas especies no absorben indiscriminadamente el N del suelo por efecto del aumento de la fertilización nitrogenada más allá de un cierto nivel, lo que sugeriría la posibilidad de acumulaciones limitadas de nitratos. Pelletier *et al.* (1976) encontraron que junto con la proteína cruda, también hay un aumento marcado de nitratos en la planta al aumentar la fertilización nitrogenada, siendo los tallos los componentes que acumulan más. Los tallos conservaron su contenido proteico y la planta entera presenta un aumento entre los niveles N0 y N1, atribuible a las hojas. En relación al contenido de pared celular de las mismas muestras, se observa que las

hojas presentan una leve tendencia al aumento entre los niveles N2 y N3 mientras que los tallos presentan un fuerte aumento entre los niveles N1 y N2, lo cual se ve reflejado en la misma forma en el contenido de la planta entera. Este efecto se atribuiría a la maduración más precoz de los tejidos en condiciones de mayor aporte de N, y en consecuencia, al engrosamiento de las paredes celulares.

Se destaca el elevado contenido de proteína de las hojas, el cual es equivalente a estados tiernos de plantas forrajeras leguminosas, como también su bajo contenido de pared celular, que es inferior a todos los granos de cereales, lo cual confirma la excelente calidad nutritiva de esta planta.

### RESUMEN

Con el objeto de evaluar el comportamiento de la col forrajera en la zona central bajo condiciones de riego se estudió, en dos ensayos diferentes, densidades de plantación (20.000 a 250.000 plantas/ha) y niveles de fertilización nitrogenada 0 a 192 kg N/ha. Los resultados indicaron que el rendimiento aumenta con la densidad de plantas y se hace asintótico cerca de 75.000 plantas/ha, con 13 a 14 toneladas de materia seca/ha. El porcentaje de hojas y diámetro del tallo estuvieron correlacionados negativamente con población de plantas, y variaron de 48 a 30% y entre 3,9 y 1,7 cm, respectivamente. El rendimiento de hojas fue máximo en densidades de 120.000 plantas/ha, llegando a 7 t.m.s./ha. La fertilización mostró leves incrementos en rendimiento al aplicar dosis crecientes de nitrógeno. Los niveles de N de 0, 64, 128 y 192 kg/ha resultaron en rendimientos promedios de 13,97, 14,51, 15,72 y 15,32 t.M.s./ha. En los dos ensayos la extracción de nitrógeno por las plantas fue muy superior a lo esperado en base a la fertilización aplicada y sugiere una alta tasa de mineralización del nitrógeno del suelo y un aprovechamiento muy eficiente por parte de la planta. En el trabajo se destaca la composición química de las hojas de col forrajera por su alto contenido proteico (19-25%) y bajo contenido de pared celular (12-14%). Se concluye que tanto por su potencial productivo como por sus características químicas la col forrajera representa un recurso forrajero interesante para la zona central.

CUADRO 3  
EFECTO DE TRES NIVELES  
DE FERTILIZACION NITROGENADA  
SOBRE EL CONTENIDO DE PROTEINA  
Y DE LA PARED CELULAR  
DE LA COL FORRAJERA

*Effect of three nitrogen levels on the crude protein and cell wall contents of fodder kale*

	Proteína (N × 6.25)			Pared celular (NDF)		
	Hoja	Tallo	Pl. Ent. <sup>1</sup>	Hoja	Tallo	Pl. Ent. <sup>1</sup>
N <sub>0</sub>	19.0	10.5	14.3	—	—	—
N <sub>1</sub>	24.6	10.7	17.7	11.7	30.1	21.3
N <sub>2</sub>	—	—	17.5	11.6	39.3	27.4
N <sub>3</sub>	23.1	11.4	14.4	13.5	41.5	27.5

<sup>1</sup>Planta entera.

## LITERATURA CITADA

- AOAC. 1975. *Official methods of analysis* (12th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., USA.
- CREHU, G. DU. 1973. *A new technique for the cultivation of kale. Direct sowing as a main crop*. Bulletin Technique D'Information. N° 281, 563-570 (in Herb. Abstr. 1975, 45:9).
- CREHU, G. DU et D. LEFLOCH. 1979. *Le chou fourrager: Une plante aux multiples intérêts*. Fourrages Actualites. Supplement a L'Elevage Bovin, Ovin, Caprin. N° 85.
- GOERING, H.K. and P.J. VAN SOEST. 1970. *Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)*. A.G. Handbk. N° 379. Washington, D.C., ARS, USDA.
- GOIC, L. 1969. *Aprovechamiento de la col forrajera*. Boletín Técnico N° 35. S.A.G.
- GUTIÉRREZ, T. y L. GOIC. 1974. *Siembre col forrajera, es un buen forraje suplementario*. Investigación y Progreso Agrícola. 6(2).
- HARPER, F. and I.J. COMPTON. 1980. *Sowing date, harvest date and the yield of forage brassica crops*. Grass and Forage Science. 35: 147-157.
- INIA, 1970. *Investigación Agropecuaria*. Ed. Lord Cochrane. Santiago-Chile.
- JOHNSTON, T.D. 1971. *The effects of plant density and fertilizer application on yield components in three marrow-stem kale (Brassica oleracea L.) varieties*. J. Agric. Sci., Camb., 77: 83-89.
- LEWANDOWSKA, A.M. and H. SKAPSKI. 1977. *The influence of cultivar, density and nitrogen fertilization in quantity and quality of kale yield*. Biuletyn Warzywniczy, N° 20: 99-118 (in Herb. Abstr. 1979, 49:55).
- MC DONALD, R.C., T.R. MANLEY, T.N. BARRY, D.A. FORSS and A.G. SINCLAIR. 1981. *Nutritional evaluation of kale (Brassica oleracea) diets. 3. Changes in plant composition induced by soil fertility practices, with special reference to SMC0 and glucosinolate concentrations*. J. Agric. Sci. Camb., 97: 13-23.
- PELLETIER, G., E. DONEFER and J.P.F. DARISSE. 1976. *Effects of dates of seeding and levels of N fertilization on yields, chemical composition and in vitro digestibility of forage kale*. Can. J. Plant Sci., 56: 63-70.
- PAWLUS, M. and F. RUDNICKI. 1979. *The effects of between-row spacing and rate of sowing on the yield of fodder cabbage*. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie, Rolnictwo. N° 76: 57-66 (in Herb. Abstr. 1982, 52(2): 71).