

INCLUSION DE SOJA EN SECUENCIAS AGRICOLAS DEL SUR BONAERENSE: SU EFECTO SOBRE EL BALANCE DE NITROGENO Y FOSFORO

H.J. Forján; M.Zamora; M.L.Manso; M.L.Seghezzeo y E.R.Molfese.
Chacra Experimental Integrada Barrow - (Convenio M.A.A. - I.N.T.A.) – C.C.50 (7500) Tres Arroyos (B.A.) – Rca.Argentina - Email: hforjan@correo.inta.gov.ar

Introducción

La expansión de la agricultura en la región centro-sur de Buenos Aires ha estado asociada en los últimos años al aumento del área ocupada por el cultivo de soja. Su presencia en las secuencias se ha generalizado de diferente modo; desde incluirlo como un eslabón más en la rotación con otros cultivos, hasta presentar una continua presencia sobre determinados lotes (Forján y Manso, 2011).

Se conoce la demanda de nutrientes que presenta la soja, en particular de fósforo (P) y nitrógeno (N), (Andrade et al, 1996; Ferraris G.,2003). Todos los cultivos de la región son fertilizados con P a la siembra como respuesta a la baja oferta edáfica originaria de estos suelos (Sainz Rozas y Echeverría,2008). Sin embargo como la soja cubre sus requerimientos de N a través del aporte del suelo y de la atmósfera, en este caso por el proceso de fijación biológica del N (FBN), el cultivo no recibe fertilización nitrogenada.

Si bien para el resto de los cultivos la fertilización se ha difundido y ampliado en los últimos años como respuesta al constante incremento de rendimiento con índices de extracción de nutrientes crecientes (García y González San Juan, 2010), generalmente se cuestiona que no se efectúa con un criterio de reposición. Además, la continua presencia en la secuencia de cultivos como la soja donde la FBN no es suficiente para reemplazar el N exportado del sistema, plantea interrogantes sobre la evolución de la productividad de los suelos (Cordone y Martínez, 2004) y la consecuencia de una mayor dependencia de fertilizantes para los restantes cultivos (García, 2009).

El objetivo del ensayo fue evaluar el impacto que produce la presencia de soja implantada en diferentes intensidades sobre el balance de N y P de secuencias de cultivo empleadas en la región, considerando dos niveles de fertilización nitrogenada.

Materiales y métodos

El ensayo fue conducido entre 2004 y 2009 en la Chacra Experimental Integrada Barrow (38° 20' S; 60° 13' W) sobre un suelo Paleudol petrocálcico (serie Tres Arroyos) bajo siembra directa. Se utilizó un diseño experimental en parcelas divididas con cuatro repeticiones. La unidad experimental menor (subparcela) fue de 210m². Las secuencias empleadas en la comparación, representaron las más comunes utilizadas en la región en los últimos años, apareciendo la soja con diferentes intensidades. Las secuencias fueron: 1-G/T/Sg/T/S/T; 2-S/Cz-S/T-S/Sg/S/T; 3- Cz-S/T/Ce-S/Cz-S/Ce-S/T; 4- Av-Vi-G/T/Av-Vi-G/T-S/Av-Vi-S/T; 5-S/Ce-S/Cz-S/Ce-S/Cz-S/T. (Referencias: T: Trigo – Ce: Cebada cervecera – Cz: Colza – Sg: Sorgo granífero - G: Girasol – S: Soja – Av-Vi: Avena-Vicia). En todos los cultivos se empleó la tecnología recomendada.

El aporte de P se realizó tomando en cuenta el análisis de suelo previo y la expectativa de rendimiento esperado. Para trigo, cebada, sorgo y colza la dosis aplicada de Fosfato diamónico (DAP) a la siembra promedió 110 kg/ha mientras que en soja de primera, girasol y soja de segunda se aplicaron 95, 70 y 80 kg/ha de DAP respectivamente. En avena-Vicia 70 kg/ha.

Con N fueron fertilizados aquellos cultivos que en experiencias previas demostraron una respuesta económica, empleándose 2 niveles: fertilización de uso actual (FUA) y fertilización de reposición (FR). Se empleó Urea, resultando las dosis promedio para cada cultivo: Trigo 135 y 200 – Cebada 135 y 180 – Sorgo 95 y 180 – Colza 115 y 170 – Girasol 50 y 80 – Avena/Vicia 60 y 60 kg/ha respectivamente para FUA y FR.

