

## EFFECTO DE LA FERTILIZACION FOSFORADA Y NITROGENADA EN SOJA EN EL CENTRO-OESTE BONAERENSE (ARGENTINA)

J D SCHEINER, D F ALVAREZ RENZI, R S LAVADO, S I TORRI

Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, 1417 Buenos Aires, Argentina

### EFFECTS OF PHOSPHORUS AND NITROGEN FERTILIZATION ON SOYBEAN IN MID-WEST BUENOS AIRES PROVINCE (ARGENTINA)

Results of soybean fertilization in Argentina are usually inconsistent. We studied dry matter production and composition of soybean fertilized with nitrogen and phosphorus. The experiment was performed in Bragado (Bs.As., Argentina) on a no-tilled Typic Hapludoll. The treatments were control and fertilized with 100 kg ha<sup>-1</sup> of PDA, in bands at sowing. The addition of nutrients did not affect nitrogen concentration but increased phosphorus concentration in plant tissues. Fertilization affected root distribution but not root biomass, and increased grain yield. Soil available phosphorus at harvest was higher in the fertilized plots.

**Key words:** Soybean - Phosphorus - Nitrogen - No-tillage - Typic Hapludoll

### INTRODUCCION

Los Argiudoles y Hapludoles de la Región Pampeana son suelos de muy alta fertilidad. Esta fue una de las razones por las cuales durante años se cultivaron sin uso de fertilizantes (Hall *et al.* 1992). En los últimos tiempos, sin embargo, se ha observado una pronunciada caída en los niveles de fósforo disponible en zonas consideradas previamente bien provistas (Darwich 1990). Por ese motivo, en la actualidad la fertilización fosforada asume primordial importancia. Sin embargo, los resultados de fertilización fosforada en soja suelen ser contradictorios en distintas partes del mundo (Blanchet *et al.* 1989) así como en la Argentina (Bodrero *et al.* 1989).

Los requerimientos de nitrógeno de la soja son cubiertos a través de su absorción a partir del suelo y de la fijación simbiótica. La capacidad fijadora varía entre 30 y 200 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, lo que representa un 30-80% del nitrógeno requerido por la planta (George *et al.* 1993, Peoples *et al.* 1995). En la Argentina se estimaron valores de fijación de entre 46 y 51 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Alvarez *et al.* 1995). Por otro lado, aún con una inoculación de máxima eficacia, durante las primeras etapas del ciclo vegetativo la soja podría desenvolverse bajo déficit de nitrógeno. Esta es una de las razones por las que se señalan respuestas positivas al agregado de pequeñas dosis de nitrógeno a la siembra (Asanuma *et al.* 1992).

Los fosfatos amónicos, cubrirían esa mínima dosis inicial de nitrógeno sin alterar la nodulación, proveyendo el nivel requerido de fósforo. Estos fertilizantes están siendo adoptados por los productores para este cultivo, pero existen incertidumbres al momento de decidir la fertilización. Nuestro objetivo fue evaluar los efectos de la fertilización fosforada y nitrogenada sobre la producción de soja, y la distribución de fósforo y nitrógeno en el suelo y en biomasa aérea y subterránea.

### MATERIALES Y METODOS

Se realizó un ensayo a campo en la localidad de Bragado, región central de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Se trabajó en un Hapludol típico de la serie Bragado, con las siguientes características: textura franco arenosa, carbono orgánico 0,88 %, nitrógeno total 0,087 %, fósforo extractable 5,7 ppm, N-NO<sub>3</sub> 12 ppm, CIC 7,1 meq 100g<sup>-1</sup>, pH (H<sub>2</sub>O) 5,8. El suelo estaba cultivado bajo siembra directa durante cuatro años, con la secuencia trigo-soja de segunda. El cultivar de soja fue Asgrow 5308 y la fecha de siembra el 21 de diciembre de 1993. Los tratamientos fueron 1) testigo, sin fertilizar; 2) fertilizado con fósforo diamónico aplicado en banda y al momento la siembra (18 kg N ha<sup>-1</sup> y 20 kg P ha<sup>-1</sup>). La distancia entre hileras fue de 70 cm y la densidad de siembra de 5 10<sup>4</sup> semillas ha<sup>-1</sup>, midiendo las parcelas 4,20 x 12 m. El diseño del ensayo fue en bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones.

