

Efecto de la fertilización nitrogenada en soja intersemebrada en trigo en Balcarce

CARPANETO, B.^{1*}; LORENZO, M.¹; ABBATE, P.E.¹

RESUMEN

Es sabido que la soja intersemebrada en trigo tiene bajo crecimiento inicial, lo cual podría afectar negativamente la formación de nódulos fijadores de nitrógeno (N) y limitar el crecimiento de la soja luego de la cosecha del trigo. En este trabajo se propuso: (i) corroborar si soja intersemebrada en trigo tiene respuesta a la fertilización nitrogenada y (ii) evaluar la dosis de N óptima de una soja intersemebrada. Se condujeron dos experimentos de soja intersemebrada en trigo bajo riego en Balcarce, con tratamientos de niveles de fertilización nitrogenada. En el primer año los niveles de fertilización fueron cero y una dosis equivalente a los requerimientos de N del cultivo (530 kg N ha⁻¹). En el segundo año se evaluaron cuatro niveles de fertilización calculados como una proporción de la dosis de indiferencia (204 kg N ha⁻¹): 0, 51, 102 y 204 kg N ha⁻¹. A la madurez del cultivo de soja, se midió rendimiento, índice de cosecha, peso/grano, peso seco total y número de granos m⁻². Los resultados obtenidos muestran que existieron respuestas significativas de la soja a la fertilización nitrogenada. Bajas dosis de N (equivalentes a 1/4 de la dosis de indiferencia) fueron suficientes para maximizar el rendimiento. Ambos experimentos confirman que el aumento de rendimiento a causa del N aplicado generó un incremento en el aporte de biomasa al sistema.

Palabras clave: crecimiento de soja, dosis de N, rendimiento, biomasa, intersemebra.

ABSTRACT

It is known that soybean intercropping in wheat has low initial growth, which could affect negatively the formation of nodules and limit the soybean growth after harvest of wheat. In this paper we proposed to: (i) confirm whether soybean-wheat intercropping has response to nitrogen fertilization and (ii) evaluate the optimum N rate of soybean intercropping. Two experiments were conducted in wheat-soybean intercropping irrigated crops in Balcarce, with treatments of nitrogen fertilization. In the first year fertilization levels were zero and 530 kg N/ha (equivalent to N requirement of soybean). In the second year we evaluated four fertilization levels calculated as a proportion of the dose of indifference (204 kg N ha⁻¹): 0, 51, 102 and 204 kg N ha⁻¹. At maturity yield, harvest index, weight per grain, total crop dry weight and number of grains m⁻² were measured. Results show significant responses of soybean to nitrogen fertilization: low N doses (equivalent to 1/4 of the dose of indifference) were sufficient to maximize crop performance. Both experiments confirm that soybean yield increases by applied N increased biomass returns to the system

Keywords: soybean growth, N dose, yield, biomass, intercropping.

¹Unidad Integrada Balcarce (INTA, EEA Balcarce y FCA, UNMdP), Autor de contacto: bcarpaneto@balcarce.inta.gov.ar; Ruta Nac. *226 km 73,5, (7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina; +54-2266-439100

INTRODUCCIÓN

La importancia del cultivo de soja en la Argentina ha ido creciendo en forma abrupta en los últimos 15 años. Según datos del Sistema Integrado de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP, 2010), en la campaña 2009/10, la superficie soja en el país alcanzó las 18,3 Mha sembradas, con una producción total de 52,7 Mt.

Por ser una leguminosa, la soja puede satisfacer parte de sus requerimientos de N mediante la fijación del N atmosférico. En este sentido, González (2000) encontró que en los suelos Argiudoles de Balcarce la fijación biológica de N alcanzó el 30% del N total absorbido. Dado que la fijación simbiótica de N es energéticamente costosa para la planta, ya que ésta aporta los carbohidratos necesarios a partir de la fotosíntesis, hay una estrecha relación positiva entre el crecimiento de la planta y la fijación de N (Gutiérrez Boem y Scheiner, 2005). Por ende, es de esperar que aquellas situaciones que afecten el crecimiento de la planta afecten a la fijación simbiótica de N (p.ej. el estrés hídrico) (Berardo y Reussi Calvo, 2009).

