

Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la producción anual del *Lolium multiflorum* var. *Westerwoldicum*

B. ROSELLÓ BELTRÁN y J. J. HIDALGO SANTACRUZ

INIA. Centro Regional de Levante. Departamento de Producción Animal. Murcia

RESUMEN

*En el presente trabajo se ha pretendido determinar la influencia de la fertilización nitrogenada de cobertura sobre la producción anual del *Lolium multiflorum* var. *Westerwoldicum*. Para ello, se ha planteado un ensayo de bloques al azar en el que se han hecho variar cinco dosis de abonado nitrogenado: 0, 25, 50, 75 y 100 Kg. N/Ha./corte.*

Los resultados obtenidos han puesto de manifiesto que las producciones registradas, con diferentes dosis de abonado nitrogenado, varían según una función parabólica en la que la máxima producción se alcanza con 241 Kg. N/Ha./año, y la óptima, es decir, aquella en la que el valor del aumento de producción es igual a los costos de la unidad nitrogenada adicionalmente distribuida, se corresponde con 212 Kg. N/hectárea/año.

INTRODUCCIÓN

Desde los primeros ensayos realizados en el Valle del Ebro (B. ROSELLÓ, 1971) con el ray-grass *Westerwold*, esta especie forrajera se ha introducido de forma masiva en los regadíos españoles con tradición ganadera, proporcionándole al agricultor rendimientos invernales del orden de 100.000 Kg. de forraje verde/Ha.

En aquellos primeros ensayos se utilizaron dosis muy elevadas de abonado nitrogenado (100 Kg. N/Ha./corte), al objeto de que este elemento nutritivo no actuase como factor limitante de la producción.

Los precios actuales de los abonos nitrogenados nos obligan a reconsiderar

el tema, puesto que la economía de la empresa agraria depende sin duda de la utilización racional de los medios de producción.

De todos es conocido que cuando se suministran dosis crecientes de abono, los aumentos de producción son cada vez menores a medida que las dosis aumentan.

En la práctica, y a partir de un cierto nivel, conviene aumentar con prudencia las dosis de abono, para mantenerse dentro de los límites de rentabilidad. Este nivel varía en gran medida según las explotaciones, pues depende no sólo del complejo suelo-clima, sino también del grado de perfeccionamiento del conjunto de las técnicas de cultivo. En cultivo esmerado, el límite de rentabilidad se establece a nivel sensiblemente superior al correspondiente a un cultivo descuidado (A. GROS, 1971).

El presente trabajo pretende determinar el límite económico en el que los suplementos de cosecha obtenidos no hacen más que cubrir el costo del fertilizante distribuido.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente ensayo estadístico, en bloques al azar con cuatro repeticiones, se realizó con *Lolium multiflorum* var. *Westerwoldicum* Mowester, controlándose cinco dosis de abonado nitrogenado en cobertura: 0, 25, 50, 75, 100 unidades N/Ha./corte.

Las parcelas elementales, de 25 metros cuadrados de superficie, fueron sembradas el 9 de septiembre de 1975, en la finca "La Alberca" (Murcia) del Centro Regional de Levante (INIA), a razón de 20 Kg. de semilla/Ha.

En las parcelas, de suelo y subsuelo franco arenoso, se había realizado previamente el abonado de fondo, a razón de 30 unidades de N, 120 unidades de P_2O_5 y 150 unidades de K_2O .

La siembra se realizó a voleo, mezclando la semilla con igual cantidad de arena para facilitar su distribución, procediéndose inmediatamente después a enterrar la semilla, con una labor superficial de rastrillo, al riego de todas las parcelas.