Cuando el cultivo se encontraba en madurez fisiológica, se cosechó 1 metro lineal de plantas de cada parcela. El material fue sometido a secado a 60°C, separado en sus diversos órganos (tallos, hojas, vainas y granos) y pesado. En ese momento, se obtuvo la biomasa subterránea mediante columnas de 8 cm de diámetro, en las profundidades de 0-5 cm; 5-10 cm; 10-20 y 20-30 cm, sobre la hilera, a cada lado de la misma y en el entresurco. Las raíces se extrajeron mediante lavado sobre tamiz de 300 µm, fueron secadas y pesadas. Cada muestra de material vegetal fue analizada por duplicado. Se determinó fósforo total por coloración amarillo de vanado-molibdato, previa digestión en una mezcla de NO<sub>3</sub>H y ClO<sub>4</sub>H en relación 5:1 (Jackson 1982). A la siembra y a la cosecha se extrajeron muestras de suelo a las previamente mencionadas profundidades, y se determinó fósforo extractable por el método de Bray y Kurtz (Olsen, Dean 1965). Los datos se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza.

### RESULTADOS Y DISCUSION

La biomasa total producida a madurez fisiológica no presentó diferencias significativas entre tratamientos (Figura 1A). Lo mismo se observa cuando se conside-

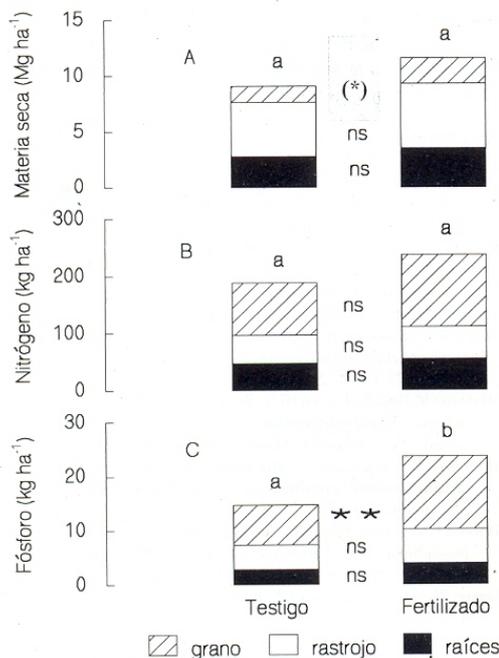


Figura 1. Biomasa producida en madurez fisiológica (A), nitrógeno en planta (B), y fósforo en planta (C) de el cultivo de soja bajo siembra directa. (\*)= diferencia significativa entre tratamientos para ese componente a  $P < 0,10$ . \*\* = diferencia significativa entre tratamientos para ese componente a  $P < 0,01$ . ns = no significativo. Letras distintas indican diferencias significativas entre suma de componentes  $P < 0,05$

ran por separado los componentes tallos y hojas (datos no presentados). La fertilización indujo cambios en el patrón de distribución de raíces (Figuras 2A). Se registró un significativo incremento de biomasa de raíces, a los 0-5 cm de profundidad, en el lateral cercano a la banda fertilizada. Resultados semejantes fueron observados por Borkert y Barber (1985), trabajando con soja en macetas y fertilización localizada. Cabe destacar que los sistemas radicales se desarrollaron en ausencia de problemas físicos, tal como fue encontrado en los mismos lotes y fechas por Taboada *et al.* (1996). En la biomasa de grano se verificaron diferencias entre tratamientos ( $P < 0,10$ ), siendo mayor el rendimiento en el tratamiento fertilizado.

