

Soja: Criterios para la fertilización del cultivo

Fernando O. García
INPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur
Av. Santa Fe 910 – (B1641ABO) Acassuso – Argentina
fgarcia@inpofos.org

La soja es el principal cultivo de grano de Argentina desde mediados de la década del '90, cuando superó la producción de trigo y maíz. Este sostenido incremento en la producción se ha basado fundamentalmente en el aumento del área sembrada en la región pampeana, desplazando al maíz y al girasol, y en regiones extrapampeanas, ya sea desplazando a otros cultivos o abriendo nuevas áreas a la producción. El rendimiento promedio nacional evolucionó a una tasa menor que el área sembrada con ganancias anuales de 59 kg/ha/año para el período 1991-2002, aunque esta tasa se incrementó a partir de la campaña 1998 (106 kg/ha/año en el período 1998-2002).

La generación de una mayor rentabilidad en la producción de cultivos se basa en el aumento de los rendimientos que permiten incrementar los márgenes de ganancia y reducir los costos por tonelada de grano producida. En el caso de la soja, los rendimientos potenciales para las distintas zonas de producción y, por ende, a nivel país aún no han sido alcanzados. Si bien las técnicas de manejo han mejorado en los últimos años (variedades, fechas de siembra, control de malezas, cosecha, etc.), el uso de fertilizantes en este cultivo ha sido muy escaso, limitándose a aplicaciones de fertilizantes de arranque en el mejor de los casos. Resultados de investigaciones realizadas en la región pampeana demuestran la potencialidad de respuesta del cultivo ante situaciones de deficiencia de nutrientes tales como, por ejemplo, fósforo (P) y azufre (S) (ver sitio Internet de INPOFOS www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltams.nsf, INTA, AACREA, AAPRESID, Proyecto Fertilizar, y otros).

Por otra parte, la expansión de la soja y la reducida aplicación de fertilizantes en el cultivo han generado balances negativos para los nutrientes del suelo. Estos desbalances nutricionales resultan en la degradación de la fertilidad de los suelos. Un ejemplo evidente lo constituye la zona centro-sur de Santa Fe donde el fuerte desarrollo del cultivo de soja, sumado a los efectos de la erosión, redujo drásticamente los contenidos de materia orgánica y fósforo disponible en los suelos.

La remoción de nitrógeno (N), P, potasio (K) y S en un cultivo de soja de 4000 kg/ha de rendimiento equivale a 260, 132, 156 y 79 kg/ha de urea, superfosfato triple, cloruro de potasio y sulfato de amonio, respectivamente. Debe aclararse que en estas estimaciones se ha descontado un 50% del N del grano considerando que esta cantidad es aportada vía fijación simbiótica. Para la cosecha 2002/03, estimada en 35 millones de t, la remoción de N, P, K y S sería equivalente a 2.3, 1.1, 1.4 y 0.7 millones de t de urea, superfosfato triple, cloruro de potasio y sulfato de amonio, respectivamente. En términos económicos, esta exportación de N, P, K y S en granos equivaldría a aproximadamente 1300 millones de dólares.

La degradación resultante a partir de la descapitalización de nutrientes en los suelos afecta la productividad de la soja y de otros cultivos en el corto plazo en zonas con historia agrícola más prolongada, mientras que estos efectos se observarán a mediano plazo en áreas de menor "agriculturización" y "sojización".

En síntesis, la fertilización en soja se plantea a partir de la necesidad de mejorar los rendimientos y la rentabilidad del cultivo, y los balances de nutrientes en los suelos para mantener y/o mejorar su capacidad de producción.

En este trabajo se discuten aspectos relacionados con la nutrición del cultivo y el manejo de la fertilización para el logro de altos rendimientos a partir de experiencias realizadas por distintos grupos de investigación y experimentación en los últimos años.

1. Requerimientos nutricionales del cultivo

Los cultivos tienen requerimientos específicos y absolutos, los cuales deben ser satisfechos para alcanzar altos rendimientos. Radiación, agua, tiempo de crecimiento y nutrición son los principales requerimientos a ser cubiertos. En el caso de la soja, el objetivo es desarrollar un cultivo con óptimo estado a floración (R1-2 según Fehr y Caviness, 1977) que permita interceptar eficientemente toda la radiación incidente y maximizar la tasa de acumulación de materia seca

durante el período de llenado de granos (Vasilas et al., 1995). Para alcanzar este objetivo, entre otros factores, el cultivo debe cubrir sus necesidades nutricionales.

En la Tabla 1 se indican los requerimientos nutricionales promedio para producir una tonelada de grano de soja, el índice de cosecha de los distintos nutrientes y, a modo de ejemplo, las necesidades totales y extracción en grano para un rendimiento de 4000 kg/ha. Los valores indicados en esta Tabla son orientativos ya que se observa una marcada variabilidad en la información de las distintas referencias.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales e índice de cosecha de nutrientes en soja¹.