Una disponibilidad alta de nitratos (NO₃⁻) en el suelo puede afectar negativamente la formación de nuevos nódulos fijadores de N atmosférico e, incluso, el funcionamiento de los ya existentes (Herridge et al., 2001). No obstante, para el establecimiento del cultivo, es necesaria cierta disponibilidad de N mineral en el suelo ya que la fijación simbiótica comienza a partir de los 30 días desde la siembra, alcanzando su máximo durante el período reproductivo (Zapata y et al., 1987). Resultados de la Argentina sugieren que el beneficio de aplicar N como arrancador estaría limitado a situaciones poco comunes donde el suelo tiene poco N disponible a la siembra y baja capacidad de brindarlo durante el ciclo del cultivo (Gutiérrez Boem y Scheiner, 2005).

En el Sudeste bonaerense (latitud 37 a 38° S) la soja “de segunda”, i.e. soja implantada inmediatamente después de la cosecha de trigo (diciembre-enero), es sembrada después de la fecha óptima, por lo cual disminuye marcadamente su rendimiento respecto de la soja “de primera”, i.e. sembrada en su fecha óptima (noviembre-diciembre), después de un barbecho. A fin de adelantar la fecha de siembra de soja, se ha propuesto tanto dentro (Caviglia et al., 2004; Ross, 2006; Álvarez Prado, 2009) como fuera del país (Porter et al., 1995; Wallace et al., 1996; Chan et al., 1980) el sistema de interseembra trigo-soja, el cual consiste en sembrar soja dentro del cultivo de trigo en pie, durante el llenado del grano de este. Sin embargo, en los períodos de desarrollo temprano de la soja, ésta competiría con el trigo por recursos como radiación, agua y nutrientes que podrían disminuir el rendimiento de la oleaginosa (Ross, 2006).

Está suficientemente documentado que en los intercultivos en donde intervienen una gramínea y una leguminosa, a igualdad en otras condiciones, las ventajas competitivas por el N disponible, son para la gramínea y la desventaja para la leguminosa (Andersen et al., 2004; Corre-Hellou et al., 2007 y 2009; Naudin et al., 2010). Esto se debe a la estructura radical y el rápido crecimiento inicial de la gra-

mínea. Por otra parte, según estudios realizados en distintos lugares del mundo (Echeverría, 1985 en Balcarce y González Montaner, 1987 en Francia), el contenido de N disponible en el suelo como nitrato en la solución del suelo, disminuye a medida que avanza el ciclo del cultivo de trigo debido a su creciente demanda. Dado que la soja se implanta cuando el estado del cultivo de trigo es avanzado (llenado del grano), es de esperar que el suelo sólo presente trazas de N disponible al momento de la interseembra de soja. En este contexto, se espera que en la interseembra trigo-soja, en donde el cultivo de trigo tiene acumulada una cantidad importante de biomasa al momento de la siembra de la soja, este se encuentre en desventaja para captar los recursos ambientales (particularmente radiación, agua y nutrientes) que aseguren su buen establecimiento y posterior crecimiento. En Balcarce, se halló que soja intersemebrada en trigo tiene bajo crecimiento inicial (Caviglia et al., 2004; Ross, 2006; Álvarez Prado, 2009). Esto podría afectar la asimilación simbiótica de N y generarle deficiencias de este nutriente que contribuyan al bajo crecimiento en etapas posteriores a la cosecha de trigo.

La fertilización con N en soja no ha demostrado respuestas en rendimiento en ensayos realizados en el centro-oeste de la provincia de Buenos Aires (Scheiner et al., 1999) y sur de Santa Fe (Bodrero, 1984), ni tampoco en siembras de primera en Balcarce (Wingeyer et al., 2004). Ferraris y Courelot (2005) encontraron que el agregado de N provocó leves mejoras en el crecimiento y coloración del cultivo, pero no incrementó los rendimientos en forma significativa. Por ello, concluyen que esos resultados no son suficientemente convincentes como para recomendar la práctica de la fertilización nitrogenada en soja de manera generalizada. Por otra parte, en el sudeste bonaerense, no hay resultados evaluados en cultivos de segunda o en interseembra.

