

Efecto del Fósforo y del Azufre sobre la Producción de Avena en siembra directa en la región centro-oriental de Santa Fe.

Hugo Fontanetto⁽¹⁾, Oscar Keller⁽²⁾, Leandro Belotti⁽²⁾, Carlos Negro⁽²⁾
y Dino Giailevra⁽²⁾

(1) INTA Rafaela; (2) Asesores privados.

Palabras Clave: fertilización, avena, fósforo, azufre.

Introducción

Los suelos del departamento San Justo presentan respuestas consistentes a nitrógeno (N), a fósforo (P) en cultivos agrícolas (1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 15), manifestando que la pérdida de fertilidad química está también extendida en toda la región. Asimismo, también comenzaron a registrarse respuestas al azufre (S) tanto en trigo, en maíz como en soja. En los sistemas productivos el N y el P son de uso generalizado y experiencias realizadas por INTA Rafaela detectaron que el S también se torna necesario para optimizar la producción de los cultivos. La importancia del S es secundaria respecto a N y a P, por lo que su efectividad se vuelve significativa cuando se satisfacen las necesidades de estos últimos.

Los sistemas agrícola-ganaderos de la zona centro-oriental de Santa Fe basan su producción forrajera en las pasturas de alfalfa, pero dependen también de los recursos forrajeros estacionales para equilibrar la oferta de materia seca durante el año. Se torna por ende muy importante la inclusión de los verdeos otoño-invernales para cumplir con este propósito.

En la mencionada región se registraron importantes respuestas al agregado de P, S y calcio (Ca) en cultivos de alfalfa (3, 8, 11, 13), no existiendo aún información respecto a la fertilización de verdeos.

Por lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la fertilización con S y la interacción con el P sobre la producción de materia seca de avena, luego de una fertilización básica con N.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la localidad de Emilia, sobre un suelo de la Serie San Justo 3. El análisis químico inicial del suelo (0-20 cm) indicó una concentración de nitrógeno de nitratos (N-NO₃): 9,2 ppm, materia orgánica (M.O.): 2,21%, nitrógeno total (Nt): 0,119%, fósforo extractable (P Bray I): 8,2 ppm, azufre de sulfatos (S-SO₄): 5,3 ppm y pH de 5,8. La fertilización básica con N fue de 60 kg/ha y sobre la misma, los tratamientos fueron combinaciones de P (0, 20 y 40 kg/ha) y de S (0, 8, 12 y 16 kg/ha). El diseño experimental fue de parcelas divididas con los tratamientos distribuidos en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El factor P constituyó la parcela principal y el factor S la subparcela. La unidad experimental fue de 3m de ancho por 10 m de largo.

El P utilizado fue bajo la forma de superfosfato triple de calcio (P:20%), el S como yeso agrícola (S: 18%) y el N como nitrato de amonio (N: 32%). Todos los nutrientes fueron aplicados al voleo, el P 65 días previos a la siembra y el N y el S 10 días antes de la misma, la que se efectuó el 3 de marzo de 2004 con la variedad Cristal.

Se efectuaron tres cortes de biomasa aérea para la evaluación de la materia seca de avena, sobre una superficie de 1m de ancho por 8 m de largo en cada unidad experimental. Los datos fueron analizados mediante el análisis de la variancia al nivel del 5% (SAS, 1986) y la biomasa mediante un test de comparación de medias.



Gráfico 1 Producción de materia seca de avena en función de los niveles de P y de S (en forma separada de cada nutriente) con una fertilización básica de N, Emilia (Santa Fe), campaña 2003/04.

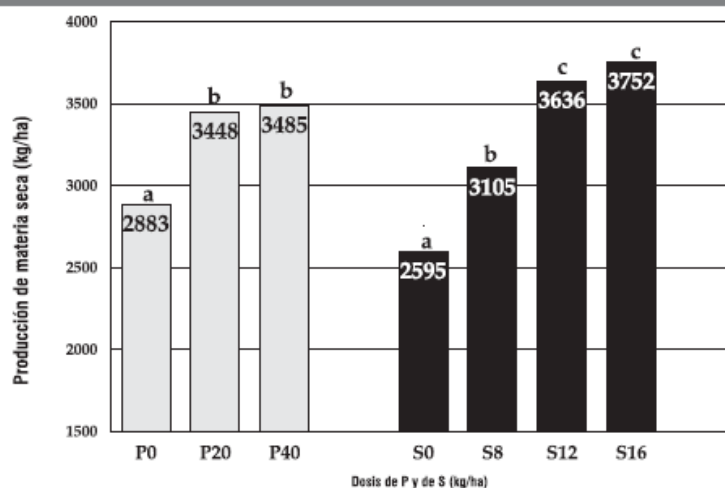


Tabla 1 Producción promedio de MS de avena por cada corte y total acumulada.