Nutriente	Requerimiento	Índice de cosecha del nutriente	Rendimiento de 4000 kg/ha	
			Necesidad	Extracción
	kg/ton grano		kg/ha	kg/ha
Nitrógeno	80	0.75	320	240
Fósforo	8	0.84	32	27
Potasio	33	0.59	132	78
Calcio	16	0.19	64	12
Magnesio	9	0.30	36	11
Azufre	7	0.67	28	19
	g/ton grano		g/ha	g/ha
Boro	25	0.31	100	31
Cloro	237	0.47	948	446
Cobre	25	0.53	100	053
Hierro	300	0.25	1200	300
Manganeso	150	0.33	600	198
Molibdeno	5	0.85	20	17
Zinc	60	0.70	240	168

¹ Estimaciones promedio a partir de numerosas referencias bibliográficas.

En general, el cultivo de soja presenta requerimientos nutricionales por kg de grano producido e índices de cosecha de nutrientes mayores que los cereales. Por ejemplo, la soja exporta 80-85% y 55-60% del P y K que absorbe, mientras que trigo y maíz exportan 70-75% y 20-25% del K absorbido.

En cuanto a los nutrientes secundarios, la soja presenta requerimientos de S superiores a los de trigo y maíz, y para una eficiente fijación biológica de nitrógeno (FBN) requiere de micronutrientes tales como molibdeno (Mo), cobalto (Co), níquel (Ni), boro (B), hierro (Fe) y manganeso (Mn) (Baigorri, 1999; Yamada, 1999).

2. Deficiencias nutricionales y respuestas a la fertilización

En general, los suelos en los que se cultiva soja en Argentina presentan deficiencias de N y P. En los últimos años, se han observado deficiencias de S y, en algunas zonas, de micronutrientes, fundamentalmente a partir de la intensificación de la agricultura (mayores rendimientos y reducción de períodos bajo pastura).

El análisis de suelo es la herramienta básica y fundamental para determinar los niveles de fertilidad de cada lote y diagnosticar la necesidad de fertilización. Es importante conocer las características climáticas de la zona, del suelo y su manejo y del manejo del cultivo para definir el plan de fertilización.

Nitrógeno

Si bien la soja presenta requerimientos muy elevados de N, una gran parte de este requerimiento es cubierto, vía FBN, a través de la simbiosis soja - *Bradyrhizobium*. La evolución de la FBN esta relacionada con la tasa de acumulación de carbono (C) (Purcell, 1999), por lo tanto, las limitaciones nutricionales que afecten el crecimiento del cultivo afectarán la tasa de acumulación de

N (Yamada, 1999). Por otro lado, numerosos nutrientes intervienen directamente en el proceso de fijación, por ejemplo magnesio (Mg), Mo, Fe y Co (Purcell, 1999).

En la región pampeana se han determinado aportes de N por FBN del orden del 30-70% de las necesidades totales de N del cultivo dependiendo del nivel de fertilidad nitrogenada del suelo y las características climáticas de la estación de crecimiento (González, 1996). Por lo tanto, la inoculación de la semilla es una práctica indispensable para lograr una adecuada provisión de N para el cultivo. En lotes con cultivos de soja previos se ha observado respuesta a la inoculación del orden de 155 a 215 kg/ha (EEA INTA Oliveros, citado por Darwich, 1999) y de 150-527 kg/ha (M. Devani y col., EEA Obispo Colombes, Tucumán). En la región de los Cerrados en Brasil se han reportado respuestas a la reinoculación de 80 a 368 kg/ha (Vargas et al., 1993).

Debe tenerse en cuenta que el aporte vía FBN en soja no siempre resulta en un balance positivo de N para el suelo. Un cultivo de 4000 kg/ha de rendimiento requiere 320 kg/ha y exporta aproximadamente 240 kg/ha de N. Si consideramos un aporte de 50% del N total acumulado vía fijación simbiótica, es decir 160 kg/ha de N, la extracción neta de N del suelo (suministrado por el N disponible a la siembra y/o mineralizado a partir de la fracción orgánica) sería de 80 kg/ha de N.

La FBN es más eficiente con niveles bajos de disponibilidad del nutriente en el suelo. Altos niveles de N en el suelo por acumulación durante el barbecho o por fertilización resultan en menores cantidades de N fijado vía FBN. Si bien en algunas evaluaciones, en especial en cultivos de segunda bajo siembra directa, se han observado respuestas a aplicaciones reducidas de N a la siembra (Pablo Calviño, com. pers.), evaluaciones realizadas en el centro-norte de Buenos Aires (Scheiner et al., 1999) y el sur de Santa Fe (Bodrero et al., 1984) indican que si el establecimiento de la simbiosis es exitoso, la soja no responde a la fertilización nitrogenada.

Las experiencias con fertilizaciones durante el período reproductivo, destinadas a proveer N durante el llenado de grano cuando la actividad de los nódulos disminuye, han mostrado resultados variables según la oferta de N del suelo, el estado y crecimiento del cultivo y el rendimiento obtenido (Wesley et al., 1998; Scheiner et al., 1999; Ventimiglia et al., 1999).

Fósforo

La respuesta de los cultivos a la fertilización fosfatada depende del nivel de P disponible en el suelo, pero también es afectada por factores del suelo, del cultivo y de manejo del fertilizante. Entre los factores del suelo, se destacan la textura, la temperatura, el contenido de materia orgánica y el pH; mientras que entre los del cultivo deben mencionarse los requerimientos y el nivel de rendimiento. El diagnóstico de la fertilización fosfatada se basa en el análisis de muestras de suelo del horizonte superficial utilizando un extractante adaptado a los suelos del área en evaluación. En Argentina, en general, el extractante utilizado es Bray 1.