Los objetivos de este trabajo fueron (i) corroborar si soja intersemebrada en trigo en Balcarce, tiene respuesta a la fertilización nitrogenada y (ii) evaluar la dosis de N óptima de una soja intersemebrada en trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento en la campaña 2008/2009 (exp. 2008) y otro en la campaña 2009/2010 (exp. 2009), ambos en un establecimiento ubicado en el partido de Balcarce (El Volcán), sobre un lote comercial de soja (cv. DM 4800) intersemebrada en trigo (cv. Baguette 10), bajo riego.

En el primer año de ensayo los tratamientos fueron dos niveles de fertilización nitrogenada de la soja intersemebrada (0 kg y 530 kg N ha⁻¹ totales, en dosis dividida de aproximadamente 100 kg N ha⁻¹ cada 15 días). La dosis alta fue elegida para satisfacer los requerimientos de N correspondientes al rendimiento esperado. La siembra fue el 27/11/2008, y la cosecha del ensayo el 24/04/2009. La cantidad de agua total que recibió el cultivo de soja (precipitaciones y riego) entre diciembre y abril inclusive fue de 304 mm.

En el segundo año de ensayo la soja fue sembrada el 13/12/2009. La cantidad de agua total que recibió el cultivo (precipitaciones y riego) entre diciembre a abril inclusive fue de 528 mm. Los tratamientos aplicados fueron 4 niveles de fertilización nitrogenada (0, 51, 102 y 204 kg N ha⁻¹). Las dosis se calcularon como proporción de la dosis de indiferencia (dosis para la cual el costo es igual a la respuesta) calculada en la campaña anterior.

En ambos experimentos la aplicación de los tratamientos de N se realizó por medio de urea al voleo. Las parcelas tuvieron un ancho de 13 surcos de trigo consecutivos, arreglados en 3 surcos de trigo sembrados y 1 sin sembrar, dando 4 surcos de soja de 10 m de largo, distanciados por 68 cm. La siembra se realizó con mínima labranza del suelo (siembra directa); la densidad de siembra de la soja fue de 38 semillas/m lineal de surco.

Luego de la madurez de la soja, se cosecharon manualmente todas las plantas presentes en 2 ó 4 m de surco en el exp. 2008 y 2009 respectivamente, para determinar el rendimiento (RTO). La biomasa cosechada se trilló y el grano cosechado se limpió, se secó a 65 °C hasta peso constante y luego se pesó. En una submuestra de granos que se limpió manualmente, se contó el número de granos y se pesó en seco para determinar el peso/grano (PG). El RTO y el PG se ajustaron a la humedad de comercialización (13,5%). Se calculó el índice de cosecha aparente (IC), i.e. el IC cociente entre el peso del grano y el peso total sin incluir las hojas que tuvieron abscisión, cosechando cuatro plantas/parcela, las cuales se secaron para medir su peso total y se trillaron para medir su rendimiento en grano. El peso seco total del cultivo (PST, o biomasa) a madurez se calculó como el cociente entre el RTO y el IC. El número de granos por unidad de superficie (NG) se calculó como el cociente entre el RTO y el PG.

En ambos experimentos los tratamientos se dispusieron según un diseño en bloques completos con 4 repeticiones. Los datos obtenidos se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANVA) para determinar la existencia de diferencias entre las medias de los tratamientos. Cuando el ANVA indicó diferencias significativas (P≤0,05), las medias se compararon por medio del método de la mínima diferencia significativa. Para evaluar la asociación entre variables se ajustaron rectas de regresión a partir de los datos de cada parcela.

La dosis de indiferencia (D , t ha⁻¹), se definió como la dosis para la cual el costo adicional iguala el ingreso adicional. Esta se calculó a partir del rendimiento sin fertilizante (RTO_o , \$/t), el rendimiento con fertilizante (RTO_f , U\$S t⁻¹), el precio del fertilizante (P_f , U\$S t⁻¹) y el precio del grano cosechado (P_g , U\$S t⁻¹), como:

$$D = \frac{(RTO_f - RTO_o) \cdot P_f}{P_g} \quad \text{Ec. [1]}$$

Los precios utilizados fueron dólares americanos (U\$S) constantes al 01/01/2008.

