

ANÁLISIS DE LA RESPUESTA DE CEBADA CERVECERA A NITROGENO Y FOSFORO EN TRES SUELOS DEL SUDOESTE BONAERENSE (ARGENTINA)

M MIRON¹, T LOEWY²

¹Dpto. de Agronomía - UNS - (8000) Bahía Blanca Argentina. ²INTA Bordenave - (8187) Bordenave - Provincia de Buenos Aires Argentina.

ANALYSIS OF RESPONSE OF MALTING BARLEY TO NITROGEN AND PHOSPHORUS IN THREE SOILS OF SOUTHWESTERN BUENOS AIRES (ARGENTINA)

The objective of this paper was to report preliminary information on the characteristics of yield response to nitrogen and phosphorus fertilization in barley in the SW of Buenos Aires Province. In 1993 three experiments were carried out in farmers fields. A complete randomized block design was used. Treatments consisted of a factorial arrangement of nitrogen and phosphorus. Levels were 0, 32, 48 and 64 kg ha⁻¹ for nitrogen and 0, 10, 15 and 20 kg ha⁻¹ for phosphorus. A function of the type $y = b_0 + b_1 N + b_2 N^2 + b_3 P + b_4 P^2 + b_5 NP$ was used to relate yield and fertilizer rate. The significance of coefficients was consistent with results of discreet analysis. Yield response was largely related to previous use of the land and phosphorus retention by the soil. Optimal economic rates were calculated for different fertilizer:crop cost ratios (R). Isoquants and expansion paths were graphed. The optimal economic rates and shape of the isoquants were related to the patterns of yield response.

Key words: Continuous economic analysis-Nitrogen and phosphorus fertilization-Malting barley

INTRODUCCION

La cebada cervecera es un cultivo con buena adaptación a las condiciones del Sudoeste Bonaerense. Sus posibilidades de expansión no sólo descansan en la diversificación o el mercado sino, también, en sus cualidades complementarias para una rotación de cultivos. Dadas las importantes deficiencias de nitrógeno y fósforo en los suelos de la zona (Loewy, Seewald y 1980, Loewy, Puricelli 1982), es necesario adaptar la fertilización a sus requerimientos específicos. Al respecto, la experimentación se inició en 1993 con tres ensayos a campo. Los resultados de esta primera campaña se informaron con un análisis discreto (Loewy, Ron 1994). El análisis continuo de los datos permite una mejor interpretación de los mismos, sobre todo cuando participan dos elementos y se involucra un análisis económico (Jauregui, Sain 1992). El objetivo de este informe fue presentar, con este enfoque, algunas características técnicas y económicas de la respuesta de la cebada cervecera a la fertilización con nitrógeno y fósforo, en dichos ensayos.

MATERIALES Y METODOS

En 1993 se instalaron 3 ensayos: uno en Puan y dos en Espartillar (interno y ruta), ubicados a 10 km de la ciudad de Puan y a 5 km de Espartillar (Guamini) Provincia de Buenos Aires. El diseño fue de 3 bloques completos al azar. Los tratamientos consistieron en un arreglo factorial de 4 niveles de

nitrógeno y 4 de fósforo. Las unidades experimentales fueron de 35 m². Las dosis de nitrógeno fueron 0, 32, 48 y 64 kg ha⁻¹, aplicadas como urea (al voleo), a la siembra en Puan y al macollaje en Espartillar. Las dosis de fósforo fueron 0, 10, 15 y 20 kg ha⁻¹, incorporadas como superfosfato triple, en la línea de siembra. La variedad empleada fue Quilmes Pampa y se sembró a razón de 250 plantas m⁻², el 19 de julio (Puan) y el 5 de agosto (Espartillar). La cosecha se realizó con máquina experimental (1,5 m de corte), en la segunda quincena de diciembre. Los suelos fueron clasificados tentativamente como Argiúdoles típicos, con pH ligeramente ácido y P - Bray de 5 - 6 mg kg⁻¹. Los sitios Puan y Espartillar interno, tenían uso agrícola previo (3 % de materia orgánica), mientras que Espartillar ruta provenía de pradera (3,85 % de materia orgánica). Las lluvias en el período agosto - diciembre fueron 313 mm en Puan y 205 mm en Espartillar. Para el análisis de los resultados se ajustó en cada sitio una función del tipo:

$$y = b_0 + b_1 N + b_2 N^2 + b_3 P + b_4 P^2 + b_5 NP \quad (1)$$

donde y es el rendimiento de cebada (kg ha⁻¹); N y P son las dosis aplicadas de nitrógeno y fósforo (kg ha⁻¹), y $b_0 \dots b_5$ son los coeficientes de la regresión. En Puan se desestimó el nivel de 15 kg de fósforo ha⁻¹ por fallas en la distribución del fertilizante. Para efectuar cálculos económicos se derivó la ecuación (1) con respecto a nitrógeno y fósforo, a fin de obtener el producto marginal (PMG). La relación de precios para cada elemento ($R_N - R_P$) se calculó con los valores de abril 1994 (R_1). Igualando PMG a 0 y a R , se obtuvieron las dosis de máximo rendimiento (DMAX) y de máximo beneficio económico (DOE), respectivamente. Para mostrar la sensibilidad del análisis se calculó la DOE con relaciones de precios menores (R_2 y R_3). Se graficaron las líneas que unen puntos de igual rendimiento, para diferentes proporciones de nitrógeno - fósforo (isocuantas). Se determinaron, además, las sendas de expansión. Estas definen las combinaciones nitrógeno - fósforo de mayor beneficio económico, para cada nivel de rendimiento (Jauregui, Sain 1992).

RESULTADOS Y DISCUSION

Ecuaciones de rendimiento

La ecuación (1) dio un ajuste aceptable ($P > 0,001$) para los resultados de los ensayos conducidos en Puan y Espartillar interno (Figura 1). Esto no ocurrió en Espartillar ruta debido a la caída brusca de rendimientos con la dosis mayor de fósforo. Al solo efecto comparativo se ajustó la ecuación (1) para el bloque 3, que representa el comportamiento del ensayo.

Los coeficientes de la función ajustada para los tres sitios y su significación (Tabla 1), son consistentes con lo hallado por Loewy y Ron (1994) a partir del análisis de la varianza de estos mismos resultados. Los dos enfoques destacan las mismas características de la respuesta. En Puan predominó el efecto de la interacción nitrógeno - fósforo: sólo hubo respuesta positiva al fósforo cuando la provisión de nitrógeno fue mayor a 30 kg ha^{-1} . En Espartillar interno se registró respuesta similar a nitrógeno y fósforo, sin interacción. En Espartillar ruta la respuesta fue escasa para nitrógeno y muy buena para fósforo, hasta 10 kg ha^{-1} . Hubo además interacción negativa, no significativa.

Producto marginal y dosis de rendimiento máximo

El PMG indicó retornos decrecientes para el nitrógeno en los 3 sitios y para el fósforo, en Espartillar. En Puan, cuando el nitrógeno no limitó la respuesta, los retornos fueron crecientes para el fósforo. Esto se explicaría por tener el suelo con mayor retención de fósforo, alcanzando un índice de sorción de 59,3 % (Ron *et al.* 1995). En el ensayo de Espartillar ruta, con menor uso agrícola, las ecuaciones indicaron efectos negativos de la combinación nitrógeno - fósforo. Esta característica está relacionada con la mayor fertilidad nitrogenada del sitio. Las DMAX (Tabla 2) estuvieron dentro de la utilizadas en Espartillar ruta y las superaron ampliamente en Espartillar interno.