La soja se caracteriza por presentar niveles críticos de P en suelo, por debajo de los cuales se observan respuestas significativas a la fertilización, menores a los de otros cultivos tales como alfalfa, trigo y maíz. Esta diferencia ha sido atribuida, entre otras causas, a cambios generados en el ambiente rizosférico del cultivo y al alto costo energético de los granos de soja (aceite + proteína).

Melgar et al. (1995) recopilaron la información de 65 ensayos realizados en el país y encontraron un 70% de probabilidad de obtener respuestas de 300 kg/ha o superiores en suelos con menos de 9 ppm de P Bray y una probabilidad del 40% de obtener respuestas de 200 kg/ha o superiores en suelos con 9 a 14 ppm de P Bray. Los mayores rendimientos obtenidos en los últimos años han resultado en una mayor demanda de P con respuestas en rendimiento en suelos de mayor nivel de P disponible (10-12 ppm P Bray 1) (Parra, 1997; Avellaneda et al., 1999; Melgar y Lavandera, 1999; Sánchez y Lizondo, 1999; Scheiner et al., 1999; Vivas, 1999; Barbagelata et al., 2002; Díaz Zorita et al., 2002) (Fig. 1). La Fig. 2 muestra la eficiencia de uso del P aplicado como fertilizante en 47 ensayos en la región pampeana según el contenido de P Bray en el suelo. Considerando una eficiencia de indiferencia de 11 kg de soja por kg de P aplicado, los suelos con niveles de P Bray menor de 12-13 ppm presentarían respuestas rentables a la fertilización fosfatada.

La Tabla 2 muestra la recomendación de fertilización fosfatada para los suelos del sudeste bonaerense de acuerdo al nivel de P Bray y rendimiento esperado (Echeverría y García, 1998). Estas recomendaciones incluyen, en forma parcial, el criterio de reconstrucción para los niveles muy bajos de P disponible, y de mantenimiento para niveles de P disponible superiores a los 13 mg/kg. En el doble cultivo trigo-soja, la aplicación de P para la soja de segunda puede realizarse al

momento de la fertilización fosfatada del trigo aprovechando la residualidad de P en los suelos de la región pampeana. La dosis de fertilizante fosfatado a utilizar debería ser la suma de lo necesario para ambos cultivos.

Tabla 2. Recomendaciones de fósforo para soja según el contenido de P Bray en el suelo y el rendimiento esperado (Echeverría y García, 1998).

Rendimiento ton/ha	Concentración de P Bray en el suelo (mg/kg)				
	Menos 4	4-6	6-8	8-11	11-16
2	19	14	12	10	
2.5	21	17	15	13	
3	24	20	17	16	11
3.5	27	22	20	18	14
4	29	25	23	21	16
4.5	32	28	25	24	19

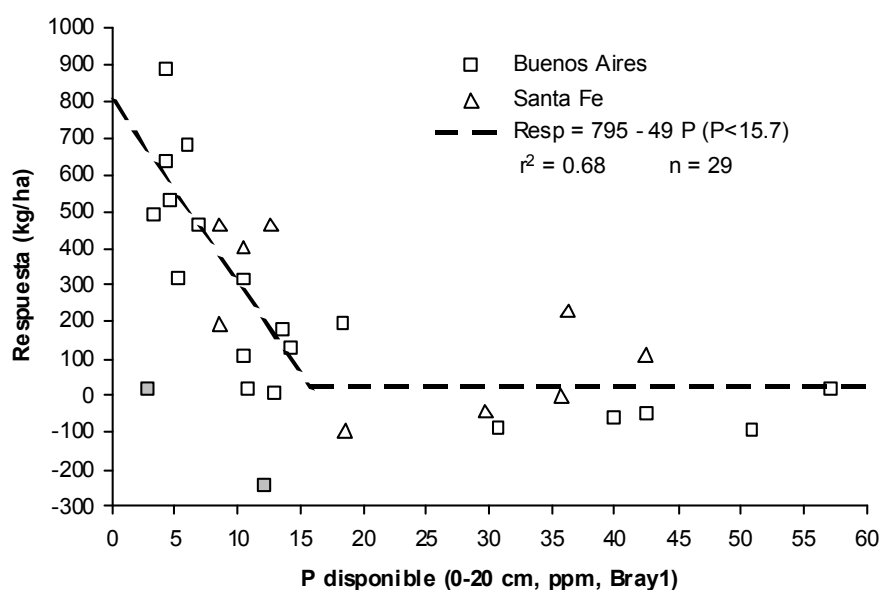


Fig. 1. Respuesta a la fertilización fosfatada (20 kg/ha de P a la siembra), en función del nivel de P disponible en el suelo (Bray 1) para 31 ensayos en las Provincias de Santa Fe y Buenos Aires, Campañas 2000/01 y 2001/02. Red de Ensayos Proyecto INTA Fertilizar (Díaz Zorita et al., 2002).

