Comparación de dos redes de ensayos de fertilización fosforada de soja en la región pampeana

Flavio H. Gutiérrez Boem, Pablo Prystupa y Carina R. Alvarez FAUBA, Av. San Martín 4453, C1417DSE Buenos Aires, Argentina gutierre@agro.uba.ar

Presentado al XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo - Salta-Jujuy, 19-22 de Septiembre de 2006

Introducción

a expansión del cultivo de soja y la aparición de deficiencias nutricionales en la región pampeana, han llevado a realizar varias redes de ensayos de fertilización fosforada en este cultivo. Entre estas se encuentran las redes de Echeverría et al. (2001; 2002) y de Calviño y Redolatti (2004), cuyas área geográficas se superponen parcialmente. Cada una de estas redes generó un set de datos que permitió ajustar una función que describe la relación entre la respuesta y el fósforo (P) extractable en el suelo a la siembra. Las funciones ajustadas a ambos set de datos pueden ser distintas porque representan distintas zonas de producción y/o condiciones de manejo del cultivo. O puede ocurrir que las distintas redes sean simplemente muestras de una misma población y, por lo tanto, que se puedan representar adecuadamente con una sola función. Por otra parte, la comparación de los resultados de distintas redes de ensayos permite validar los resultados de cada red con un set de datos independiente. Si en distintas redes de ensayos realizadas por distintos grupos de investigadores se obtiene la misma relación respuesta-disponibilidad, aumenta la estabilidad de la relación común observada y la confianza para su uso como herramienta de diagnóstico de la fertilidad. El objetivo de esta revisión fue determinar si las respuestas del cultivo de soja a la fertilización fosforada observadas en dos redes de ensayos realizadas en la región pampeana fueron distintas.

Materiales y métodos

Se compararon los resultados de dos redes de ensayos de fertilización fosforada del cultivo de soja. La primera de ellas (Red I) fue realizada por Echeverría et al. (2001; 2002) durante dos campañas (2000-2002) y contó con 34 sitios experimentales ubicados en el sur de Santa Fe (9), sudeste de Córdoba (3), centro norte de Buenos Aires (16), oeste de Buenos Aires (3) y sur de Buenos Aires (3). Se utilizaron los rendimientos del tratamiento testigo (sin fertilizar) y el tratamiento fertilizado con 20 kg ha-1 de fósforo. La otra red (Red 2) fue realizada por Calviño y Redolatti (2004) durante cuatro campañas (1998-2003) y contó con 15 sitios experimentales en el sudeste de Buenos Aires. Para realizar la presente comparación, se utilizaron los rendimientos del tratamiento testigo y el tratamiento

fertilizado con 24 kg ha⁻¹ de P. Ambas redes reportan el nivel de fósforo extractable (P_{Brayl}) en los primeros 20 cm de suelo a la siembra del cultivo. El rendimiento relativo se calculó como el cociente entre el rendimiento del testigo y el del fertilizado de cada sitio. La respuesta se calculó como la diferencia de rendimiento entre el tratamiento fertilizado y el testigo.

Para describir la relación entre el rendimiento relativo y el P_{Brayl} se utilizó una función de tipo Mitscherlich, con la restricción de que y tienda a 100. Esta función tiene dos parámetros: \mathbf{c} y \mathbf{b}

$$y = 100 (1-e^{c (x+b)})$$

Para describir la relación entre respuesta y P_{Brayl} se utilizó una función de tipo linear-plateau, con la restricción de que el plateau sea igual a cero,

$$y = a + b x$$
 Si x < c
 $y = 0$ Si x \ge c [2]

Cuando $x \ge c$, y = 0 = a + b c, por lo tanto b = -a/c

Reemplazando b en [2] queda,

$$y = a + (-a/c) x$$
 Si x < c
 $y = 0$ Si x \ge c [3]

Esta función tiene dos parámetros: a y c.