RESULTADOS

En la tabla 1 se resumen los resultados obtenidos en el experimento de 2008 y en la 2, los resultados correspondientes al de 2009. En el experimento de 2008 el aumento de RTO por el agregado de N fue de 25% mientras que el de 2009 alcanzó el 15% (P≤0,05). En ambos experimentos también hubo diferencias estadísticas a la aplicación de N en el NG y el PST (P≤0,05). En el experimento de 2008 también fueron significativas las diferencias en PG (P≤0,05), pero no en el de 2009 (P>0,05); el IC no presentó diferencias en ninguno de los experimentos (P>0,05).

Variable	Dosis de fertilización (kg/ha de N)		Error estándar de la media (%)
	0	530	
RTO (t/ha)	2,4 a	3,0 b	4,7
PG (mg)	145 a	159 b	0,9
NG (granos/m ²)	1636 a	1923 b	5,6
IC (%)	54 a	52 a	2,2
PST (g/m ²)	392 a	521 b	3,4

Los valores corresponden a las medias de 4 repeticiones. Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos. Nivel de significancia P=0,05.

Tabla 1. Efecto de la fertilización nitrogenada en soja intersemebrada en trigo, en Balcarce, en la campaña 2008/09, sobre las principales variables ecofisiológicas descriptivas del cultivo a madurez: rendimiento (RTO, con 13,5% de humedad), peso/grano (PG, con 13,5% de humedad), número de granos (NG), índice de cosecha (IC) y peso seco total del cultivo (PST).

Variable	Dosis de fertilización (kg/ha de N)				Error estándar de la media (%)
	0	51	102	204	
RTO (t/ha)	2,6 a	3,0 b	2,9 b	2,9 b	3,1
PG (mg)	146 a	150 a	147 a	150 a	1,3
NG (grano/m ²)	1787a	1995 b	1989 ab	1946 ab	2,0
IC (%)	56 a	54 a	53 a	52 a	1,6
PST (g/m ²)	413 a	503 b	478 ab	495 b	4,0

Los valores corresponden a las medias de 4 repeticiones. Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos. Nivel de significancia P=0,05.

Tabla 2. Efecto de la fertilización nitrogenada en soja intersemebrada en trigo, en Balcarce, en la campaña 2009/10, sobre las principales variables ecofisiológicas descriptivas del cultivo a madurez: rendimiento (RTO, con 13,5% de humedad), peso por grano (PG, con 13,5% de humedad), número de granos (NG), índice de cosecha (IC) y peso seco total del cultivo (PST).

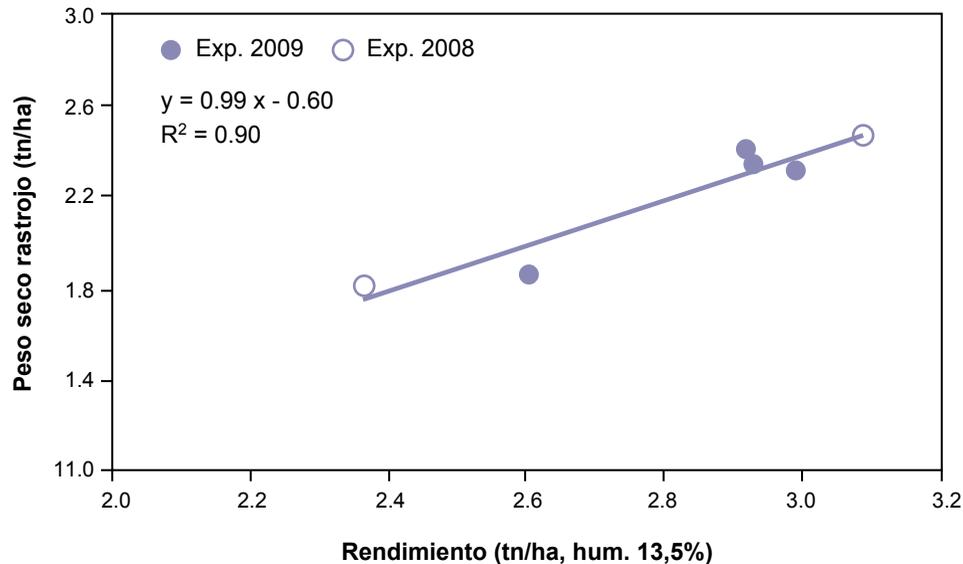


Figura 1. Relación entre el peso seco del rastrojo aportado por la soja intersebrada en el trigo y el rendimiento del cultivo, a través de distintos niveles de fertilización nitrogenada, en Balcarce, en la campaña 2008/09 y 2009/10.