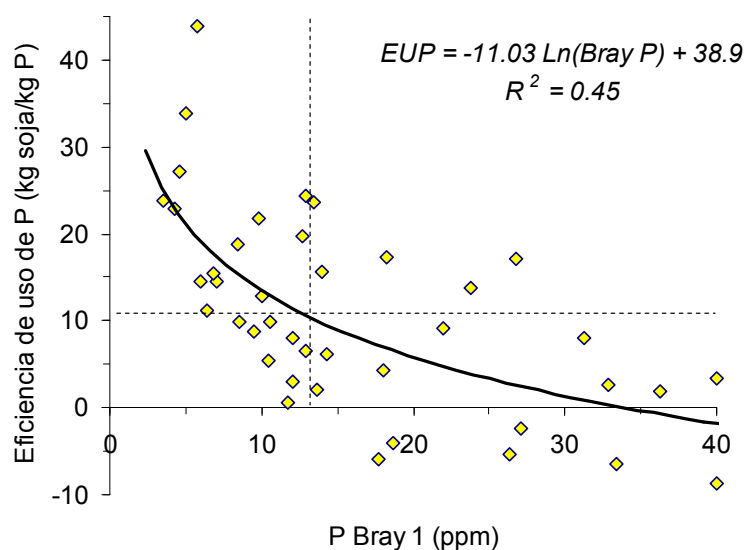


Fig. 2. Eficiencia de uso de fósforo en soja en función del contenido de P Bray en el suelo para 47 ensayos en la Región Pampeana Argentina (1997-2001). Elaborado a partir de información de INTA, Proyecto INTA Fertilizar y FA-UBA. La línea horizontal indica una eficiencia de uso de 11 kg de soja por kg de P aplicado y la vertical el nivel crítico estimado de 12-13 ppm de P Bray en suelo.

Azufre

El S es un nutriente poco móvil en la planta, por lo que sus deficiencias suelen observarse inicialmente en las hojas jóvenes que se presentan amarillentas o cloróticas. Cuando las deficiencias son severas, la clorosis se generaliza y las deficiencias de S pueden ser confundidas con las de N. En general, las situaciones comunes en las que se encuentran deficiencias de S son: 1) suelos arenosos de bajo contenido de materia orgánica; 2) sistemas de cultivo intensivo, suelos degradados; 3) uso de fertilizantes con menor contenido de S, 4) control de contaminación ambiental, menor aporte atmosférico de S y; 5) exceso de precipitaciones y/o riego (Tisdale et al., 1993). En los últimos años se han observado respuestas a la fertilización azufrada en soja y en otros cultivos (maíz, trigo, canola, alfalfa, pasturas) en la región pampeana, principalmente en el centro y sur de Santa Fe, sudeste de Córdoba, centro, oeste y norte de Buenos Aires y este de La Pampa; y en cultivos de soja en el noroeste (Tucumán-Catamarca).

En el centro-sur de Santa Fe, las respuestas se observan principalmente en suelos degradados, con muchos años de agricultura continua (especialmente soja), y con historia de cultivos de alta producción con fertilización nitrogenada y fosfatada (Martínez y Cordone, 1998). Estas condiciones definen los ambientes de mayor probabilidad de respuesta a la fertilización azufrada. Las respuestas en soja han sido observadas tanto en cultivos de siembra de primera con aplicaciones directas (Fig. 3), como en cultivos de segunda con aplicaciones de S en el cultivo antecesor, generalmente trigo (Fig. 4).

La Tabla 3 y la Fig. 5 muestran los efectos de la fertilización azufrada en aplicaciones directas en soja de primera en el centro-norte de Buenos Aires y el sudoeste y centro de Santa Fe. Es importante destacar que las repuestas al agregado de S se verifican, en suelos con muchos años de agricultura y cuando el nivel de P disponible es elevado o cuando se aplica P. Esta interacción positiva PS se verifica en los resultados observados en los ensayos de Junín y Teodelina (Tabla 3).

Si bien hay claros indicios de cuales son los ambientes de respuesta a la fertilización azufrada (Martínez y Cordone, 2000; Díaz Zorita et al., 2002), investigaciones futuras deberán integrar diferentes mediciones del suelo y del ambiente a los fines de contar con sistemas de diagnóstico confiables y precisos para la fertilización azufrada en todas las situaciones de manejo y cultivo.

Las dosis de S recomendadas varían, según el nivel de rendimiento esperado y la historia agrícola del lote, entre 10 y 15 kg/ha de S en soja de primera y entre 15 y 20 kg/ha de S en

aplicaciones en trigo para el doble cultivo trigo/soja. En lotes con varios años de aplicación de S, se requieren dosis menores, probablemente por el efecto residual de las fertilizaciones previas (F. Martínez y G. Cordone, INTA Casilda, com. pers.).

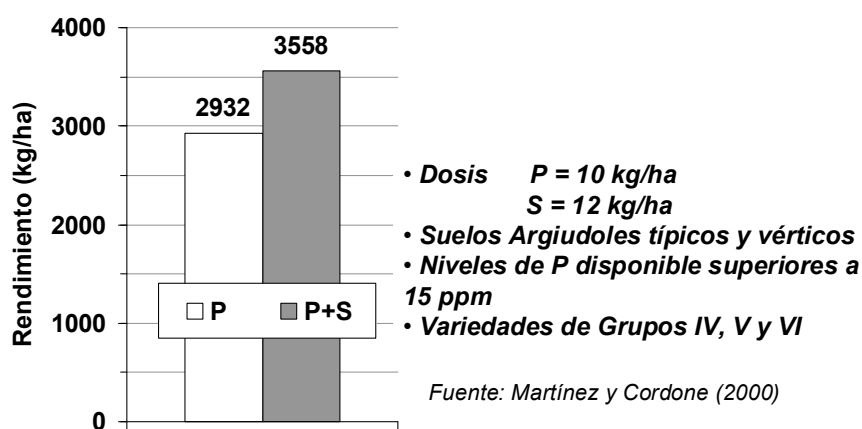


Fig. 3. Rendimientos de soja de primera sin y con aplicación de azufre en la región Centro-Sur de Santa Fe. Promedios de seis sitios, Campaña 1998/99. (Martínez y Cordone, 2000).