El agua de riego utilizada en la experiencia es altamente salina, presentando las características siguientes:

Conductividad (mh./cm. 25° C)	3,200
pH	7,8
	meq./l.
Cationes:	
Ca ⁺⁺	14,50
Mg ⁺⁺	16,50
Na ⁺	8,30
K ⁺	0,54
Aniones:	
Cl ⁻	10,00
SO ₄ ⁼	26,29
CO ₃ H ⁻	5,62
CO ₃ ⁼	0,00
Clasificación según el United States Salinity Laboratory Staff ...	C ₄ S ₁
S.A.R.	2,09
Porcentaje de sodio	20,08

Todas las parcelas elementales se segaron en la misma fecha y en cada uno de los cortes se controlaron por parcelas las siguientes variables:

- Producción de materia verde.
- Porcentaje de materia seca.
- Producción de materia seca.

El porcentaje de materia seca se determinó sobre una muestra de 1.000 gramos de forraje verde en estufa a 85°C durante cuarenta y ocho horas hasta peso constante.

Se realizaron cuatro cortes en las fechas que a continuación se indican:

Primer corte	6-XI-1975
Segundo corte	12- I-1976
Tercer corte	5-III-1976
Cuarto corte	26-IV-1976

Después de cada corte se abonaron todas las parcelas elementales, adicionando a cada una de ellas su dosis nitrogenada correspondiente, y se procedió al riego de las mismas.

Las dosis totales anuales de unidades fertilizantes distribuidas como abonado de cobertura, según tratamientos, fueron las siguientes:

- 0 unidades N/Ha./año
- 75 unidades N/Ha./año
- 150 unidades N/Ha./año
- 225 unidades N/Ha./año
- 300 unidades N/Ha./año

Además de la verificación del análisis de la varianza de tratamientos y bloques, se ha determinado la significación de la función de producción, mediante el método de comparaciones ortogonales, calculando la pendiente, curvatura y desviaciones típicas, y posteriormente la ecuación parabólica de la misma.

Por último, la derivada de la ecuación de producción nos ha permitido establecer las dosis máxima y óptima anual de fertilización nitrogenada de cobertura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. *Resultados experimentales*

En el cuadro I figuran los resultados experimentales correspondientes a las producciones anuales obtenidas en las diferentes parcelas elementales expresadas en quintales de materia seca por hectárea.

CUADRO NUM. I

RESULTADOS GENERALES CORRESPONDIENTES A LA PRODUCCION ANUAL TOTAL

(Qm. M.S./Ha.)

Tratamientos: Unidades de N/Ha./año

Bloques	0	75	150	225	300	X_B
1	102,15	136,37	146,88	162,06	152,63	700,09
2	134,34	161,91	165,36	177,64	179,04	818,29
3	133,26	159,05	159,52	172,68	148,92	773,43
4	117,36	142,87	150,15	171,71	175,21	757,30
\bar{X}_T	487,11	600,20	621,91	684,09	655,80	$\bar{X} = 3.049,11$
\bar{X}_T	121,78	150,05	155,48	171,02	163,95	$\bar{X} = 152,46$

II. *Análisis de la varianza*

El análisis de la varianza correspondiente a los resultados experimentales se expone en el cuadro II.

CUADRO NUM. II

ANALISIS DE LA VARIANZA

Origen de la varianza	S.C.	G.L.	Varianza	F calculada	$F_{t-5\%}$	$F_{t-1\%}$
Total	7.424,90	19				
Bloques	1.423,18	3	474,39	7,27	3,49	5,95
Tratamientos	5.719,01	4	1.429,75	21,92	3,26	5,41
Error	782,71	12	65,23			

- Al 5 % SI es significativo. — Diferencia significativa al nivel del 5 %: 12,44 q./H
- Al 1 % SI es significativo. — Diferencia significativa al nivel del 1 %: 17,45 q./H
- Al 5 % bloques NO homogéneos. — Coeficiente de variación: 5,3 %.
- Al 1 % bloques NO homogéneos.