Los rendimientos obtenidos por los cultivos intervinientes fueron relacionados con el porcentaje de proteína de los granos y con valores de tabla (INPOFOS,2000) para determinar la exportación de N y P respectivamente para cada secuencia. La dosis de fertilizante empleada cada año y para cada cultivo se relacionó con la exportación de nutrientes producida con los granos, permitiendo efectuar un balance con el propósito de establecer el nivel de reposición de N y P que se alcanzó en cada una de las secuencias anualmente y al final del ciclo evaluado. Para el caso de las leguminosas (soja y vicia), se consideró una FBN del 50% (Peticari,2003).

Análisis estadístico: La evaluación se realizó utilizando el procedimiento proc mixed de SAS (SAS Institute, 2002).

Resultados

Los rendimientos de los cultivos respondieron en general, a las condiciones climáticas presentadas en cada uno de los años.

Tabla 1: Cultivos, rendimientos y balances de P y N para cada año y total de la secuencia con fertilización de uso actual (FUA) y fertilización de reposición (FR).

| Secuencia | 2004 | | 2005 | | 2006 | | 2007 | | 2008 | | 2009 | TOTAL |
|--------------|---------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 1 | GIRASOL | | TRIGO | | SORGO | | TRIGO | | SOJA 1ª | | TRIGO | |
| | Rendim. | 1660 | 2510 | 3315 | 945 | 1015 | 2560 | | | | | |
| | Balance P-FUA | 2,38 | 13,96 | 6,74 | 16,22 | 13,91 | 9,76 | | | | | 63 |
| | Balance P-FR | 1,75 | 12,76 | 1,68 | 14,48 | 12,56 | 9,26 | | | | | 52,5 |
| | Balance N-FUA | -3 | 27,6 | 7 | 52 | -13,3 | 11,9 | | | | | 82,2 |
| Balance N-FR | 5,6 | 44 | 23,3 | 69,8 | -21 | 33,7 | | | | | 155,4 | |
| 2 | SOJA 1ª | | COLZA | SOJA 2ª | TRIGO | SOJA 2ª | SORGO | SOJA 1ª | | TRIGO | | |
| | Rendim. | 2470 | 1395 | 870 | 2310 | 1215 | 4380 | 1105 | 2505 | | | |
| | Balance P-FUA | 5,18 | 23,44 | 27,47 | 2,48 | 9,37 | 9,98 | | | | | 77,9 |
| | Balance P-FR | 5,18 | 20,42 | 24,44 | -0,46 | 8,86 | 8,58 | | | | | 67 |
| | Balance N-FUA | -59,9 | 6,2 | 13,9 | -3,3 | -16,9 | 13,4 | | | | | -46,6 |
| Balance N-FR | -59,9 | 16 | 20,7 | 15,9 | -20,9 | 30,9 | | | | | 2,7 | |
| 3 | COLZA | SOJA 2ª | TRIGO | CEBADA | SOJA 2ª | COLZA | SOJA 2ª | CEBADA | SOJA 2ª | TRIGO | | |
| | Rendim. | 1530 | 945 | 2570 | 5040 | 2740 | 1215 | 240 | 2555 | 545 | 2275 | |
| | Balance P-FUA | 18,5 | 13,72 | 12,44 | 19,2 | 15,07 | 10,9 | | | | | 89,8 |
| | Balance P-FR | 13,84 | 11,98 | 11,6 | 15,41 | 13,63 | 9,7 | | | | | 76,2 |
| | Balance N-FUA | -1,8 | 18,2 | -71,4 | 27,3 | 13 | 25,6 | | | | | 10,9 |
| Balance N-FR | 7,7 | 32,2 | -61,6 | 34,9 | 13 | 45,3 | | | | | 71,5 | |
| 4 | Av/Vi | GIRASOL | TRIGO | Av/Vi | GIRASOL | TRIGO | SOJA 2ª | Av/Vi | SOJA 1ª | TRIGO | | |
| | Rendim. | 5270 | 1450 | 1840 | 3265 | 915 | 1650 | 110 | 6640 | 970 | 2415 | |
| | Balance P-FUA | -12,5 | 16,64 | 9,27 | 26,74 | -3,02 | 10,34 | | | | | 47,5 |
| | Balance P-FR | -13,97 | 14,4 | 1,28 | 23,96 | -6,73 | 9,98 | | | | | 28,9 |
| | Balance N-FUA | -16,2 | 43,7 | 0,1 | 42 | -63,2 | 20,6 | | | | | 27 |
| Balance N-FR | -8,5 | 56 | -20 | 53 | -82,9 | 48,9 | | | | | 46,5 | |
| 5 | SOJA 1ª | | CEBADA | SOJA 2ª | COLZA | SOJA 2ª | CEBADA | SOJA 2ª | COLZA | SOJA 2ª | TRIGO | |
| | Rendim. | 2945 | 3700 | 910 | 1010 | 2510 | 2375 | 230 | 850 | 605 | 2740 | |
| | Balance P-FUA | 2,33 | 27,44 | 17,83 | 25,5 | 11,02 | 9,04 | | | | | 93,2 |
| | Balance P-FR | 2,33 | 25,07 | 14,82 | 24,58 | 6,87 | 8,86 | | | | | 82,5 |
| | Balance N-FUA | -76,5 | -1,7 | -20,6 | 42,8 | 23,5 | 11,4 | | | | | -21,1 |
| Balance N-FR | -76,5 | 2,3 | -6,4 | 56,1 | 29,4 | 39,1 | | | | | 44 | |