Para establecer si las dos redes pueden combinarse y representarse con una sola función o si deben representarse con dos funciones, una para cada red, se compararon dos modelos: i) el Modelo Completo describe los resultados de las dos redes utilizando dos funciones, una para cada set de datos (y tiene cuatro parámetros, dos por función) y ii) el Modelo Combinado que describe los resultados de la dos redes con una sola función, y es una restricción del Modelo Completo, ya que tiene sólo dos parámetros. Se probó si eran diferentes mediante un test de F (Mead et al., 1993). Este test asume que los desvíos de las observaciones de cada set de datos alrededor de su función ajustada es la misma. Esta homogeneidad de varianzas entre set de datos se evaluó comparando los cuadrados medios del error de cada función mediante una prueba de F.

Resultados y discusión

En las Figuras I y 2 se muestra el modelo completo ajustado a los datos de ambas redes, mientras que en las Figuras 3 y 4 se muestra el modelo combinado ajustado a los datos de ambas redes.

Al pasar del Modelo Completo (cuatro parámetros, dos líneas) al Combinado (dos parámetros, una línea), se aumenta la parte de la variación de los datos no explicada por el modelo (suma de cuadrados del error del modelo, SCE) (Tabla 1).

Se puede testear si este incremento en el error es significativo o no mediante una prueba de F. Esta F es el cociente entre el cuadrado medio del aumento en el error (diferencia entre los SCE de los dos modelos/grados de libertad) y el cuadrado medio del error del modelo completo (Tabla 1).

Se observó que el aumento del error por describir ambos set de datos con el Modelo Combinado en vez del Completo es muy pequeño, y no significativo (p>0.05). Por lo tanto, se puede utilizar el Modelo Combinado para describir los resultados de ambas redes conjuntamente. Este modelo indica que el cultivo alcanza el 90 y 95% del rendimiento relativo con valores de P_{Brayl} de 8.0 y 12.4 mgP kg⁻¹, respectivamente (Fig. 3). La respuesta del cultivo al agregado de fósforo es nula cuando P_{Brayl} = 15.8 mgP kg⁻¹ y aumenta 48.5 kg ha⁻¹ por cada mgP kg⁻¹ que baje el P_{Brayl} por debajo

de ese valor.

Conclusiones

La respuesta del cultivo de soja a la fertilización fosforada fue la misma en las dos redes de ensayos comparadas. Por lo tanto se puede utilizar una sola función para describirla, ajustada a los dos set de datos combinados. Esta nueva función es más estable que las obtenidas con cada una de las redes separadamente ya que está basada en un mayor número de observaciones.

Bibliografía

Calviño P.A. y M. Redolatti. 2004. Respuesta al agregado de fósforo en el cultivo de soja en el sudeste de Buenos Aires I: Elementos de diagnóstico. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 22-24 junio, Paraná, Entre Ríos, Actas en CD.

Echeverría H.E., G. Ferraris, F.H. Gutierrez Boem, F. Salvagiotti, A. Bono, H. Carta, J. Castellarin, G. Cordone, M. Diaz Zorita, G. Duarte, M. Ferrari, H. Fontanetto, C. Garlarza, N. Gonzalez, V. Gudelj, P. Vallone, E. Guevara, A. Quiroga, F. Martinez, S. Meira, R. Melchiori, F. Mousegne, J. Ostojic, O. Paparotti, H.

Pedrol, S. Rillo, H. Sainz Rozas, N. Trentino, L. Ventimiglia, H. Vivas, F. García y R. Melgar. 2001. Soja: respuesta a la fertilización en la región pampeana. Resultados campaña 2000-01 de la red de ensayos del Proyecto Fertilizar-INTA. INTA EEA Pergamino, 36p.

