

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES . . . . .	107
II. MATERIAL Y MÉTODOS . . . . .	110
III. RESULTADOS . . . . .	112
IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES . . . . .	117
V. RESUMEN' Y SUMMARY . . . . .	121
VI. BIBLIOGRAFÍA . . . . .	123

## INFLUENCIA DE LA FERTILIZACION CON N, P y NP EN SOJA NO NODULADA CV. HALESOY 71<sup>1</sup>

M. L. BODRERO y R. W. RACCA<sup>2</sup>

### I. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

Si bien el cultivo de la soja en el país se cita desde la primera década de este siglo, época en que se iniciaron los ensayos en la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería de Córdoba, la expansión y estudio local del mismo es relativamente reciente. Por este hecho no se conocen suficientemente los diversos aspectos que inciden en el rendimiento en granos. La nutrición mineral está involucrada, junto a otros factores, en la manifestación de la producción

Dos elementos, nitrógeno (N) y fósforo (P), fueron estudiados en este ensayo de fertilización. El potasio (K), otro de los macronutrientes importantes, fue descartado "a priori" por ser abundante en los suelos de la zona donde se condujo la experiencia.

Como expresáramos en el ensayo denominado "Influencia de la fertilización con N en soja nodulada cv. Halesoy 71" (Racca y Bodrero, 1976), complementario del que nos ocupa, la soja puede obtener el nitrógeno de tres fuentes diferentes: del disponible en el suelo, de la fijación simbiótica o de los fertilizantes. Las dos pri-

<sup>1</sup> Trabajo realizado en la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario.

<sup>2</sup> Ings. Agrs. Becario del Consejo de Investigaciones de la Univ. Nac. de Rosario y Prof. Tit. de la Cátedra de Fisiología Vegetal de la Fac. de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, respectivamente.

meras resultan económicas al productor, pero existen experiencias que demuestran que usualmente no son suficientes para un máximo rendimiento (Norman, 1944 y Weber, 1966).

Harper observó, realizando trabajos hidropónicos en grava, que la incorporación de N, P, K, Ca y Mg era baja en los 30 primeros días desde la germinación, aumentaba notoriamente a inicios de floración y alcanzaba los valores máximos entre plena floración y medio llenado de las vainas (Harper y Cooper, 1971). El mismo autor trabajando con isolíneas nodulantes y no nodulantes, detectó una máxima incorporación de  $\text{NO}_3^-$  al estado de plena floración, mientras que la fijación simbiótica llegaba a su pico superior quince a veinte días después, es decir durante el llenado de las vainas. De allí en adelante, la actividad de los nódulos decaía bruscamente (Harper, 1974).

Latwell y Evans indicaron que el rendimiento en la soja estaba asociado a la cantidad de nitrógeno que la planta era capaz de incorporar (Lathwell y Evans, 1951) y existen trabajos que estimaron que entre un 30 y un 40% del nitrógeno total requerido por la soja para un rendimiento medio, era aportado por los nódulos (Norman y Krampitz, 1949) (Weber, 1966). Ohlrogge eleva a aproximadamente  $\frac{2}{3}$  del total la cantidad de nitrógeno cedido por los nódulos a la planta (Ohlrogge, 1960). Harper demostró que la soja puede crecer y producir semillas tan sólo con la fijación simbiótica como fuente nitrogenada. La producción de granos, en estos casos, se reducía a aproximadamente la mitad respecto a aquellos que utilizaron, además, otras fuentes de nitrógeno distinta a la atmosférica (Harper y Cooper, 1971).