La concentración de nitrógeno en los diversos órganos no presentó diferencias significativas como consecuencia de la fertilización. El total de nitrógeno acumulado, tanto en los granos cosechados como en la biomasa remanente, tampoco presentó diferencias significativas (Figura 1B). La concentración de fósforo en los tejidos presentó diferencias según los órganos considerados. En raíces y

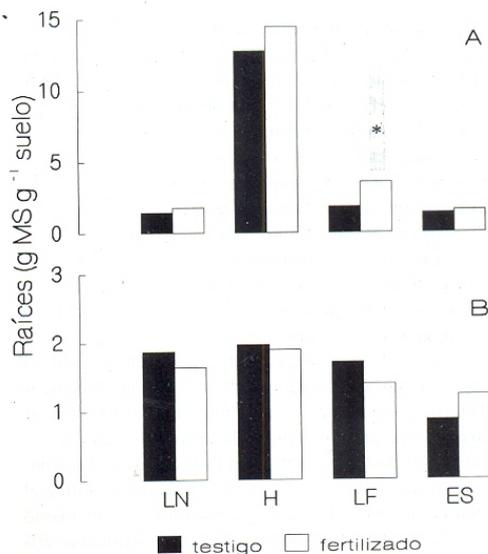


Figura 2. Cantidad de raíces a cosecha de el cultivo de soja bajo siembra directa a distintas distancias desde la hilera de siembra. A) Profundidad 0-5 cm . B) Profundidad 5-25 cm H= hilera, LN= lado no fertilizado (4 a 8 cm de la hilera), LF= lado fertilizado (4 a 8 cm de la hilera), ES = entresurco. \* = diferencia significativa entre tratamientos para cada ubicación  $P < 0,05$ , ns = no significativo.

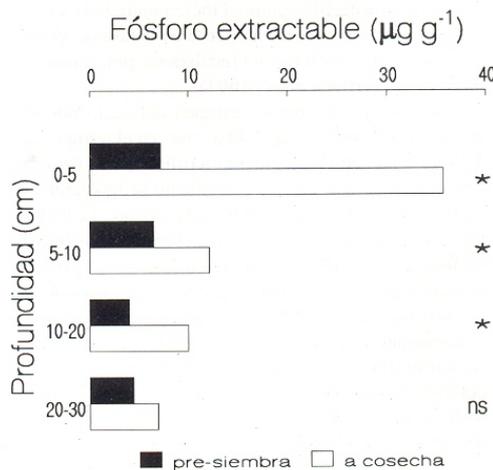


Figura 3. Distribución del fósforo extractable, en función de la profundidad del suelo bajo el cultivo de soja fertilizado con fosfato diamónico. Muestras tomadas sobre la banda fertilizada, entre 4 y 8 cm de la hilera de siembra, en dos momentos: pre-siembra (no fertilizado) y a cosecha en el tratamiento fertilizado. \* = diferencia significativa entre tratamientos para cada ubicación  $P < 0,05$ , ns = no significativo.

rastreros, no se encontraron diferencias. En cambio, en los granos se encontró mayor concentración ( $P < 0,10$ ) en el tratamiento fertilizado (0,60% vs. 0,52%). Estos resultados difieren de los encontrados por Scheiner *et al.* (1996), donde la fertilización fosforada incrementó la concentración de fósforo en todos los órganos, en otro ensayo de la Región Pampeana. Como consecuencia, la cantidad de fósforo acumulada por los granos fue mayor ( $P < 0,01$ ) en el tratamiento fertilizado (Figura 1C).

La recuperación aparente del fósforo del fertilizante se calculó a partir de la diferencia en el total acumulado por la soja fertilizada respecto de lo acumulado por la no fertilizada. Esta recuperación fue del 8,9 kg ha<sup>-1</sup>, es decir un 44 %. Este valor es alto y más del doble que el obtenido para el mismo cultivo mediante técnicas isotópicas (Scheiner *et al.* 1996). Esta diferencia es atribuible a un aumento de la absorción del fósforo nativo del suelo, que determina valores de aprovechamiento más altos que los reales, cuando se aplica el método diferencial en lugar del isotópico. Este mismo fenómeno se observa habitualmente al evaluarse eficiencia de absorción de fertilizantes nitrogenados (Daniel *et al.*, 1986, Laurent *et al.*, 1996). Para el fósforo, los modelos de absorción sugieren que el aumento de la cantidad de raíces o el incremento del largo de las mismas constituyen los principales mecanismos de aumento de absorción (Silverbush, Barber 1983). También, en los micrositos donde aumenta la concentración de fósforo por fertilización, el incremento de la absorción está causado por un aumento en la tasa de absorción de fósforo, nativo o del fertilizante, por unidad de largo de raíz (Black *et al.*, 1994).