El RTO puede considerarse como el producto entre el NG y el PG. En el experimento de 2008 el aumento del RTO al agregado de N fue acompañado por una respuesta del 10% en el PG y del 18% en el NG. De hecho, el RTO se asoció más con el NG ($r^2=0,92$; $P<0,001$; $gl=6$) que con el PG ($r^2=0,51$; $P<0,05$). Así mismo, en el experimento de 2009 la respuesta del PG alcanzó el 4% y la del NG el 13%, y al igual que el experimento del año anterior, el RTO se asoció más altamente con el NG ($r^2=0.90$; $P<0,001$; $gl=14$) que con el PG ($r^2=0.58$; $P=0,001$).

El RTO también puede considerarse como el producto entre el PST y el IC. En el experimento de 2008 hubo diferencias en PST del 33%, pero no en el IC (-4% no significativa, $P>0,05$) y el RTO se asoció más con el PST ($r^2=0,92$; $P<0,001$; $gl=6$) que con el IC ($r^2=0,01$; $P<0,95$). En el exp. 2009, la respuesta del PST alcanzó 22% y la del IC 4% ($P>0,05$) y el RTO nuevamente se asoció más con el PST ($r^2=0.85$; $P<0,001$; $gl=14$) que con el IC ($r^2=0.21$; $P=0,07$). En ambos experimentos se pudo confirmar que el aumento de rendimiento a causa del N aplicado, generó un incremento en el aporte de rastrojo al sistema ($r^2=0.73$; $P<0,007$ para exp. 2008 y $r^2=0.65$; $P<0,001$ para exp. 2009, fig. 1).

A partir de: (1) el precio de la urea (385 U\$S t^{-1}) y (2) el valor del grano de soja (280 U\$S t^{-1}) al finalizar el primer experimento (may-2009), y (3) la diferencia en rendimiento (606 $kg\ ha^{-1}$) obtenida a favor del tratamiento con N en ese experimento, se pudo calcular por medio de la Ec. [1], que sería económico fertilizar hasta una dosis de 441 $kg\ urea\ ha^{-1}$ (equivalentes a 203 $kg\ N\ ha^{-1}$). Utilizando precios históricos de la urea (352 U\$S t^{-1}) y de soja (245 U\$S t^{-1}) la dosis de indiferencia resultante fue 4% menor (422 $kg\ urea\ ha^{-1}$, equivalentes a 194 $kg\ N\ ha^{-1}$).

DISCUSIÓN

Ambos ensayos confirman que fertilizaciones a la siembra permitieron aumentar el rendimiento de soja principalmente a través del NG. Esto está de acuerdo con lo que encontró Andrade (1995) al considerar resultados obtenidos previamente en Balcarce: que el NG es el componente del rendimiento que más fuertemente se afecta por la disponibilidad de N de soja. Asimismo, Gan *et al.* (2003) encontraron que aplicaciones de 50 $kg\ N\ ha^{-1}$ en estadios tempranos (V2) incrementaron significativamente el número de granos por planta y el RTO. Por otra parte, ambos experimentos confirman que el aumento de RTO a causa del N aplicado, generó un incremento en el aporte de biomasa y rastrojo al sistema.

El sistema en donde se intersebró la soja se caracterizó por tener un cultivo bien establecido (el trigo), hábil en la competencia por recursos con la soja. En este contexto no sorprende la discrepancia entre la respuesta a la fertilización con N aquí encontrada y la escasa o nula respuesta en estudios previos que involucraron soja no intersebrada (Bodrero, 1984; Scheiner *et al.*, 1999; Ferraris y Courelot, 2005) donde la competencia temprana por radiación, agua y nutrientes es mucho menor que en la soja intersebrada.