III. *Significación de la función*

El cálculo que incluimos a continuación es una aplicación del método de comparaciones ortogonales, que consiste fundamentalmente en descomponer la varianza de tratamientos en sus tres constituyentes: pendiente, curvatura y desviaciones. Designamos por x_0 , x_{75} , x_{150} , x_{225} y x_{300} los totales de los tratamientos 0, 75, 150, 225, 300. Cada uno de estos totales quedará afectado por un coeficiente, según se indica en el cuadro III.

CUADRO NUM. III

COEFICIENTES (Comparaciones ortogonales)

	X_0	X_{75}	X_{150}	X_{225}	X_{300}
Pendiente	-2	-1	0	1	2
Curvatura	+2	-1	-2	-1	+2
Desviaciones	-1	+2	0	-2	+1
	+1	-4	+6	-4	+1

Grados de libertad

- 1 G.L. para la pendiente.
- 1 G.L. para la curvatura.
- 2 G.L. para las desviaciones.

Indicamos a continuación el cálculo de la suma de cuadrados.

— *Pendiente:*

$$\frac{(-2X_0 - X_{75} + X_{225} + 2 \cdot X_{300})^2}{10 \cdot K_B} = 4.436,71$$

— *Curvatura*

$$\frac{(+2X_0 - X_{75} - 2X_{150} - X_{225} + 2 \cdot X_{300})^2}{14 \cdot K_B} = 1.048,29$$

— *Desviaciones:*

$$\frac{(-X_0 + 2 \cdot X_{75} - 2 \cdot X_{225} + X_{300})^2}{10 \cdot K_B} +$$

$$+ \frac{(X_0 - 4 \cdot X_{75} + 6 \cdot X_{150} - 4 \cdot X_{225} + X_{300})^2}{70 \cdot K_B} = 246,66$$

Resumimos estos resultados en un cuadro complementario del análisis de la varianza.

CUADRO NUM. IV

ANALISIS DE LA VARIANZA

Origen de la varianza	S.C.	G.L.	Varianza	F cal.	F 5 %	F 1 %
Dosis	5.719,01	4	1.429,75	21,92	3,26	5,41
Pendiente	4.436,71	1	4.436,71	68,02	4,75	9,33
Curvatura	1.048,29	1	1.048,29	16,07	4,75	9,33
Desviaciones	246,66	2	123,33	1,89	3,89	6,93
Error	782,71	12	65,23			

Los resultados expuestos en el cuadro IV indican que la función de producción no puede ser una recta, puesto que la curvatura es significativa, siendo en cambio posible que sea una parábola, pues las desviaciones no presentan nivel de significación.

IV. Cálculo de la función

El cálculo de la función $y = ax^2 + bx + c$ se realiza como se indica en el cuadro V.

$$D = \sum Z^2 \cdot \sum X^2 - (\sum XZ)^2 = + 140$$

$$D\alpha = \frac{1}{r} [\sum Y \cdot Z \sum X^2 - \sum X \cdot Y \sum X \cdot Z] = - 605,725$$

$$D\beta = \frac{1}{r} [\sum X \cdot Y \sum Z^2 - \sum Y \cdot Z \sum X \cdot Z] = + 1.474,445$$

$$\alpha = \frac{D\alpha}{D} = - 4,3266$$

$$\beta = \frac{D\beta}{D} = + 10,5318$$

Los parámetros a, b, c en la parábola se determinan mediante las fórmulas siguientes:

$$c = \bar{y} - 2\beta + 2\alpha = + 122,7387$$

$$b = \frac{1}{K} [\beta - 4\alpha] = + 0,3712$$

$$a = \frac{\alpha}{K^2} = - 0,0007692$$

La ecuación de la parábola será, por tanto:

$$y = 122,7 + 0,371x - 0,000769x^2$$

en la que x representa la dosis anual de unidades de N distribuidas como abonado de cobertera.