El agregado de fertilizantes en el momento oportuno, aumenta la incorporación y acumulación de nutrientes y existe estrecha relación entre estos dos procesos y el rendimiento (Hanway y Weber, 1971b). Para nosotros, el agregado de fertilizantes nitrogenados debe hacerse en aquellos momentos en donde la actividad nodular es mínima, ya que se tiene suficiente información del efecto antagónico existente entre N simbiótico fijado y el N mineral aplicado (Harper y Cooper, 1971; Lyons y Early, 1973; Norman y Krampitz, 1946; Tanner y Anderson, 1963; Weber, 1966). Existen dos períodos bien marcados en donde la actividad de los nódulos es mínima o nula, aproximadamente los 20 primeros días desde germinación y desde mediados de floración en adelante (Harper y Cooper, 1971; Harper,

1974; Lawn y Brun, 1974; Scott y Aldrich, 1975). En el primero de los períodos nombrados el nitrógeno agregado frecuentemente suele tener efectos depresivos en el rendimiento (Lyons y Early 1973; Weber, 1966), mientras que en el segundo, las posibilidades de incrementos en el número y/o peso de los granos aparecen como más ciertas. Neunyllov y Slabko encontraron que existe mayor cantidad de N adicional acumulado en las semillas, cuando la fertilización nitrogenada había sido tardía (Neunilov y Slabko, 1968). Harpar cita que aproximadamente al 40 % del total del nitrógeno es incorporado después del comienzo de formación de semillas (Harper, 1974).

Por estas razones la fertilización con nitrógeno se realizó tardíamente, al comienzo de la floración, aún cuando el ensayo que nos ocupa fue planeado en soja no nodulada. Esta técnica nos permitiría obtener una información valiosa de la respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada tardía, sin interferencias del N aportado por los nódulos, y poder, además, comparar los resultados de este ensayo con otros realizados sobre soja nodulada (Racca y Bodrero, 1976).

Los estudios realizados sobre incorporación y acumulación de fosfato demostraron que la concentración en los tejidos se incrementa continuamente durante los primeros treinta días desde germinación, tiene un pico máximo al inicio de floración, declina hasta medio llenado de las vainas y se mantiene constante de allí en adelante. Este anión se incorpora durante todo el ciclo vegetativo, existiendo un período de máxima demanda desde mediado a fin de floración (Hanmond, Black, Norman, 1951; Hanway y Weber, 1971; Harper y Cooper, 1971).

La fertilización fosfatada incrementa normalmente la cantidad de fósforo incorporado pero, a diferencia de lo que ocurre con el N, esto no siempre provoca mayores rendimientos (Hanway y Weber, 1971a). El suministro único de este elemento produce frecuentes caídas en la producción de granos (Miller, 1961), comportamiento que también fue observado en nuestro ensayo. Cuando el P es acompañado por N, K o la combinación de ambos los rendimientos superan frecuentemente al testigo (Bhangoo y Albritton, 1972; Mooy y Pesek, 1969).

En el presente trabajo se describen las técnicas utilizadas y los resultados obtenidos con distintos niveles de N, P y sus combinaciones

## II. MATERIAL Y METODOS

La experiencia se llevó a cabo en el Campo Experimental "José F. Villarino" de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, ubicado en la localidad de Zavalla, departamento Rosario, Pcia. de Santa Fe, siendo sus coordenadas geográficas 33°01' de latitud y 60°53' W. de G. de longitud.

El clima según Thornthwaite corresponde al tipo sub-húmedo-húmedo mesotermal. Los meses más cálidos y fríos del año son Enero y Julio, con temperaturas medias mensuales de 23,6 y 9,8°C. La precipitación media anual es de 950 mm. con lluvias más frecuentes y abundantes a principios de otoño y mínimas durante el invierno. Hay deficiencias hídricas en la estación estival y la cantidad máxima y mínima de humedad que retiene el suelo, ocurre en los meses de Septiembre y Febrero respectivamente.

Geomorfológicamente se ubica en la denominada pampa ondulada. El suelo utilizado pertenece a la serie Roldán; es un Brunizem vértico degradado desarrollado sobre sedimentos loésicos franco limosos, con horizonte humífero franco limoso de alrededor de 28 cm. seguido de un material claro u horizonte degradado A y B intensamente lavado, con límite neto o brusco de pasaje al B<sub>2</sub>, fuertemente textural.