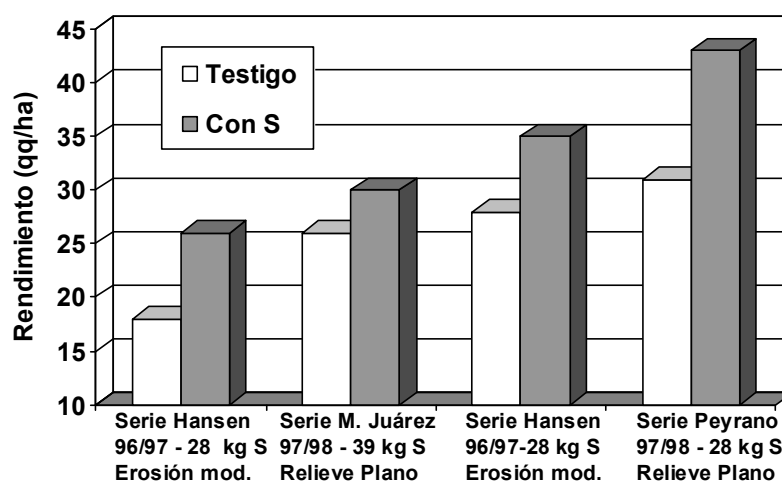


Fig. 4. Rendimientos de soja de segunda sin y con aplicación de azufre en el cultivo de trigo antecesor en cinco ambientes del Sur de Santa Fe y Córdoba. (Martínez y Cordone, 1998).

Tabla 3. Rendimientos de soja con distintos tratamientos de fertilización fosfatada y azufrada en ensayos realizados en Junín y Gral. Viamonte (Buenos Aires) (Scheiner et al., 1999) y Teodelina (Santa Fe) (Avellaneda et al., 1999).

Tratamiento	Rendimiento de Soja		
	Junín	Gral. Viamonte	Teodelina
Testigo	2604	3566	3913
P	2883	3727	-
S	2596	3756	4252
PS	3272	3777	4535

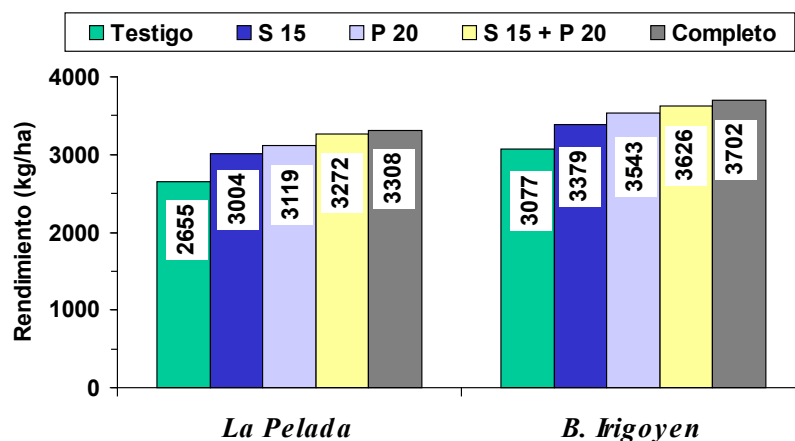


Fig. 5. Rendimientos de soja de primera con distintos tratamientos de fertilización en dos ensayos en el centro de Santa Fe. El tratamiento Completo incluyó la aplicación de P, S, K, Mg, B, Cu y Zn. Información de H. Vivas y H. Fontanetto, EEA INTA Rafaela, Campaña 2000/01.

Otros nutrientes

Las experiencias realizadas en los últimos años no han mostrado respuestas consistentes y/o generalizadas a la aplicación de otros nutrientes más allá de N, P y S (Fig. 5 y 6). Los nutrientes "no convencionales" (otros nutrientes que no sean N, P y S) que han demostrado mayores posibilidades de respuesta en soja son boro, magnesio, molibdeno y cobre.

