



RESPUESTA A LA FERTILIZACION CON NITROGENO Y AZUFRE EN EL CULTIVO DE COLZA

Melchiori, R.J.M.^{1*}; Coll, L.¹; Barbagelata P.A.^{1,2} & J.M. Pautasso¹

¹ INTA Estación Experimental Agropecuaria Paraná * melchiori.ricardo@inta.gob.ar

² Facultad de Cs. Agropecuarias - Universidad Nacional de Entre Ríos

RESUMEN

La colza viene creciendo como cultivo alternativo de invierno en Entre Ríos, sin embargo el insuficiente conocimiento de prácticas de manejo adecuadas, entre ellas la fertilización, requieren el desarrollo de estudios locales. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del cultivo de colza a la fertilización con nitrógeno y azufre en distintos ambientes de la provincia de Entre Ríos. Durante las campañas 2007, 2009, 2010 y 2011, 2012 y 2013 se condujeron 15 experimentos, 4 sobre suelos vertisoles y 11 sobre molisoles. Se evaluaron dos factores: N y S. Los niveles de N evaluados fueron: 0, 40, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹ y los de S fueron: 0, 15 y 30 kg ha⁻¹. La fertilización con N produjo incrementos en los rendimientos en 10 de 15 ensayos, mientras que el S incrementó el rendimiento en 33% de los casos. En el análisis conjunto de los ensayos se verificó interacción N x S x sitio. Se estableció un umbral de N disponible de 147 kg de N ha⁻¹, a partir del cual se obtendrían rendimientos cercanos al máximo en condiciones de S no limitante. Se propone una fertilización con al menos 15 kg de S a fin de evitar posibles limitaciones de rendimiento debidas a este nutriente.

Palabras Clave: Nitrógeno; Azufre; Colza; Canola

INTRODUCCIÓN

El cultivo de colza (*Brassica napus* L.) permite diversificar las rotaciones agrícolas, reduciendo los riesgos climáticos y económicos inherentes al uso de una sola especie (trigo) como cultivo de invierno. En los últimos años el área implantada con colza en la provincia de Entre Ríos ha representado entre un 35 y un 50 % del área cultivada con esta especie en Argentina. No obstante, el crecimiento del área implantada podría estar limitado por escasa experiencia en el manejo del cultivo. En la mayoría de los casos los rendimientos logrados por los productores (SIBER-BCER, 2014) resultan muy inferiores a los rendimientos obtenidos en condiciones experimentales (Coll 2009; Coll, 2011; Coll, 2014).

Entre las prácticas de manejo del cultivo de colza, la adecuada combinación de fecha de siembra y ciclo del cultivar junto con la adecuada nutrición del cultivo son las principales determinantes del rendimiento alcanzado (Hocking y Stapper, 2001). La colza presenta altos requerimientos de nutrientes, que en algunos casos son superiores al de los cereales de invierno (Grant y Bailey, 1993). La fertilización con nitrógeno generalmente produce incrementos en los rendimientos de colza (Orlovius, 2003). En cultivares primaverales de colza, dosis de 75 a 160 kg ha⁻¹ han mostrado ser adecuadas para alcanzar rendimientos cercanos al máximo (Hocking *et al.* 1997; Ozer, 2003).

Los requerimientos de azufre de las crucíferas en general, y la colza en particular, son mayores que en otros cultivos, por lo cual suelen determinarse respuestas a la fertilización azufrada en situaciones en las que los cereales comúnmente no responden (Haneklaus *et al.*, 2008). Además, se ha determinado que las deficiencias de azufre reducen la eficiencia de uso del nitrógeno (Fismes *et al.*, 2000; Orlovius, 2003; Gambaudo y Fontanetto, 2008). Si bien Ridley (1972) encontró respuestas en el rendimiento frente al agregado de azufre en suelos canadienses con menos de 22 kg ha⁻¹ de sulfatos en los primeros 60 cm de suelo, no existen estimadores confiables que permitan predecir la respuesta al agregado de azufre. Generalmente la respuesta a este nutriente se ha dado en especial en zonas con prolongada historia de uso agrícola, falta de rotaciones adecuadas, suelos livianos y/o fertilizaciones desbalanceadas entre otros factores (Franzen and Grant, 2008).