Características de la respuesta a nitrógeno y fósforo

Es interesante mencionar dos aspectos de la acción conjunta de los elementos. En primer lugar la interacción, observada en Puan, que se entiende como la respuesta diferencial de un elemento en presencia del otro. Las

Tabla 1. Coeficientes de la función fertilizante - rendimiento para los distintos sitios

Coefficientes	Puan	Espartillar Interno	Espartillar ruta
Intercepto (b_0)	3130	2163	2494
N (b_1)	6,24	19,88 **	8,66
N ² (b_2)	- 0,0488	- 0,114	- 0,0743
P (b_3)	- 18,11	18,13	117,87 ***
P ² (b_4)	0,456	- 0,159	- 5,61 ***
NP (b_5)	0,616 ***	0,0788	- 0,214
r^2	0,60	0,71	0,73
r^2 ajustado	0,54	0,68	0,60
n° de casos	36	48	16

*** y **: significativos A $P > 0,01$ y $P > 0,05$ respectivamente

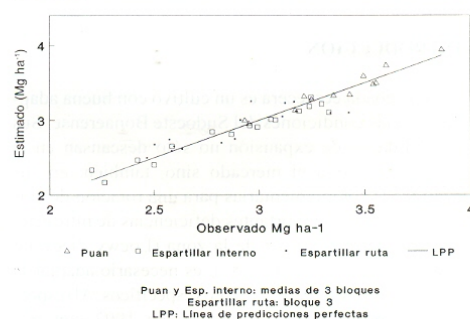


Figura 1. Relación entre rendimientos observados y estimados

Tabla 2. Producto marginal (PMG), dosis de máximo rendimiento (DMAX) y de máximo beneficio económico (DOE)

Sitio	Producto Marginal	DMAX			DOE	
		R1	R2	R3		
Puan	N	PMG= 6,24 - 0,0976 N + 0,616 P	--	--	--	--
	P	PMG= -18,11 + 0,912 P + 0,616 N	--	--	--	--
Espart. interno	N	PMG= 19,88 - 0,228 N + 0,0788 P	117	53	59	65
	P	PMG= 18,13 - 0,317 P + 0,0788 N	86	17	21	26
Espart. ruta	N	PMG= 8,66 - 0,149 N - 0,214 P	44	0*	0*	0*
	P	PMG= 117,87 - 11,21 P - 0,214 N	10	9	9	9

* El cálculo dio dosis negativas para nitrógeno y se tomó 0 kg N ha^{-1} para calcular la de fósforo.

R1 : RN = 9 y RP = 17 (abril 1994), R2 : RN = 8 y RP = 16, R3 : RN = 7 y RP = 15

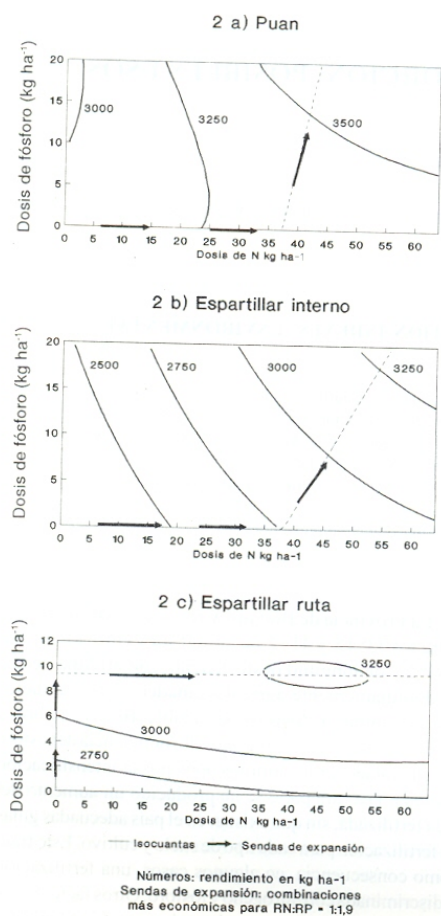


Figura 2. Rendimientos para combinaciones de nitrógeno y fósforo (isocuantas)

curvas convexas de la Figura 2a muestran el efecto negativo del fósforo que es neutralizado por la interacción, con dosis superiores a 30 kg de nitrógeno.