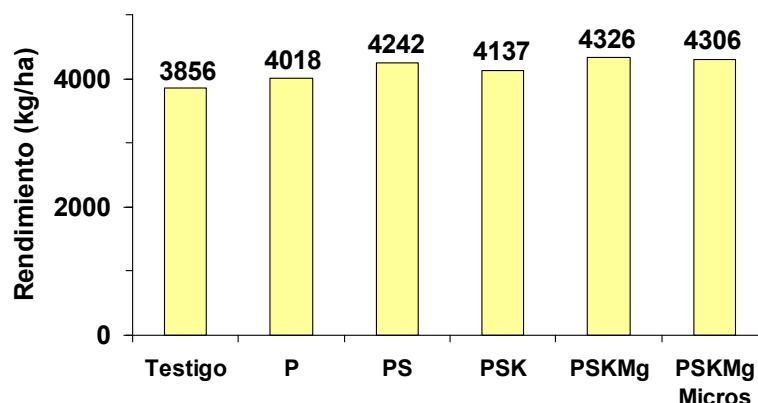


Fig. 6. Rendimientos de soja de primera con distintos tratamientos de fertilización con fósforo (P), azufre (S), potasio (K), magnesio (Mg) y micronutrientes (Micros). Promedio de 10 ensayos en región pampeana de la Red de AAPRESID-INTA-INPOFOS. Campaña 2001/02.

Los suelos de la Región Pampeana se consideran bien provistos de K. Los lotes con mayor frecuencia de soja en la rotación serán los que muestren mayor disminución de K disponible, por el alto requerimiento e índice de cosecha de K. En la región sojera de EE.UU., se indican niveles críticos de K extractable del suelo de 100 a 150 ppm (0.25-0.4 meq/100 g) según la capacidad de intercambio catiónico (Vitosh et al, 1996); mientras que en el sur de Brasil, los niveles críticos indicados son de 80-120 ppm K (0.2-0.3 meq/100g) (Comissao de Fertilidade do Solo RS/SC, 1994).

La disponibilidad original de calcio (Ca) y Mg de los suelos pampeanos es elevada. La intensificación de la agricultura ha resultado en la disminución de los niveles de bases y pH en algunos suelos, especialmente en el Norte de la región, con respuestas significativas a la aplicación de enmiendas calcáreas y/o dolomíticas en alfalfa y soja. Los altos niveles de K en el complejo de

intercambio podrían resultar en deficiencias inducidas de Mg según lo sugiere la bibliografía internacional.

La disponibilidad de micronutrientes en suelos pampeanos ha sido considerada adecuada en general (Sillanpaa, 1982), sin embargo, en los últimos años se han observado respuestas y deficiencias en algunas situaciones. Se han determinado bajos niveles de B, Zn y Cu en suelos y plantas de girasol, maíz y trigo. De estos tres elementos, B y Cu serían los primeros a considerar para el cultivo de soja.

El Mo es un nutriente de gran importancia en la simbiosis soja-*Bradyrhizobium* por formar parte de la enzima nitrogenasa que cataliza la reducción del N₂ atmosférico. Sfredo et al. (1997) reportan respuestas en rendimiento de 540 kg/ha (20% sobre el tesigo) a la aplicación de Mo vía semilla en trabajos realizados en Paraná (Brasil). Estos autores recomiendan el uso de 12-25 g/ha de Mo y de 1-5 g/ha de Co, por su importancia en la FBN, en aplicaciones con las semillas, conjuntamente con inoculantes y funguicidas.

El análisis foliar constituye una herramienta de gran utilidad en el diagnóstico de la deficiencia de nutrientes, especialmente los “no convencionales”. La Tabla 4 muestra niveles críticos de nutrientes en hojas de soja en floración reportados por diferentes autores. La información de EMBRAPA (1998) es orientativa para zonas de producción de soja de Brasil. Los datos de Martins (citado por Yamada, 1999) corresponden a la media de lotes de la zona de los Cerrados de Brasil con producción promedio superior a 3600 kg/ha. Los datos de Flannery (1989) corresponden a parcelas de alto rendimiento en EE.UU. Los tenores críticos de nutrientes en hoja varían de acuerdo a la zona de producción y nivel de rendimiento objetivo, por lo tanto, es necesario desarrollar bases de datos que establezcan los tenores críticos para distintas situaciones regionales y condiciones de producción. El análisis foliar debe ser considerado como una herramienta de monitoreo, que permite saber si la nutrición del cultivo fue adecuada y si se deben planificar cambios en el sistema de manejo para próximos cultivos.

Tabla 4. Tenores críticos de nutrientes en hojas de soja según distintos autores. Muestras de hojas del primer trifolio superior maduro al inicio o plena floración (Estado R1-R2).

Nutriente	EMBRAPA (1998)	Martins (1998) 3600 kg/ha	Flannery (1989) 7963 kg/ha
		----- g/kg -----	
Nitrógeno	45-55	46.4	53.3
Fósforo	2.6-5.0	2.5	3.6
Potasio	17-25	18.7	21.9
Calcio	3.6-20.0	7.9	10.2
Magnesio	2.6-10.0	3.3	3.3
Azufre	2.1-4.0	2.5	2.4
		----- mg/kg -----	
Boro	21-55	51	46
Cobre	10-30	8	12
Hierro	51-350	100	144
Manganeso	21-100	35	30
Molibdeno	1-5	-	-
Zinc	21-50	45	48

3. Manejo de la fertilización: Fuentes, forma y momento de aplicación

Las fuentes de P solubles (fosfatos di y monoamónico, superfosfatos triple y simple y mezclas físicas o químicas) presentan similar comportamiento cuando son aplicados a dosis equivalentes de P. Las fuentes de P de baja solubilidad, como la roca fosfórica, requieren ser aplicadas con anticipación para permitir la liberación del P y son recomendadas para suelos de pH menor de 6.