Nuttall *et al.* (1992) reportaron efectos de interacción entre nutrientes y años, indicando un amplio rango de respuestas a la fertilización entre años debido a variaciones en la temperatura y las precipitaciones. Considerando además, las características particulares de los suelos de Entre Ríos, el ajuste de metodologías de diagnóstico y recomendación para la fertilización con N y S del cultivo de colza mediante una red de ensayos contribuiría a incrementar el rendimiento medio de este cultivo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del cultivo de colza a la fertilización con nitrógeno y azufre y determinar un umbral para la fertilización con N aplicable a distintos ambientes de la provincia de Entre Ríos, Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se condujeron 15 experimentos en el periodo comprendido entre las campañas 2007-2013 en distintos sitios de la provincia de Entre Ríos, 4 ensayos sobre suelos vertisoles y 11 sobre suelos molisoles en lotes de producción comercial. Se evaluaron dos factores N y S, con 5 y 3 niveles, respectivamente. Los niveles de N aplicado fueron: 0, 40, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹ y los niveles de S fueron: 0, 15 y 30 kg ha⁻¹. Los tratamientos se dispusieron en un arreglo factorial y el diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con 3 o 4 repeticiones. Desde la campaña 2011 (9 ensayos) se evaluaron cinco niveles de N y dos niveles de S, 0 y 30 kg ha⁻¹.

Los cultivos se sembraron entre mediados de abril y principios de junio con variedades primaverales de colza y prácticas de manejo (siembra, control de malezas y plagas) utilizadas por los productores. Al momento de la siembra se extrajeron muestras de suelo por capas de 20 cm hasta una profundidad de 60 cm, para la determinación del contenido de P, MO, NO₃⁻ y SO₄⁻² (Tabla 1). Los fertilizantes utilizados fueron urea (46 % de N) y yeso agrícola (18 % S) y en todos los casos las dosis se aplicaron manualmente en cobertura total, tempranamente al estadio de roseta.

La cosecha se realizó sobre una superficie de 2 a 10 m² por parcela en forma manual o mecánica, determinándose el rendimiento ajustado a 8,5 % de humedad.

Los análisis estadísticos de los resultados incluyeron análisis de variancia para los experimentos en conjunto y en forma individual. Se ajustaron modelos segmentados de respuesta lineal y meseta para el rendimiento relativo (RR) en función del N disponible, sin y con el complemento de fertilización azufrada. El RR se calculó respecto a los tratamientos con mayores dosis de N o N y S, respectivamente. El nitrógeno disponible se calculó como la suma del N de nitratos disponible hasta 60 cm al momento de la fertilización (estadio de roseta temprano) y el N del fertilizante aportado por el fertilizante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos utilizados en los experimentos presentaron valores entre 28 y 40 kg ha⁻¹ de nitratos (0-60 cm) y entre 5 y 12 kg ha⁻¹ de azufre como sulfato (0-20 cm) en el caso de los vertisoles (Tabla 1). Los molisoles por su parte variaron entre 42 y 76 kg ha⁻¹ de nitratos (0-60 cm) y entre 5 y 20 kg ha⁻¹ de azufre como sulfato (0-20 cm).

Tabla 1. Resultados de análisis químicos de las muestras de suelo extraídas al momento de la fertilización en experimentos de fertilización con N y S en el cultivo de colza en la provincia de Entre Ríos, Argentina (15 experimentos, campañas 2007 – 2013).

Variables	Suelos	
	Molisoles	Vertisoles
P mg kg ⁻¹ (0-20 cm)	12-78	7 - 11
MO % (0-20 cm)	3,1 - 3,7	4,6 - 4,7
NO ₃ ⁻ kg ha-1 (0-60 cm)	42 -80	28 - 40
S-SO ₄ -2 kg ha-1 (0-20 cm)	5 - 20	5 - 12

Tabla 2. Efectos de la fertilización con N y S sobre el rendimiento del cultivo de colza en la provincia de Entre Ríos, Argentina (15 experimentos, campañas 2007 – 2013).