Para las variables estudiadas en este trabajo, las diferencias estadísticas encontradas se manifestaron con la dosis de fertilización más baja del experimento de 2009 (51 $kg\ N\ ha^{-1}$) equivalente a 1/4 de la dosis de indiferencia. Esto lleva a pensar que una fertilización nitrogenada baja al inicio del cultivo de soja sería provechosa ya que permitiría un adecuado establecimiento del mismo y aliviaría la competencia con las gramíneas ya establecidas. Por otro lado, fertilizaciones con dosis más altas no tendrían un efecto

adicional positivo sobre la oleaginosa por inhibición de la nodulación. En este sentido, Gan *et al.* (2002 y 2003), comentan que en China la fertilización con 75 kg N ha⁻¹ en una sola aplicación antes de floración resultó excesiva, ya que reduce seriamente la fijación simbiótica de N, además las frecuentes lluvias provocaron pérdidas de N por lavado del N almacenado en el suelo. Por su parte, Hungría *et al.* (2006) encontraron que aplicar 100 kg N ha⁻¹ a la siembra de soja en Brasil es una dosis supra-óptima, ya que resultó en un drástico decrecimiento del número y peso seco de los nódulos. Además, la contribución de la fijación biológica decreció del 84 al 44%. Así, la información disponible sugiere que en un amplio rango de ambientes, las dosis "ligeras" serían las más adecuadas; pero esta práctica no se había considerado en la interseembra de soja en trigo, tal como se lo evaluó en este trabajo. Los datos obtenidos indican que esa dosis "ligera" correspondió a 1/4 de la dosis de indiferencia.

CONCLUSIÓN

A través de dos ensayos en lotes de producción se logró demostrar que existieron respuestas significativas en el rendimiento de soja intersebrada en trigo a la fertilización nitrogenada. Además, se pudo establecer como dosis óptima aquella igual a 1/4 (51 kg N/ha) de la dosis de indiferencia. Esto permite sugerir que una baja dosis de N sería adecuada para incrementar el rendimiento en planteos de interseembra trigo-soja con riego. El N aplicado, además de aumentar el rendimiento, generó un incremento en el aporte de biomasa y rastrojo al sistema.