Se consideró un 50% por FBN para soja y Vicia.

Se observaron efectos altamente significativos de la interacción secuencia x fertilización para N y P en todas las secuencias.

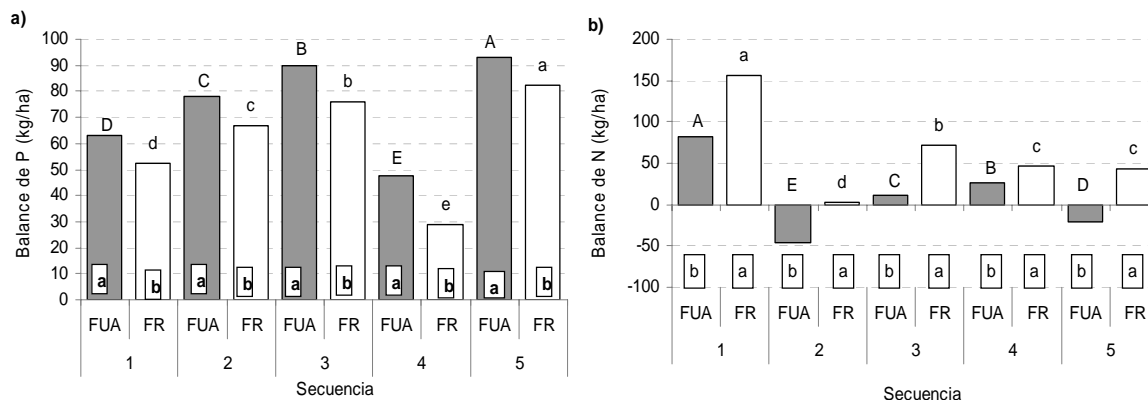


Figura 1. Balance de P (a) y N (b) para 5 secuencias evaluadas durante un período de 6 años con dos niveles de fertilización nitrogenada: FUA= fertilización de uso actual y FR= fertilización de reposición. Letras mayúsculas iguales muestran diferencias significativas para FUA y letras minúsculas diferencias para FR entre secuencias. Letras encuadradas diferencias entre ambos niveles de fertilización en una misma secuencia.

Todas las secuencias presentaron un balance de P positivo (figura 1a.). Las diferencias existentes entre ellas mantuvieron el mismo orden para los dos tipos de manejo, presentando la secuencia 5 el mayor aporte al sistema y la 4 el menor. A pesar que la dosis fosforada resultó similar para ambos sistemas, los valores de FR resultaron menores a FUA como respuesta a la mayor exportación producto de rendimientos más elevados. Según Picone et al (2007) cuando la cantidad de P aplicada es superior a la removida en grano, el exceso se acumula en fracciones inorgánicas de rápida disponibilidad para los cultivos siguientes.