Echeverría H.E., G. Ferraris., G. Gerster, F.H. Gutierrez Boem, F. Salvagiotti, S. Bacigaluppo, A. Bono, H. Carta, J. Castellarin, G. Cordone, G. Duarte, M. Ferrari, H. Fontanetto, C. Garlarza, N. Gonzalez, V. Gudelj, P. Vallone, E. Guevara, A. Quiroga, F. Martinez, S. Meira, R. Melchiori, E. Mieres, F. Mousegne, O. Novello, J. Ostojic, G. Pagani O. Paparotti, H. Pedrol, A. Riboltella, S. Rillo, H. Sainz Rozas, H. Sanchez, N. Trentino, P. Vallone, L. Ventimiglia, H. Vivas, M. Diaz Zorita, F. García y R. Melgar. 2002. Fertilización en soja y trigo-soja: respuesta a la fertilización en la región pampeana. Resultados de la red de ensayos del Proyecto Fertilizar-INTA campaña 2000/01 y 2001/02. INTA EEA Pergamino, 43p.

Mead R., R.N. Curnow and A.M. Hasted. 1993. Statistical methods in agriculture and experimental biology. Chapman and Hall, London, 415p.

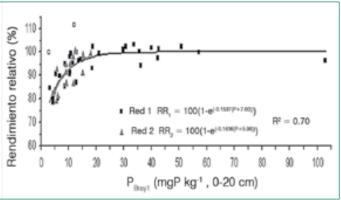


Figura I. Rendimiento relativo de soja en función del P extractable a la siembra. Dos valores extremos de la Red I no fueron utilizados (cuadrados vacíos).

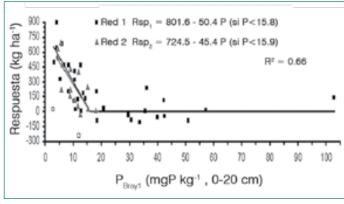


Figura 2. Respuesta a fósforo en soja, en función del P disponible a la siembra.

Redes de ensayos de fertilización fosforada de soja

Tabla 1. Análisis de la variación del error entre el modelo completo y el combinado, y de la significancia de la diferencia entre los dos modelos.

	SCE	gl	n	par	CME	F	Þ
Rendimiento relativo vs. P _{Brayl} - Función tipo Mitscherlich							
Red I	449.053	30	32	2			
Red 2	288.290	13	15	2			
Modelo Completo	737.343	43	47	4	17.147		
Modelo Combinado	739.431	45	47	2			
Diferencia entre modelos	2.087	2			1.043	0.0608	0.941
Respuesta vs. P _{Brayl} - Función linear-plateau							
Red I	639941	30	32	2			
Red 2	335154	13	15	2			
Modelo Completo	975096	43	47	4	22676		
Modelo Combinado	985211	45	47	2			
Diferencia entre modelos	10115	2			5057	0.2230	0.801

SCE: Suma de cuadrados del error del modelo

Diferencia en SCE entre modelos = $SCE_{combinado} - SCE_{completo}$

 $SCE_{completo} = SCE_{red1} + SCE_{red2}$

gl: grados de libertad del SCE (gl = n - par)

n: número de casos en el modelo

par: número de parámetros en el modelo

CME: Cuadrado medio del error del modelo completo, y de la diferencia entre modelos

CME = SCE / gl

F: cociente entre $CME_{diferencia}$ y $CME_{completo}$

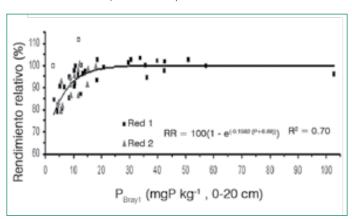


Figura 3. Rendimiento relativo en función del P disponible a la siembra. Modelo Combinado.

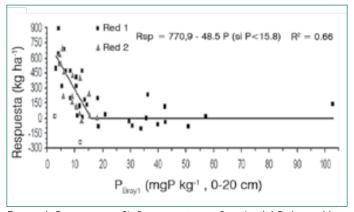


Figura 4. Respuesta a fósforo en soja, en función del P disponible a la siembra. Modelo Combinado.