Ambientes	Nitrógeno	Azufre	Nitrógeno x Azufre	Rendimiento medio (kg ha ⁻¹)
Paraná (L20) 2007	NS	NS	NS	3151
Paraná (L3) 2009	**	**	NS	2116
Victoria 2009	**	**	**	2327
Feliciano 2009	**	NS	NS	1859
Victoria 2010	NS	NS	NS	3841
Feliciano 2010	**	NS	NS	1917
Paraná (L1) 2011	NS	NS	NS	1716
Victoria 2011	**	NS	NS	2718
Oro Verde 2012	**	NS	NS	1383
Paraná 2012	**	NS	NS	1459
Pajonal 2012	NS	**	NS	634
Victoria (LP1) 2012	*	*	NS	1329
Victoria (LP2) 2012	NS	NS	NS	1624
Costa Grande 2013	**	NS	NS	784
Oro Verde (L3 ca) 2013	**	*	NS	2572

NS: efecto no significativo, * efecto significativo al 5% y ** efecto significativo al 1%.

El análisis conjunto de los experimentos mostró que la interacción entre el nitrógeno y el azufre agregado fue altamente significativa ($P < 0,01$). Además, los ambientes (combinaciones de sitio y año) respondieron en forma diferente a la fertilización con N y con S (interacción A x N y A x S, significativas $P < 0,001$ y $P < 0,0001$, respectivamente). El análisis individual de los 15 experimentos determinó que mientras en 10 de ellos se observó respuesta significativa al agregado de nitrógeno, en 5 hubo repuesta al agregado de azufre (Tabla 2). Si bien la colza es particularmente sensible a la deficiencia de S debido a sus altos requerimientos (Orlovius, 2003), solo en 33% de los casos hubo respuesta a S, a pesar de que los contenidos de S de sulfato determinados en el suelo estuvieron por debajo de los niveles de disponibilidad sugeridos como necesarios para el cultivo por Ridley (1972) y Jackson (2000). Por otra

parte la determinación del contenido de sulfatos en el suelo no ha demostrado ser un indicador efectivo para predecir la respuesta a la fertilización con S en otros cultivos en la región pampeana (Steinbach y Álvarez. 2011)

En los experimentos en los que no se determinó respuesta a la fertilización con N y S, el rendimiento promedio estuvo entre 1600 y 3800 kg ha⁻¹, excepto un caso donde la respuesta fue nula y el rendimiento muy bajo debido a problemas fitosanitarios. La respuesta media al agregado de N+S y de N fue de 600 y 412 kg de grano ha⁻¹, respectivamente. Estos valores resultan similares a los obtenidos por otros autores en la región pampeana argentina (González Montaner y Di Napoli, 2009; Gambaudo y Fontanetto, 2008, Ferraris et al., 2014).

La respuesta a la fertilización con N fue significativa en el 66% de los sitios, mientras que la respuesta a S lo fue en el 33%. En promedio las eficiencias medias de uso de N para las dosis de 40, 80, 120 y 160 kg de N fueron de 7.8, 7.1, 5.8 y 5.1 kg de grano/kg N cuando se fertilizó complementariamente con S y de 8.4, 5.0, 3.3 y 3.0 kg de grano/kg N cuando no se fertilizó con S. Considerando que en el 33% de los casos hubo respuesta a S, en algunos casos muy elevadas, que el cultivo demanda altas cantidades de S y que aún no resulta evidente ningún indicador de suelo predictivo de la respuesta a S, sería conveniente el uso de S complementario con la fertilización con N.