La cantidad de fósforo extraída del suelo por los granos cosechados fue de 7,4 kg P ha<sup>-1</sup> en el testigo y de 13,4 kg P ha<sup>-1</sup> en el tratamiento fertilizado con fósforo. Considerando que en ese tratamiento se agregaron 20 kg P ha<sup>-1</sup>, el suelo fertilizado ganó poco más que 6 kg P ha<sup>-1</sup>. Ese balance positivo significó el enriquecimiento del suelo en este nutriente. En la Figura 3, se observa que el tenor de fósforo extractable inicial fue bajo y los valores de fósforo extractable en las líneas fertilizadas se incrementaron significativamente de 0 a 20 cm. Esto sugiere que la fertilización no sólo determinó el aumento del fósforo cosechado por la soja, sino que la ganancia de fósforo del suelo podría tener un eventual valor residual para el cultivo subsiguiente en la rotación.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a P Spelanzón por las faci-

lidades brindadas para llevar a cabo el presente trabajo, a C Alvarez y a P Prystupa por la lectura crítica del manuscrito y a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UBA por apoyo brindado.

#### REFERENCIAS

- Asanuma K, Bayorbor TB, Kogure K, Ofosu-Anim, Suzuki N. 1992. Studies on the response of nodulated soybean to nitrogen fertilizer. I On the carbon dioxide exchange of shoots and underground organs. *Japanese Journal of Crop Science* 61:433-438
- Alvarez R, Lemcoff JH, Merzari AH. 1995. Balance de nitrógeno en un suelo cultivado con soja. *Ciencia del Suelo* 13:38-40
- Black RA, Richards JH, Manwaring JH. 1994. Nutrient uptake from enriched soil microsites by three grass perennial. *Ecology* 75:110-122
- Blanchet R, Bouniois A, Gelfi N, Wallace SU. 1989. Response of determinate and indeterminate soybeans to fertilizing irrigation in soils. IV Conferencia Mundial en Soja:740-745
- Bodrero ML, Nakayama F, Martignone R. 1989. Experiencias argentinas sobre la fertilización en soja. IV Conferencia Mundial en Soja:621-627
- Borkert CM, Barber SA. 1985. Soybean shoot and root growth and phosphorus concentration as affected by phosphorus placement. *Soil Sci. Am. J.* 49:152-155
- Daniel PE, Alvarez R, Simon CP, Ranosky G. 1988. Determinación de la utilización de fertilizante nitrogenado en maíz por vía isotópica y no isotópica. *Ciencia del Suelo* 6:56-59
- Darwich NA. 1990. Fertilizantes: nuevo balance de requerimientos. INTA. Juicio a Nuestra Agricultura. 2.4.2, 1-10
- George T, Singleton PW, van Kessel C. 1993. The use of nitrogen-15 natural abundance and nitrogen yield of non nodulating isolines to estimate nitrogen fixation by soybean (*Glycine max* L.) across three elevations. *Biol. Fert. Soils* 15:81-86
- Hall AJ, Rabella CM, Ghersa CM, Culot PJ. 1992. Field-crop systems of the Pampas. En: *Field Crop Ecosystems*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. pp. 413-450
- Jackson ML. 1982. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega S.A. Barcelona, pp. 190-232
- Laurent GC, Lazzari MA, Victoria RL. 1996. Balance del nitrógeno del fertilizante aplicado al trigo en dos épocas diferentes. *Ciencia del Suelo* 14:7-11
- Olsen SR, Dean LA. 1965. Phosphorus. En: Black (Editor). *Method of soil analysis. Part 2, Chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, EEUU. pp. 1035-1049
- Peoples MB, Gault RR, Lean B, Sykes JD, Brockwell J. 1995. Nitrogen fixation by soybean in commercial irrigated crops of central and southern New South Wales. *Soil Biol. Biochem.* 27: 553-561
- Scheiner JD, Lavado RS, Alvarez R. 1996. Difficulties in recommending P fertilizers for soybean in Argentina. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 27:521-530
- Silverbush M, Barber SA. 1983. Sensitivity of simulated phosphorus uptake to parameters used by a mechanistic-mathematical model. *Plant and Soil* 74:93-100
- Taboada MA, Miecucci FG, Cosentino DJ. 1996. Evaluación de la siembra directa como causante de la compactación en dos suelos de la pampa ondulada. XV congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 217.