El diseño experimental correspondió a un factorial 3<sup>2</sup> (2 factores con tres niveles cada uno), con cuatro repeticiones, distribuidas en bloques al azar. Los niveles de N<sub>2</sub> y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> escogidos fueron de 00 - 50 y 100 kg de cada nutriente por hectárea. Dicho ensayo se completó con dos monofactoriales incompletos y un tratamiento adicional que consistió en soja nodulada no fertilizada, también con cuatro repeticiones y distribuidos en bloques al azar. En los monofactoriales, las dosis fueron para N<sub>2</sub>: 0 - 25 - 50 - 75 - 100 y 125 kg/ha y para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0 - 25 - 50 - 75 - 100 - 125 y 150 kg/ha. Con fines prácticos se eliminaron algunos de los tratamientos de los monofactoriales incompletos, pues sus dosis se repetían en el factorial 3<sup>2</sup>. Así, el número total de tratamientos con sus repeticiones fue 68.

El terreno utilizado para la ejecución del ensayo provenía de un barbecho de invierno. El cultivo anterior había sido mijo para cosecha. Las labores realizadas fueron las usuales en la zona para la siembra de soja de primera época: una arada, una rastreada a discos, herbicida de pre-emergencia (2 litros/ha de trifluralina al

44.5%), nuevamente una rastreada a discos y por último una rastreada a dientes. Marcadas y delimitadas las parcelas, se trazaron a 8 cm. de profundidad 5 surcos a 0,70 m por 7,50 m de largo; luego, en las correspondientes parcelas se aplicó Superfosfato triple (46 % de  $P_2O_5$ ) colocándolo al fondo de los surcos y se cubrió con 5 cm de tierra aproximadamente. La separación de las parcelas fue de 1,50 m para evitar la influencia del fertilizante por posible arrastre de suelo, extensión radical, etc.

El 1/12/74 se efectuó la siembra del ensayo. La semilla utilizada fue del cv. Halesoy 71, con un valor cultural del 95 %, no inoculada, salvo en las 4 repeticiones de soja nodulada sin fertilizar. Las semillas fueron tratadas con un curasemillas doble a base de bisulfuro tetrametil tiuram y heptacloro. La densidad de siembra fue de 33 semillas por metro lineal con el objeto de lograr a cosecha aproximadamente 20 a 25 plantas/metro.

Previo a la fertilización y siembra se extrajeron muestras de suelo para el análisis de  $NO_3^-$ , N total y P asimilable. Para las determinaciones se tomaron muestras compuestas de cada parcela. El análisis de Nitratos se hizo por fotocolorimetría empleando el método del ácido fenildisulfónico (Harper, 1974). En la determinación de Nitrógeno total se utilizó el método de Kjeldahl y para la determinación de P asimilable el de Bray y Kurtz N° 1.

Durante el crecimiento de las plantas se efectuaron carpidas con azada de mano para mantener el ensayo libre de malezas. El control de insectos se efectuó con pulverizaciones periódicas de insecticidas fosforados cada vez que ello fue necesario. Durante todo el lapso del cultivo se hicieron observaciones de raíces que permitieron comprobar la total ausencia de nódulos en los tratamientos no inoculados y buena nodulación en las parcelas que fueron inoculadas.

El 24/1/75, aproximadamente 7 días antes del inicio de formación de botones florales, se efectuó la fertilización nitrogenada (Urea al 46 %), en líneas, a la base de las plantas.

Unos días antes de la cosecha, se extrajeron de cada parcela 10 plantas al azar, sobre las que se hicieron determinaciones de longitud del tallo principal, número total de vainas, peso de soportes y peso de granos. Los pesos fueron referidos a un contenido de un 13 % de humedad. Sólo los tres surcos centrales fueron cosechados, equivaliendo a una superficie de 15 m cuadrados; los demás actuaron como bordura.

## III. RESULTADOS

No existieron entre los distintos tratamientos realizados, diferencias apreciables en inicio de floración, altura de plantas, abscisión de flores y frutos. Las parcelas que recibieron fertilización nitrogenada, sola o combinada con fósforo, amarillaron más tardíamente.