La relación entre el rendimiento relativo y el N disponible (0-60 cm) mostró que el cultivo respondió linealmente al agregado de N hasta un nivel de 135 kg N ha⁻¹ (Figura 1a). El ajuste de esta relación fue bajo, probablemente debido a la limitación del S sobre la respuesta al agregado de N (detalle en figura 1a). La respuesta al agregado de N, cuando la limitación de S fue removida mediante fertilización fue mayor y permitió establecer con mejor ajuste un umbral de 147 kg de N ha⁻¹ disponible ($p < 0.0001$). Este umbral confirma resultados anteriores para Argentina (Melchiori *et al.*, 2010; Melchiori *et al.*, 2012) y resulta similar los reportados por diversos autores (Sidlauskas and Bernotas, 2003; Hamzei, 2011; Ozer, 2003; Grant and Bailey, 1993 y Jackson, 2000). Este umbral fue superior al determinado para trigo en la región (Melchiori y Barbagelata, 2006), resultado esperable acorde a los mayores requerimientos de este cultivo respecto a los cereales (Grant y Bailey, 1993).

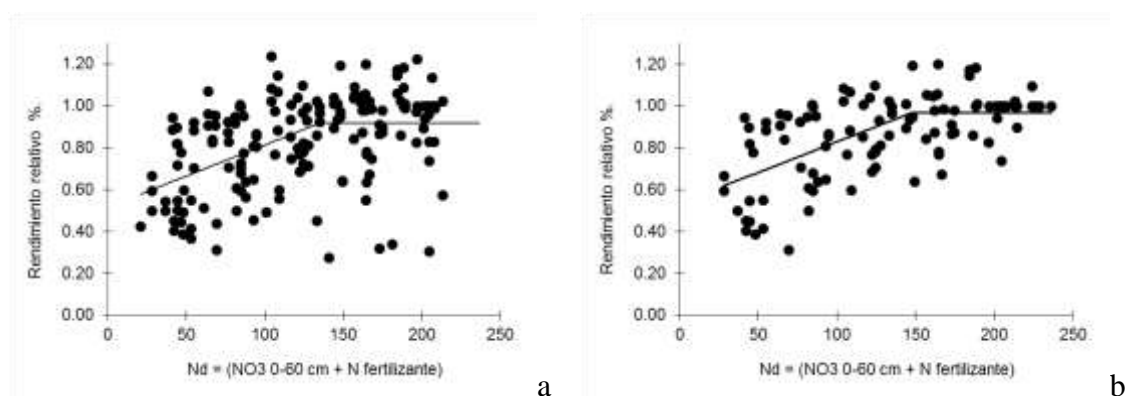


Figura 2. Rendimiento relativo del cultivo de colza en función del nitrógeno disponible (N disponible (Nd): N de nitratos en suelo hasta 60 cm + N de fertilizante, aplicado al estadio de roseta). a) Respuesta al agregado de N sin aporte de S b) Respuesta al agregado de N con aporte de S.

La respuesta media al nitrógeno disponible en el tramo lineal de la función por debajo del umbral de respuesta fue del 3 % del rendimiento de colza por cada 10 kg de N ha⁻¹

disponible, lo que indicaría una alta rentabilidad de la fertilización para niveles de disponibilidad de N inferiores al umbral, con los niveles actuales de precios de granos y fertilizantes.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos contribuyen al avance en el conocimiento del manejo de la fertilización de la colza en suelos de Entre Ríos, donde la fertilización con N produjo incrementos en los rendimientos en una mayor proporción de ambientes que la fertilización con S.

Se propone un umbral de N disponible de 147 kg de N ha⁻¹ que permitiría obtener rendimientos cercanos al máximo sin limitaciones de S.

Debido a la limitación que impone el S a la expresión de la respuesta a N, se recomienda la fertilización con al menos 15 kg de S.