Las fuentes azufradas que contienen el S como sulfato no presentan diferencias entre si, cuando se emplean a dosis equivalentes de S. La aplicación de fuentes con S elemental debe realizarse con anticipación, ya que el S debe oxidarse a sulfatos, dependiendo el tiempo necesario del tamaño de partícula del fertilizante y las condiciones climáticas y de suelo.

En cuanto a la forma de aplicación de fertilizantes, sería recomendable evitar la aplicación junto con la semilla dada la susceptibilidad de la soja y, en particular, de las bacterias de los inoculantes aplicados sobre la semilla a los efectos fitotóxicos generados por la disolución de los fertilizantes (salinidad, pH, amoníaco). Estos efectos sobre la semilla y las bacterias dependen del fertilizante utilizado, y el tipo y la humedad del suelo. Los fertilizantes deberían colocarse a unos 3-5 cm de la línea de siembra. Experiencias realizadas en los últimos años en Iowa (EE.UU.) y por el INTA Paraná en Entre Ríos, indican que la aplicación de fertilizantes fosfatados al voleo bajo siembra directa con una anticipación de al 60-80 días a la siembra de la soja, puede resultar en respuestas similares a las obtenidas con aplicaciones en línea a la siembra. Las aplicaciones de fertilizantes azufrados al voleo son eficientes dada la movilidad del anión sulfato en el suelo.

La amplia disponibilidad de fertilizantes con P y S bajo formas simples o mezclas físicas y químicas en el mercado argentino facilita la toma de decisión acerca de la elección de la fuente, forma y momento de aplicación, siendo el costo por unidad de nutriente aplicada un factor de importancia en este aspecto.

En párrafos anteriores se mencionó la residualidad de P en suelos molisoles que predominan en el área sojera argentina, así como también la residualidad de las aplicaciones de S en trigo sobre la soja de segunda. Numerosas evaluaciones realizadas en los últimos años han demostrado que la fertilización con P y S puede hacerse para los dos cultivos al momento de aplicación para el trigo (García et al., 2001; Cordone y Martínez, 2002; Díaz Zorita et al., 2002). La Fig. 7 muestra los resultados de un ensayo de trigo/soja realizado en la campaña 2001/02 por INTA Cañada de Gómez donde se comparan distintos tratamientos de aplicación de N, P y S aplicados en trigo y en soja. Los rendimientos de soja de segunda son similares en los tratamientos con el P y el S aplicados al trigo o divididos, a la siembra del trigo y a la siembra de la soja.

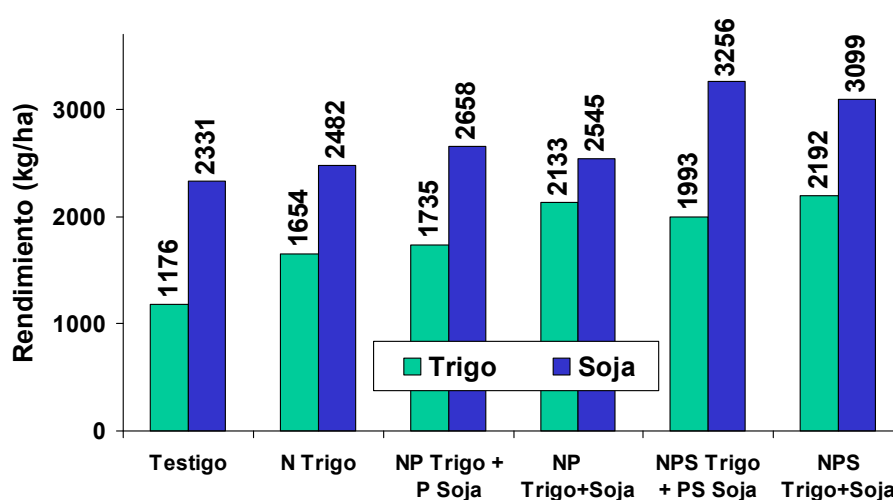


Fig. 7. Rendimientos de trigo y soja con distintos tratamientos de fertilización con nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S). Fuente: G. Gerster y O. Novello, INTA Cañada de Gómez, Santa Fe. Red de Ensayos Proyecto INTA Fertilizar (Díaz Zorita et al., 2002). Análisis de suelo (0-20 cm): MO 2.41%; pH 5.7; P Bray 14.4 ppm; y S-SO₄ 8.0 ppm. Dosis de N = 55 kg/ha; P = 30 kg/ha; S = 20 kg/ha. Campaña 2001/02.

Referencias

- Avellaneda J., Agustín Avellaneda, L. Caballero y F. García. 1999 Ensayo de fertilización de soja Establecimiento "San Marcelo", Teodelina (Santa Fe) - Campaña 1998/99. *En* Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilización de Soja". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires. 39 pág.
- Baigorri H. 1999. Requerimientos nutricionales del cultivo de soja. *En* Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilización de Soja". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires. 39 pág.
- Barbagelata P., R. Melchiori y O. Paparotti. 2002. Phosphorus fertilization of soybeans in clay soils of Entre Ríos province. *Better Crops International*, 16 (1):3-5.
- Bodrero M., R. Martignone y L. Macor. 1984. Efecto de la fertilización nitrogenada en soja. *Ciencia del Suelo* 2:212-214.