Dosis de Nutrientes (kg/ha)		Producción de Materia (MS en kg/ha)			M. S. total acumulada (Kg/ha)
Fósforo (P)	Azufre (S)	1º corte	2º corte	3º corte	
P0	S0	775 a	850 a	665 a	2290 a
	S8	902 ab	998 a	725 ab	2625 b
	S12	1095 bc	1212 b	933 b	3240 c
	S16	1022 bc	1290 b	1066 bc	3378 c
P20	S0	995 ab	1002 a	755 ab	2752 b
	S8	1180 c	1345 b	770 ab	3295 c
	S12	1380 d	1580 c	822 b	3782 d
	S16	1412 d	1561 c	990 b	3963 d
P40	S0	1002 bc	1022 a	720 ab	2744 b
	S8	1198 c	1389 b	808 ab	3395 c
	S12	1344 cd	1665 c	877 b	3886 d
	S16	1401 d	1603 c	912 b	3916 d

Medias de tratamientos con la misma letra en sentido vertical no difieren entre sí (Duncan, p 0,05).

Resultados y discusión

Se registró efecto del P y del S sobre la producción de materia seca de la avena (Gráfico 1). En relación al P se detectaron diferencias entre el testigo (P0) y los tratamientos fertilizados, pero no de éstos

entre sí, en cambio con el S aparte de existir diferencias entre el testigo (S0) y los tratamientos fertilizados, también hubo diferencias entre S8 versus S12 y S16 y sin diferencias entre estas dos últimas dosis entre sí.

Gráfico 2 Producción de materia seca de avena con las diferentes combinaciones de P y de S.

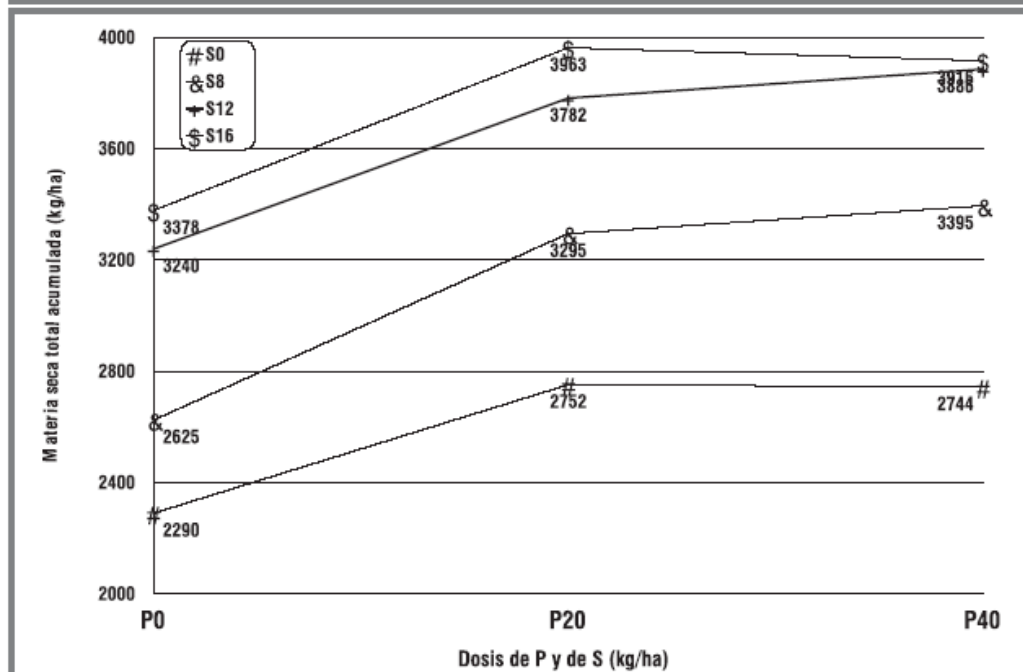


Tabla 2 Porcentaje de proteína bruta por cada corte y promedio con los diferentes tratamientos de fertilización, avena (campana 2004).