BIBLIOGRAFÍA

- Coll L. 2009. Evaluación de cultivares de colza. Campaña 2008. <http://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-cultivares-de-colza.-campana-2008/> (30/06/2014).
- Coll L. 2012. Evaluación de cultivares de colza. Campaña 2011. <http://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-cultivares-de-colza.-campana-2011/> (30/06/2014).
- Coll L. 2014. Evaluación de cultivares de colza-canola. Ciclo agrícola 2013/14. <http://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-cultivares-de-colza-canola.-ciclo-agricola-2013-14/> (30/06/2014).
- Diepenbrock W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Res.* 67:35-49.
- Ferraris, G.; L. Couretot y J. Urrutia. 2014. Respuesta del cultivo de colza a N, S y B en dos espaciamientos y su impacto residual en soja de segunda. Campaña 2013/14. *Agromercado Cuadernillo Temático: Colza 2014.*
- Fismes J., Vong P.C., Guckert A. and E. Frossard 2000. Influence of sulphur on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on a calcareous soil. *European Journal of Agronomy* 12:127-141.
- Franzen, D., and C. A. Grant. 2008. Sulfur response based on crop, source, and landscape position. *Sulfur: A Missing Link between Soils, Crops, and Nutrition, (sulfuramissingl)*, 105-116.
- Gambaudo S. y H. Fontanetto 2008. Fertilización de colza en la región central de Santa Fe. En: *Cultivo de Colza*. Eds. L. Iriarte y O. Valetti. p. 77-85.
- González Montaner J. y M. Di Napoli 2009. Resultados de experimentación en cosecha fina 2008/09. *Zona Mar y Sierras, AACREA*. pp. 52.
- Grant C. A. and L. D. Bailey 1993. Fertility management in canola production. *Can. J. Plant Sci.* 73: 651-670.
- Hamzei, J. 2011. Seed, oil, and protein yields of canola under combinations of irrigation and nitrogen application. *Agronomy Journal*, 103(4), 1152-1158.
- Haneklaus, S., Bloem, E. and E. Schnug. 2008. History of sulfur deficiency in crops. *Sulfur: A missing link between soils, crops, and nutrition, (sulfuramissingl)*, 45-58.
- Hocking, P. J., Randall, P. J., and D. DeMarco. 1997. The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. *Field Crops Research*, 54(2), 201-220.
- Hocking P.J. and M. Stapper 2001. Effect of sowing time and nitrogen fertilizer on canola and wheat, and nitrogen fertiliser on Indian mustard. I. Dry matter production, grain yield, and yield components. *Aust. J. Agric. Res.* 52:623-634.
- Jackson, G. D. 2000. Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. *Agronomy Journal*, 92(4), 644-649.
- Melchiori R.J.M. y P.A. Barbagelata 2006. Recomendación de fertilización nitrogenada en trigo. http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/trigo/nitrogeno.htm (30/06/2014).
- Melchiori R.J.M y P.A. Barbagelata y L. Coll 2010. Fertilización de colza con nitrógeno y azufre en Entre Ríos. *INTA EEA Paraná. Actualización Técnica N°1 Cultivos de invierno*. Pp. 91-97.
- Melchiori, R.J.M., Coll, L. y P.A. Barbagelata. 2012. Diagnóstico de la fertilización con nitrógeno y azufre para el cultivo de colza en Entre Ríos. *Actas del XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Mar del Plata, 16-20 de abril de 2012.
- Nuttall, W. F., Moulin, A. P. and L. J. Townley-Smith. 1992. Yield response of canola to nitrogen, phosphorus, precipitation, and temperature. *Agronomy journal*, 84(5), 765-768.
- Orlovius K. 2003. Oil seed rape. In: E. A. Kirbky (ed), *Fertilizing for High Yield and Quality*, Bulletin 16. IPI, Basel.

- Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. *European Journal of Agronomy*, 19(3), 453-463.
- Ridley, A. O. 1972. Effect of nitrogen and sulfur fertilizers on yield and quality of rapeseed. Proc. 16th Annual Manitoba Soil Science Meeting, January 1972, University of Manitoba, Winnipeg, MB. pp. 149–155.
- SIBER-BCER. 2014. Informe producción de colza - Campaña 2013/14. Bolsa de Cereales de Entre Ríos. <http://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/siberd.php?Id=604> (30/06/2014).
- Sidlauskas, G., and S.Bernotas. 2003. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*, 1(2), 229-243.
- Steinbach H. S. y R. Alvarez. Eficiencia de respuesta de trigo, maíz y soja a la fertilización azufrada en la región pampeana argentina.2014. IAH 13. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica (LACS)* p11-17.