- Comissao de Fertilidade do Solo RS/SC. 1994. Recomendacao de adubacao e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Nucleo Regional Sul, Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. Santa Maria, RS, Brasil.
- Cordone G. y F. Martínez. 2002. Efecto de la aplicación de azufre y distintas dosis de nitrógeno sobre el rendimiento del doble cultivo trigo/soja. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 13:14-16. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Darwich N. A. 1999. Cómo lograr altos rendimientos en soja. Cyanamid Arg. S.A. Buenos Aires. 54 pág.
- Díaz Zorita M., F. García y R. Melgar (coord.). 2002. Fertilización en soja y trigo-soja: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. *Boletín Proyecto Fertilizar*. EEA INTA Pergamino. 44 pag.
- Echeverría H. y F. Garcia. 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. *Boletín Técnico* No. 149. EEA INTA Balcarce.
- EMBRAPA-CNPSoja. 1998. Recomendacoes tecnicas para a cultura da soja na regio central do Brasil 1998/99. EMBRAPA-CNPSoja. 182 pág.
- Fehr W. y C. Caviness. 1977. Stages of soybean development. Spec. Report No. 80. Coop. Ext. Ser., Iowa State University. Ames, Iowa, EE.UU.
- Flannery R. 1989. The use of maximum yield research technology in soybean production. *In* R. Munson (ed.). *The physiology, biochemistry, nutrition and bioengineering of soybeans: Implications for future management*. PPI/PPIC. pág. 160-174.
- García F., H. Fontanetto y H. Vivas. 2001. La fertilización del doble cultivo trigo/soja. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 10:14-17. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- González N. 1996. Fijación de nitrógeno. *En* Curso de Actualización "Dinámica de nutrientes en suelos agrícolas". EEA INTA Balcarce.
- Martínez F. y G. Cordone. 1998. Fertilización azufrada en soja. *Jornadas de Azufre*. UEEA INTA Casilda, Septiembre 1998. Casilda, Santa Fe, Argentina.
- Martínez F. y G. Cordone. 2000. Avances en el manejo de azufre: Novedades en respuesta y diagnóstico en trigo, soja y maíz. *In* Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2000". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Melgar R., E. Frutos, M. Galetto y H. Vivas. 1995. El análisis de suelos como predictor de la respuesta de la soja a la fertilización fosfatada. 1er. Congreso Nacional de Soja y 2da. Reunión Nacional de Oleaginosas. AIANBA. Pergamino. Tomo 1, pág. 167-174.
- Melgar R., y J. Lavandera. 1999. Resultados de los ensayos de fertilización en soja. Campaña 1998/99. *En* Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilización de Soja". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires. 39 pág.
- Parra R. 1997. Fertilización fosfatada en el cultivo de soja y residualidad en una secuencia de cultivos en el norte santafesino. *Pub. Misc. No. 12*. EEA INTA Reconquista. Santa Fe, Argentina.
- Purcell L. 1999. Physiology, nutrition and fertilization of soybeans in the United States. *Anales Simposio "Monitoramiento nutricional para la recomendación de fertilización de cultivos"*. POTAFOS. Piracicaba, SP, Brasil.
- Sánchez H. y R. M. Lizondo. 1999. Respuesta de la soja a la fertilización fosfatada en el área de granos de la Provincia de Tucumán. *Actas Mercosoja 99*. CIASF-AIANBA. Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Scheiner J., F. Gutiérrez Boem y R. Lavado. 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.
- Sfredo G. y colaboradores. 1997. Molibdenio e cobalto na cultura da soja. EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica 16. Londrina, Parana, Brasil.
- Sillanpaa M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: A global study. *FAO Soils Bull.* 48. FAO, Organización de Naciones Unidas, Roma, Italia.
- Tisdale S., W. Nelson, J. Beaton y J. Havlin. 1993. *Soil fertility and fertilizers*. 5ª. Edicion. Mac Millan Pub. Co. New York, EEUU.
- Vargas M., C. Mendes, A. Shet y J. Rodrigues Peres. 1993. Fixacao biologica do nitrogenio. *In* N. Arantes y P. de Souza (ed.). *Cultura da soja nos Cerrados*. POTAFOS. Piracicaba, SP, Brasil.
- Vasilas B. R. Nelson, J. Fuhrmann y T. Evans. 1995. Relationship of nitrogen utilization patterns with soybean yield and seed-fill period. *Crop Sci.* 35:809-813.
- Ventimiglia L., H. Carta y S. Rillo. 1999. Fertilización foliar nitrogenada complementaria. *Agromercado*, Cuadernillo No. 40. Buenos Aires, Argentina.
- Vivas H. 1999. Residualidad de la fertilización fosfatada y su influencia en la producción de soja y en la rotación. *En* Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilización de Soja". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires. 39 pág.
- Wesley T., R. Lamond, V. Martin y S. Duncan. 1998. Effects of late season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition. *J. Prod. Agric.* 11:331-336.
- Vitosh M., J. Johnson, y D. Mengel (ed.). 1996. *Tri-state fertilizer recommendations for corn, soybeans, wheat and alfalfa*. Extension Bulletin E-2567. Michigan State University. EE.UU.
- Yamada T. 1999. Adubacao balanceada da soja. *En* Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilización de Soja". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires. 39 pág.