Dosis de Nutrientes (kg/ha)		Contenido de Proteína bruta (PB en %)			
Fósforo (P)	Azufre (S)	1º corte	2º corte	3º corte	PROMEDIO
P0	S0	19,4	15,3	12,4	15,7
	S8	20,7	15,9	11,7	16,1
	S12	20,6	15,7	11,9	16,1
	S16	21,3	15,5	12,3	16,4
P20	S0	20,9	16,3	12,8	16,7
	S8	20,8	16,6	12,4	16,6
	S12	21,1	17,2	12,8	17,0
	S16	21,6	16,9	12,7	17,1
P40	S0	21,9	16,3	12,9	17,0
	S8	21,8	16,6	12,7	17,0
	S12	22,7	16,1	13,1	17,3
	S16	22,6	16,8	13,1	17,5

Tabla 3 Producción promedio de MS de avena, incrementos sobre el testigo, producción de leche adicional y margen bruto con los tratamientos de fertilización.

Nutrientes (kg/ha)		M, S, Total (kg/ha)	Incremento de M. S. (kg/ha) sobre P0-S0	Litros de leche adicionales (l/ha)	Ingreso Bruto adicional (\$/ha)	Costo de los nutrientes (\$/ha)	Margen Bruto (MB en \$/ha)
Fósforo (P)	Azufre (S)						
P0	S0	2290	—	—	—	—	—
	S8	2625	335	223,3	122,8	11,3	111,6
	S12	3240	950	633,3	348,3	16,8	331,6
	S16	3378	1088	725,3	398,9	22,5	376,4
P20	S0	2752	462	308	169,4	105,0	64,4
	S8	3295	1005	670,0	368,5	116,3	252,3
	S12	3782	1492	994,7	547,1	121,8	425,3
	S16	3963	1673	1115,3	613,4	127,5	485,9
P40	S0	2744	454	302,7	166,5	210,0	-43,5
	S8	3395	1105	736,7	405,2	221,3	183,9
	S12	3886	1596	1064,0	585,2	226,8	358,5
	S16	3916	1626	1084,0	596,2	232,5	363,7

Precio leche: \$ 0,55/litro ; costo del Yeso: \$ 0,25/kg y costo del Superfosfato triple de calcio: \$ 1,05/kg (incluye la aplicación).

Los rendimientos de materia seca presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización ($P < 0,0001$), los que se detallan en la Tabla 1.

Fue significativo el efecto debido al P ($P < 0,0003$), al S ($P < 0,0006$) y no hubo interacción P x S ($P < 0,6900$). Las dosis crecientes de S provocaron mayores rendimientos para todos los niveles de P, siendo el efecto favorable del S más marcado para la dosis de P20 y P40 que para P0.

En el Gráfico 2 se detalla el efecto de las diferentes combinaciones de P y de S sobre la producción de materia seca.

El S provocó mayores diferencias en la producción de MS que el P. La respuesta al S fue significativa entre el testigo (S0) y todos los tratamientos fertilizados.

La concentración de proteína bruta (PB) en planta con cada corte y su promedio en función de las dosis de P y de S aplicadas, se pueden observar en la Tabla 2.

Los contenidos de PB mostraron una tendencia a incrementarse a medida que aumentaron las dosis de P y de S y sus combinaciones, no detectándose un efecto predominante de uno sobre otro. A su vez,

los valores de PB disminuyeron en los cortes sucesivos en todos los tratamientos, lo cual es habitual en este tipo de gramíneas anuales. Los tratamientos fertilizados con P y con S mantuvieron un contenido proteico promedio del forraje entre 16 y 17,5%.

En la Tabla 3 se presenta un sencillo margen bruto de los tratamientos de fertilización ensayados, transformando la producción adicional de materia seca de avena en litros de leche.

Todos los tratamientos de fertilización produjeron márgenes brutos positivos, salvo el P40-S0, demostrando la alta rentabilidad de la fertilización de los verdeos como en este caso. El de mayor MB fue P20-S16, indicando que en una visión de corto plazo sería el más aconsejable, pero otros tratamientos como P40-S8, P40-S12 y P40-S16 (con MB positivos) deberían ser tenidos en cuenta para una visión de mediano plazo debido a la residualidad del P aplicado (P40) y que no fue utilizado por la avena y que debería contabilizarse para los cultivos que le siguen en la rotación.