El otro aspecto es la sustitución aparente entre los fertilizantes, para un determinado nivel de rendimiento. Una reducción de 10 kg de nitrógeno (40 a 30), por ejemplo, podría compensarse con un aumento de 8 kg de fósforo (12 a 20), sin alterar la producción de 3.000 kg ha⁻¹ en Espartillar interno (Figura 2b). Esto significa una tasa de sustitución cercana a 1 (Dillon 1977). Para el mismo rendimiento, el fósforo tiene muy baja sustitución por el nitrógeno, en Espartillar ruta (Figura 2c). En Puan sólo hay sustitución posible por encima de un nivel de producción cercano a los 3.500 kg ha⁻¹ (Figura 2a). Dentro de una

estrategia de protección ambiental, la opción de sustituir nitrógeno por fósforo es válida.

Consideraciones económicas

Las dosis usadas estuvieron dentro de las económicamente viables (Tabla 2). El cálculo de DOE sólo fue posible para Espartillar interno: 85 kg de superfosfato + 115 kg urea. Seguramente la urea podría reducirse a unos 80 kg con la alternativa de utilizar fosfato diamónico. Para Espartillar ruta los valores de R utilizados dieron DOE negativas de nitrógeno.

La sensibilidad de la DOE frente a variaciones de R (Tabla 2) está asociada a los patrones de respuesta de cada elemento: cuando los incrementos decrecen lentamente, la DOE aumenta rápido con una reducción de R (Espartillar interno) y viceversa (Espartillar ruta). Si se desea acotar el riesgo, sacrificando el máximo beneficio probable, se deben utilizar dosis menores. En este caso las sendas de expansión permiten definir cuál es la combinación (sustitución) más conveniente, para cada relación de precios entre los fertilizantes. En la Figura 2 se consideró una relación RN:RP de 1:1,9 (R1 de la Tabla 2).

Para Puan y Espartillar interno, con mayor uso agrícola previo, no fue económica la aplicación de fósforo por debajo de 37-38 kg de nitrógeno. En Espartillar ruta sucedió lo inverso se debió aplicar 9 kg de fósforo para que la adición de nitrógeno resultara viable. Una ponderación del efecto residual de fósforo en el RP inclinaría la senda de expansión hacia mayores proporciones relativas de este elemento.

AGRADECIMIENTOS

Los ensayos de fertilización se realizaron en el marco de una cooperación INTA Bordenave - Maltería PAMPA S.A. y la publicación fue subsidiada por el Dpto. de Agronomía - UNS.

REFERENCIAS

- Dillon J.L. 1977 The analysis of response in crop and livestock production. Cap. 1, pág. 21. Pergamon Press Jáuregui M.A.
- Sain G.E. 1992 Continuous economic analysis of crop response to fertilizer in on-farm research. CIMMYT Economics Paper N° 3, Mexico, D.F.: CYMMIT. 103 pág
- Loewy T, Seewald H.A. 1980 Fertilidad nitrogenada para trigo en suelos del Sudoeste Bonaerense. IX Reunión Argentina de la Ciencia del suelo, II:533-36
- Loewy T, Puricelli C. 1982 Disponibilidad de fósforo en suelos del área de la E.E.A. Bordenave. Informe Técnico N° 28, INTA Bordenave 16 pág
- Loewy T, Ron M.M. 1994 Fertilización de cebada cervecera en el Sudoeste Bonaerense. Características de la respuesta (Campana 1993) I Jornada de Actualización Técnica Económica en Cebada Cervecera. : 90-99
- Ron M.M, Bussetti S.G de, Loewy T. 1995 Uso de un índice de sorción como complemento del P extraíble en la fertilización fosfórica del trigo. Ciencia del Suelo 13:35-37