AGRADECIMIENTOS

Al Grupo Trigo de la EEA Balcarce, en particular a J. Toledo y A. Farias su valiosa colaboración durante la conducción de los ensayos, y al personal de El Volcán por haber prestado sus instalaciones para la realización de este ensayo y por su amabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ PRADO, AF. 2009. Optimización del arreglo de surcos en interseembra trigo-soja en el sudeste bonaerense. Tesis *Magister Scientae*. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Unidad Integrada Balcarce Argentina. 61 pp.
- ANDERSEN, M.; HAUGGAARD-NIELSEN, H.; AMBUS; E JENSEN, P. 2004. Biomass production, symbiotic nitrogen fixation and inorganic N use in dual and tri-component annual intercrops. *Plant and Soil* 266: 273–287.
- ANDRADE, FH. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean Brown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Research*, 41: 1–12
- BERARDO, A.; REUSSI CALVO, N. 2009. Pautas para el manejo de la fertilización en soja. Disponible en: www.laboratoriofertilab.com.ar. Accedido en mayo 2013.
- BODRERO M., MARTIGNONE, R.; MACOR, L.. 1984. Efecto de la fertilización nitrogenada en soja. *Ciencia del Suelo* 2:212-214.
- CAVIGLIA, O.P.; SADRAS, V.O.; ANDRADE, F.H. 2004. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas I Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat–soybean. *Field Crops Research*, 87:117-129.
- CHAN, L.M.; JOHNSON, R.R.; BROWN, C.M. 1980. Relay intercropping soybeans into winter wheat and spring oats. *Agronomy Journal*, 72, 35-39.
- CORRE-HELLOU, G.; BRISSON, N.; LAUNAY, M.; FUSTEC, J.; CROZAT, Y. 2007. Effect of root depth penetration on soil nitrogen competitive interactions and dry matter production in pea–barley intercrops given different soil nitrogen supplies. *Field Crops Research* 103: 76–85.
- CORRE-HELLOU, G.; FAURE, M.; LAUNAY, M.; BRISSON, N.; CROZAT, Y. 2009. Adaptation of the STICS intercrop model to simulate crop growth and N accumulation in pea–barley intercrops. *Field Crops Research* 113: 72–81.
- COSCIA, A. 1976. *Economía Agraria*. 1ª Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 270 pp.
- ECHEVERRÍA, H. 1985. Factores que alteran la concentración de nitratos en plantas de trigo. *Revista Ciencia del Suelo*, 3: 115-123.
- FERRARIS, G.; COURELOT, L. Evaluación de la fertilización química nitrogenada en soja como complemento de la inoculación. Ensayos del Proyecto Regional Agrícola, campaña 2003/04. Disponible en: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/ferraris/Evaluacion%20de%20la%20Fertilizacion%20Quimica%20Nitrogenada%20en%20Soja.asp>. (Verificado: julio 2013).
- GAN, Y.; STULEN, I.; POSTHUMUS, F.; VAN KEULEN, H.; PIETER, J. 2002. Effects of N management on growth, N fixation and yield of soybean. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 62:163–174.
- GAN, Y.; STULEN, I.; VAN KEULEN, H.; PIETER, J. 2003. Effect of N fertilizer top-dressing at various reproductive stages on growth, N₂ fixation and yield of three soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) genotypes. *Field Crops Research*, 80: 147–155.
- GARCÍA, F. 2012. Soja: Nutrición del Cultivo y Fertilización. Disponible en: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/garcia/Soja%20-%20Nutricion%20del%20cultivo%20y%20fertilizacion.asp>. (Verificado: mayo 2013).
- GONZÁLEZ, N. 2000. Fijación de nitrógeno en soja. Uso de inoculantes. En: Actas Jornada de actualización profesional "Cosecha gruesa 2000". Mar del Plata, agosto 2000. EEA INTA Balcarce – FCA – CIAM.
- GONZÁLEZ MONTANER, J.H. 1987. Deux outils d'analyse de la réponse du blé à la fertilisation azotée: les composantes du rendement et la teneur en nitrates des organes végétaux. Thèse Doct. Ing., L'Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris, 190 pp.
- GUTIÉRREZ BOEM, F.; SCHEINER, J. 2005. Soja. En: ECH-VEVERRÍA, H; F GARCÍA (Eds.). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de cultivos*. Ediciones INTA.
- HERRIDGDE, D.F.; TURPIN, J.R.; ROBERTSON, M.J. 2001. Improving nitrogen fixation of crop legumes through breeding and agronomic management: analysis with simulation modelling. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 41:391-401.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.; CAMPO, R.; CRISPINO, C.; MORAES, J.; SIBALDELLI, R.; MENDES, I.; ARIHARA, J. 2006. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: Contributions of biological N₂ fixation and N fertilizer to grain yield. *Canadian Journal of Plant Science*, 2006, 86(4): 927-939.
- MAGYP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca). 2010 <http://www.siiia.gov.ar/>, (Verificado: agosto de 2011).
- NAUDIN, C.; CORRE-HELLOU, G.; PINEAU, S.; CROZAT, Y.; JEUFFROY, M. 2010. The effect of various dynamics of N

availability on winter pea-wheat intercrops: Crop growth, N partitioning and symbiotic N₂ fixation. *Field Crops Research* 119: 2-11.

PORTER, P.M.; KHALILIAN, A. 1995. Wheat response to row spacing in relay intercropping systems. *Agronomy Journal*, 87, 999-1003.

ROSS, F. 2006. Arreglos de siembra y efectos de la deficiencia hídrica y no hídrica en interseembra de soja en trigo. Tesis Magister Scientae. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Unidad Integrada Balcarce Argentina. 59 pp.

SCHEINER J.; GUTIÉRREZ BOEM, F.; LAVADO, R. 1999. Experiencias de fertilización de soja en el centro-norte de Buenos Aires. En

Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilización de Soja". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires. 39 pág.

WALLACE, S.U.; BACANAMWO, M.; PALMER, J.H.; HULL, S.A. 1996. Yield and yield component of relay intercropped wheat and soybean. *Field Crops Research*, 46: 161-168.

WINGEYER, A.; ECHEVERRÍA, H.; SAINZ ROZAS, H. 2004. Fertilización nitrogenada en soja de primera bajo condiciones hídricas variables. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo "Cambio en el Uso de la Tierra: Educación y Sustentabilidad" Paraná, Entre Ríos, del 22 al 25 de junio de 2004.

ZAPATA, F.; DANSO, S.; HARDARSON, G.; FRIED, M. 1987. Time course of nitrogen fixation in field-grown soybean using nitrogen-15 methodology. *Agronomy Journal*, 79: 173-176.