En N (figura 1b) se presentaron diferencias entre todas las secuencias con los dos niveles de fertilización. Con FUA las secuencias 2 y 5 resultaron con balance negativo. Entre las restantes se destacó el elevado valor presentado por la secuencia 1. Con FR el balance fue positivo para todas las secuencias con diferencias muy significativas entre ellas. Las condiciones ambientales ocurridas durante el período en estudio influyeron para producir rendimientos inferiores al estimado cuando se consideró la reposición.

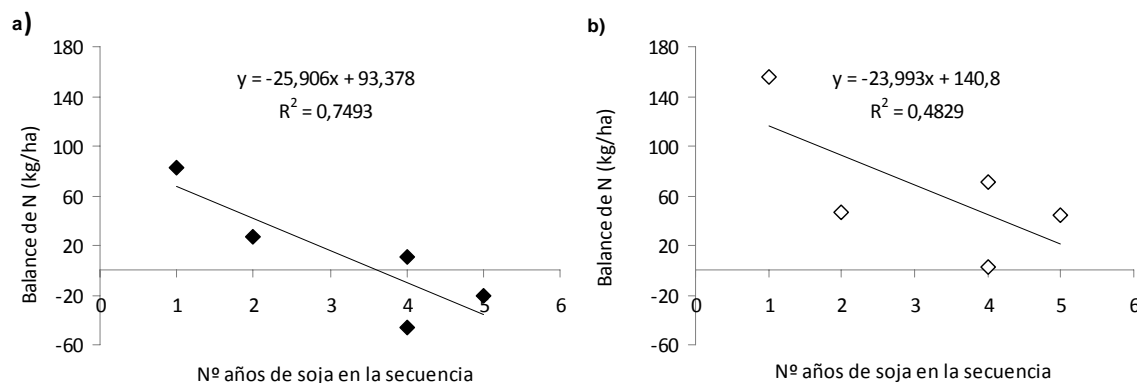


Figura 2. Balance de N y presencia de soja en la secuencia para 2 niveles de fertilización nitrogenada: FUA= fertilización de uso actual y FR= fertilización de reposición.

Resultó de singular importancia el número de años en los que intervino el cultivo de soja en la secuencia con relación al balance de N para FUA. Cuando las dosis de N aumentaron (FR) el efecto se redujo (fig.2 a y b).

La soja fue el cultivo que mayor desbalance de N produjo lo cual se explica por presentar un elevado porcentaje de proteína en los granos y recibir un bajo aporte de fertilizante nitrogenado. Este balance negativo se da aún considerando una fijación biológica de N (FBN) estimada en 50% de las necesidades del cultivo para la región (N.González, 2002). Esto corrobora lo analizado por distintos autores (Salvagiotti et al 2008; Gutierrez Boem y Scheiner, 2005) quienes sostienen que la demanda de N obtenida por FBN no es suficiente para reemplazar el N exportado con los granos dando balances de N negativos.

Estos valores coinciden con estimaciones sobre el consumo de nutrientes realizadas sobre una serie de ensayos ubicados en suelos de la región pampeana confirmando balances negativos de N en especial provocados a raíz de la expansión de la soja (Martellotto,2001; Ventimiglia,2000).

A través de los resultados obtenidos y coincidiendo con la AACS (2008), se propone la implementación de secuencias de cultivos que no impliquen balances negativos de nutrientes, estableciendo una adecuada programación de la fertilización insertándola en forma eficiente en la rotación y adecuando las dosis a los niveles de extracción producidos, especialmente en los nutrientes con mayor respuesta económica.

Conclusiones

Las condiciones ambientales ocurridas durante el período en estudio influyeron para producir rendimientos inferiores al estimado cuando se consideró la reposición. Esto produjo balances de P positivos para cada uno de los cultivos intervinientes y en el total de las secuencias.

El alto requerimiento de N del cultivo de soja provocó balances anuales negativos de ese elemento, aún considerando la FBN, cuando el cultivo fue incluido en cada secuencia como cultivo de primera. Cuando la soja intervino como cultivo de segunda, ese balance negativo fue compensado, en la mayoría de los casos, por el balance positivo del cultivo precedente.

Una mayor presencia de soja en la secuencia agrícola se relacionó con los menores valores logrados en el balance de N.