V. Cálculo de las dosis máxima y óptima de fertilización nitrogenada.

La derivada de la función es la siguiente:

$$y' = 0,371 - 2 \cdot 0,000769 \cdot x$$

CUADRO NUM. V

CALCULO DE LA FUNCION

Dosis x	Rendimientos observados totales Y	$\frac{X - \bar{x}}{K}$	X^2	Z $X^2 - X \cdot \bar{x}$	Z^2	$X \cdot Y$	$Z \cdot Y$	$X \cdot Z$	Rendimientos medios	
									Observados	Calculados
0	487,11	-2	4	+2	4	- 974,22	+ 974,22	-4	121,78	122,74
75	600,20	-1	1	-1	1	- 600,20	- 600,20	+1	150,05	146,20
150	621,91	0	0	-2	4	0	-1.243,82	0	155,48	161,05
225	684,09	+1	1	-1	1	+ 684,09	- 684,09	-1	171,02	167,24
300	655,80	+2	4	+2	4	-1.311,60	+1.311,60	+4	163,95	164,79
\bar{x}	\bar{y}		ΣX^2		ΣZ^2	$\Sigma X \cdot Y$	$\Sigma Z \cdot Y$	$\Sigma X \cdot Z$	762,28	
150	152,4555		10		14	+ 421,27	- 242,29	0		

- Número de dosis: $n = 5$.
- Repeticiones por dosis: $r = 4$.
- Máximo común divisor: $K = 75$.

— Dosis máxima:

$$y' = 0 \quad ; \quad x = 241 \text{ Ud. N/Ha./año}$$

— Dosis óptima:

Considerando los precios actuales de los abonos nitrogenados y del forraje verde, y teniendo en cuenta además los costos de mano de obra precisos para su distribución, hemos adoptado 4,5 Kg. de materia seca (0,045 Qm.) por kilogramo de nitrógeno como productividad límite.

- Precio del kilogramo de nitrógeno distribuido 30 ptas/Ud/N.
- Porcentaje de materia seca del forraje 15 %
- Precio del Kg. de forraje verde 1 pta./Kg.

La dosis óptima se calcula mediante derivación de la función y sustitución posterior de la derivada por la productividad límite.

$$x = \frac{\text{productividad límite} - b}{2 \cdot a} = \frac{0,045 - 0,371}{-2 \cdot 0,000769} = 212 \text{ Kg. N/Ha./año}$$

La dosis óptima anual será, por tanto:

	Unidades N
Abonado de fondo	30
Abonado de cobertura	212
TOTAL ANUAL	242

En el caso particular del presente ensayo, en el que hemos realizado tres cortes, la dosis óptima de fertilización nitrogenada de cobertura se corresponde con 71 Kg. N/Ha./corte.

Estos resultados coinciden aproximadamente por los indicados en ensayos franceses, en los que se recomiendan dosis de 230 unidades de nitrógeno para poder alcanzar producciones del orden de 10.000 a 12.000 unidades forrajeras.

La superioridad de acción de dosis elevadas (240 N) con relación a dosis medias (180 N), no se manifiesta más que en el caso de que exista en el suelo una reserva hídrica suficiente, a condición de que la temperatura sea elevada y la insolación no sea excesiva (S. MERIAUX, 1965-1966).

Esta interacción del nitrógeno y del agua está actualmente en estudio en condiciones precisas de laboratorio. Los primeros resultados parecen indicar que la acción del nitrógeno es tanto más importante cuanto mayor es el estado hídrico del suelo, pues la falta de humedad disminuye la absorción del nitrógeno mineral y provoca en el vegetal una acumulación de nitrógeno orgánico soluble y de glúcidos como consecuencia de una disminución de la síntesis proteica.

Cuando se adicionan al suelo fuertes dosis de nitrógeno se pone de manifiesto una disminución de la producción tanto mayor cuanto menor es el contenido hídrico; parece ser que esta interacción es una consecuencia del au-

mento de la salinidad de la solución del suelo, que es susceptible de alcanzar el nivel de toxicidad tanto más rápidamente cuanto menor es la humedad del suelo.