Conclusiones

- La fertilización con P y S, luego de una aplicación básica de N, produjo aumentos de los rendimientos de materia seca de avena y en los contenidos de PB.
- El S provocó mayor efecto que el P sobre la materia seca y efecto similar de ambos nutrientes sobre la PB.
- Las máximas respuestas biológicas se dieron con las mayores dosis de P y de S.
- Todos los tratamientos donde se aplicó al suelo P y S arrojaron márgenes brutos positivos.
- Las mayores dosis de P y S presentarían residualidad en el suelo para los cultivos que continúan a la avena en la rotación. □

Bibliografía

1. Albrecht, R.; H. Vivas; H. Fontanetto y J. Hotián. 2002. Franjas de evaluación exploratorias de fertilización en trigo y su residualidad en soja, en dos secuencias de cultivo. Bernardo de Irigoyen. Santa Fe. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica de cultivos de verano. Campaña 2002. Publicación Miscelánea Nº 97, Nº 10: 1-4.
2. Fontanetto, H. 2002. Criterios para la fertilización de cultivos en la región central de la provincia de Santa Fe. A.A.P.R.E.S.I.D. Fertilidad y Fertilización en siembra directa: 47-53. Diciembre de 2002.
3. Fontanetto, H. 2004. Aspectos de la Fertilización de Pasturas en la región central de Santa Fe. AGRICULTORES (Agricultores Federados Argentinos S. C. L.), Nº 64: 17-23.
4. Fontanetto, H.; O. Zen y C. Negro. 2004. La Fertilización con Fósforo y Azufre en la secuencia trigo/soja en la región centro-oriental de Santa Fe. A.A.P.R.E.S.I.D. Soja en Siembra Directa: 93-98. Octubre 2004.
5. Fontanetto, H.; M. Diaz Zorita y H. Vivas. 2004. Phosphorus and sulfur fertilization effects on nodulation and soybean grain yields. VII World Soybean Research Conference. Documentos 228, C121:282.
6. Fontanetto, H. y O. Keller. 2006. Consideraciones sobre el manejo de la fertilización de la soja. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica de cultivos de verano. Campaña 2006. Publicación Miscelánea Nº 106: 45-79.
7. Fontanetto, H. y O. Keller. 2006. Manejo de la fertilización en maíz. Experiencias en la Región Pampeana Argentina. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica de cultivos de verano. Campaña 2006. Publicación Miscelánea Nº 106: 85-109.
8. Fontanetto, H.; O. Keller y H. Vivas. 2006. La fertilización de alfalfa en el área central de Santa Fe. A.A.P.R.E.S.I.D. Planteos Ganaderos en Siembra Directa: 96-101. Marzo 2006.
9. Fontanetto, H.; H. Vivas; O. Keller; R. Albrecht y J. Hotián. 2003. La Fertilización con N, P y S y su residualidad en una secuencia agrícola de la región central de Santa Fe. Efecto sobre el rendimiento de ganos. INPOFOS Cono Sur. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Simposio: El Fósforo en la Agricultura: 91-92.
10. Fontanetto, H.; O. Keller; J. Borsarelli y J. Romera. 2002. Residualidad de la Fertilización en Soja de segunda sobre Trigo en siembra directa en la región Pampeana Norte de Argentina. II Congreso Brasileiro de Soja. Mercosoja 2002. Resumos: 230.
11. Fontanetto, H.; O. Keller y H. Vivas. 2004. BUSCANDO LA FERTILIZACION BALANCEADA DE PASTURAS EN EL AREA CENTRAL DE SANTA FE. Sistemas Ganaderos en Siembra Directa. AAPRESID. 1º SIMPOSIO NACIONAL Hacia una Ganadería Competitiva: pp. 48-59.
12. Vivas Hugo S., Quintero César E., Boschetti Graciela N., Fontanetto Hugo, Albrecht Ricardo, Befani María R. 2004. FERTILIZACION CON "P Y S". FRACCIONES DE "P" DEL SUELO Y RENDIMIENTO DE SOJA Y MAIZ.
13. Vivas, H. y H. Fontanetto. 2003. Fuentes azufradas con y sin aplicación de calcio en la producción de alfalfa. INPOFOS Cono Surr. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Simposio: El Fósforo en la Agricultura: 89-90.
14. Vivas, H.; H. Fontanetto; R. Albrecht; J. L. Hotián y M. Vega. 2002. Fósforo y azufre en la secuencia trigo-soja en la región central de Santa Fe. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica de cultivos de verano. Campaña 2002. Publicación Miscelánea Nº 97, Nº 11: 1-4.
15. Vivas, H., H. Fontanetto. 2004. Phosphorus, sulfur and calcium on soybean grain yield in the eastern area of Santa Fe. VII World Soybean Research Conference. Documentos 228, C083:204.