La soja debe ser insertada dentro de rotaciones adaptadas a las condiciones locales, debiendo considerarse al balance de nutrientes como una herramienta de gran utilidad para diagramar estrategias de fertilización en la secuencia.

Bibliografía

- ANDRADE, F.H. ; ECHEVERRIA, N. ; GONZALEZ, N. ; UHART, S. y DARWICH, N. 1996. Requerimientos de nitrógeno y fósforo de los cultivos de maíz, girasol y soja. Boletín Técnico Nro.134. EEA INTA Balcarce.
- ASOCIACION ARGENTINA DE LA CIENCIA DEL SUELO. 2008. Cuál es el impacto de la soja sobre el suelo?. Boletín de divulgación.
- CORDONE, G. y MARTINEZ F. 2004. El monocultivo de soja y el déficit de nitrógeno. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. Inpofos. Nro.24.
- DARWICH, N. 2003. El balance de nutrientes de la agricultura. Márgenes Agropecuarios Nro.217 (Pág. 24-25).
- FERRARIS, G. 2003. Nutrientes absorbidos por los cultivos pampeanos. EEA INTA Pergamino. En: Artículos técnicos. Página web Proyecto Fertilizar INTA.
- FORJAN,H. y MANSO,L. 2011. Estimaciones de superficie sembrada con cultivos de cosecha gruesa en la región. Campaña 2010/11. CEI Barrow. Carpeta de Actualización Profesional, CEI Barrow. Ed.INTA.
- GARCIA, F. 2009. Eficiencia de uso de nutrientes y mejores prácticas de manejo para la nutrición de cultivos de grano. En: García y Ciampitti (Eds). Simposio "Fertilidad 2009. IPNI Cono Sur-Fertilizar. Pp 9-18..

- GARCIA, F. 2003. Balance de nutrientes en la rotación: Impacto en rendimientos y calidad del suelo. 2º Simposio de Fertilidad y Fertilización en Siembra Directa. Aapresid, Proyecto Fertilizar e Inpofos.
- GARCIA,F. y M:F:GONZALEZ SAN JUAN. 2010. Balances de nutrientes en Argentina. Cómo estamos? Cómo mejoramos? Inf.Agronómicas del Cono Sur. IPNI N° 48.
- GONZALEZ, N. 2002. Nutrición nitrogenada del cultivo de soja. Uso de inoculantes. Actas de 19ª.Jornada de Actualización Profesional. INTA-FCA U..M..del Plata-CIAM.
- GUTIERREZ BOEM F. y SCHEINER,J. 2005. Soja In: Echeverría H.; García F, Ed. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Balcarce. Ediciones INTA, pp 283-300.
- INPOFOS. 2000. Requerimientos nutricionales de los cultivos. Archivo Agronómico Nro.3. (4 pág).
- MARTELLOTTO,E. ; SALAS, H. y LOVERA,E. 2001. Sustentabilidad de los sistemas agrícolas en la pcia. de Córdoba: Factores que la condicionan. Revista Fertilizar, 24: 18-22.
- PERTICARI,A.; ARIAS,N.; BAIGORRI,H.; DE BATTISTA,J.; LETT,L.; MONTECHIA,M.; PACHECO BASURCO,J.; SIMONELLA,A.; TORESANI,S.; VENTIMIGLIA,L. y VICENTINI,R. 2003. Inoculación y fijación biológica de N en el cultivo de soja. El libro de la Soja. Ed. E.Satorre. Sema.
- PICONE,L; CAPOZZI,I; ZAMUNER,E.; ECHEVERRIA,H Y SAINZ ROZAS H. 2007.Transformaciones de fósforo en un Molisol bajo sistemas de labranza contrastantes. Ci Suelo 25(2) 99-107.
- SAINZ ROZAS H. y H.E.Echeverría. 2008. Relevamiento de la concentración de fósforo asimilable en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana. Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. AACS.
- SALVAGIOTTI,F.; CASSMAN,K.; SPECHT,J.; WALTERS,D.; WEISS,A. Y DOBERMANN,A. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. Field Crops Research 108: 1-3.
- VENTIMIGLIA, L.; CARTA, H.G. y RILLO, S.N. 2000. Exportación de nutrientes en campos agrícolas. Rev.Informaciones agronómicas para el Cono sur Nro.7. INPOFOS.