VI. Eficacia de la fertilización nitrogenada

En el cuadro VI se indican las producciones previsibles en función de diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

CUADRO NUM. VI

EVOLUCION DE LAS PRODUCCIONES SEGUN DIFERENTES DOSIS DE NITROGENO

N/Ha.	Producciones/Ha. (1)			Producciones/Kg. de N (2)		
	Kg. verde	Kg. M.S.	U.F.	Kg. verde	Kg. M.S.	U.F.
0	81.800	12.270	9.820	2.730	410	330
75	97.500	14.630	11.700	930	140	110
150	107.400	16.110	12.890	600	90	70
212 *	111.200	16.680	13.340	460	70	60
225	111.500	16.730	13.380	440	66	52
241 **	111.600	16.740	13.390	410	60	50
300	109.900	16.490	13.190	330	50	40

(1) Considerando como valor nutritivo 0,8 U.F./Kg. M.S.

(2) Incluyendo en el cálculo las 30 unidades de N distribuido en el abonado de fondo.

* Dosis óptima.

** Dosis máxima.

En el cuadro VI se pone de manifiesto que la eficacia de la fertilización nitrogenada (U.F./Kg. de N) disminuye a medida que aumentan las dosis de abonado de cobertera, registrándose la cifra de 60 U.F./Kg. N en la dosis óptima calculada en el apartado anterior.

El agricultor deberá, pues, considerar que distribuyendo la dosis óptima indicada en el cuadro VI conseguirá alcanzar el punto máximo de rentabilidad; sin embargo, el valor de los aumentos de producción, correspondientes a dosis superiores, es inferior al costo de las unidades adicionales distribuidas, por lo que en ningún caso será aconsejable la utilización de dosis superiores a la óptima indicada.

CONCLUSIONES

Del presente estudio se deducen las siguientes conclusiones:

1.^a El abonado nitrogenado de cobertera del *Lolium multiflorum* var. *Westerwoldicum* muestra una notable influencia sobre la producción.

2.^a La función de producción del *Lolium multiflorum* var. *Westerwoldicum*, con relación a diferentes dosis de nitrógeno, es de tipo parabólico.

3.^a La máxima producción, en condiciones de rentabilidad, se alcanza con la distribución anual de 212 Kg. de N/Ha. en abonado de cobertera.

BIBLIOGRAFIA

- (1) GROS, A., 1971: *Guía práctica de fertilización*. Ediciones Mundi-Prensa.
- (2) MERIAUX, S., 1968: *La fertilisation des prairies*. B.T.I., núm. 231.
- (3) ROSELLÓ, B., 1971: *Primeros ensayos realizados con el ray-grass Westerwold en el valle del Ebro*. Anales INIA. Serie: Prod. Animal, núm. 1.
- (4) ROSELLÓ, B., 1974: *Características morfológicas, agronómicas y zootécnicas del ray-grass Westerwold en el valle del Ebro*. Anales INIA. Serie: Prod. Animal, núm. 5.
- (5) S.P.I.E.A., 1963: *Le ray-grass d'Italie dans le Sud-Ouest Atlantique*.
- (6) S.P.I.E.A., 1968: *Le ray-grass d'Italie*.

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZER DRESSINGS ON THE ANNUAL PRODUCTION OF WESTERWOLDS RYEGRASS (LOLIUM MULTIFLORUM VAR. WESTERWOLDICUM)

SUMMARY

The present work was aimed to determine the effect of after cutting nitrogen dressings on the annual production of Westerwolds ryegrass. The trial consisted of a randomized block design with five rates of nitrogen: 0, 25, 50, 75 and 100 Kg. N/Ha./cut.

The results obtained indicated that a parabolic response curve could be fitted to describe the relationship between yield and nitrogen dressings. Maximum production was obtained with 241 Kg. N/Ha./year. The most profitable (optimum) dressing was obtained with the application of 212 Kg. N/Ha./year; for dressings over the optimum, the cost of extra nitrogen was greater than the value of extra yield produced.