Considerando los rendimientos en granos en función de la fertilización nitrogenada, pudimos observar lo siguiente: (cuadro N° 1)

CUADRO N° 1: Influencia del N simbiótico y asimbiótico sobre la producción de soportes (1) y granos en soja nodulada y no nodulada respectivamente. Relación de conversión (2) del fertilizante en granos.

Tratamiento (kg/ha)	Peso medio soportes/ha	Peso medio granos/ha	$\frac{P}{y_1} / \frac{P}{y_1}$	$\frac{\Delta P}{y_1}$	Conversión (2)
	$\frac{P}{y}$ (1)	$\frac{P}{y_1}$		%	
Nodulada sin fertilizar	4019	3644**	1,10	33,2	—
TESTIGO					
Sin nódulos	4370	2735	1,59	T=0	—
Sin fertiliz.					
N <sub>25</sub>	3240	2937	1,10	7,3	8,08
N <sub>50</sub>	3129	2739	1,14	0,1	0,08
N <sub>75</sub>	3562	3064	1,16	12,0	4,38
N <sub>100</sub>	3590	3050	1,17	11,5	3,15
N <sub>125</sub>	3515	3326 <sup>+</sup>	1,06	21,6	4,72

<sup>+</sup> significativo (Nivel 5 %) (Test DUNCAN)

<sup>\*\*</sup> significativo (Nivel 1 %) (Test DUNCAN)

(1) soportes: comprende tallos, pedúnculos y vainas, excluyendo otras estructuras.

(2) kg de grano adicional por kg de N<sub>2</sub> agregado.

1) En los tratamientos en donde solamente se utilizó fertilizante nitrogenada (monofactorial de N<sub>2</sub>) se obtuvo un incremento en el

rendimiento en granos en todas las dosis de nitrógeno aplicado Excepto para el nivel de  $N_{50}$ , en todos los demás, el incremento en granos aumentó con el aumento del fertilizante. Las diferencias sólo lograron valores significativos para la dosis de 125 kg/ha de nitrógeno

2) La producción de granos del tratamiento soja nodulada sin fertilizar difirió de manera altamente significativa con el testigo  $N_0P_0$  no nodulado.

3) La mayor eficiencia de conversión (kgs. de semilla incrementada por kg nutriente agregado), correspondió a la dosis de 25 kg de N/ha y fue de 8,08. El segundo lugar al tratamiento 125 kg de N/ha con una conversión de 4,72; el tercero al nivel de  $N_{75}$  y el cuarto al de  $N_{100}$  kg/ha que arrojaron una conversión de 4,38 y 3,15 respectivamente. El tratamiento con  $N_{50}$  fue el de menor conversión: 0,08 kg de semilla de incremento por kg de nitrógeno agregado.

4) Los porcentajes de aumento en el rendimiento en granos fueron del 21,6; 12,0; 11,5; 7,3 y 0,1 % respectivamente. El porcentaje promedio de incremento fue del 10,5 %.

El incremento de la parcela nodulada (sin fertilizar), fue del 33,2 % respecto al testigo.

5) Del análisis de la relación Peso soportes/Peso granos surge que en todas las parcelas a las que se agregó N, el valor ha disminuído respecto al testigo. Esto fue debido al aumento del peso en granos y a una disminución del peso de los soportes. El promedio del peso de los soportes a la madurez en las parcelas con nitrógeno, fue 22 % menor que el testigo.

El tratamiento nodulado sin fertilizar tuvo un peso de soportes un 8 % menor que el testigo.

6) Respecto al monofactorial para P, pudimos observar que desde 25 a 125 kg de  $P_2O_5$ /ha aplicado, los rendimientos en granos fueron inferiores al testigo (cuadro N° 2).

7) Con 150 kg de  $P_2O_5$ /ha aplicado, hubo aumento en el rendimiento y éste fue del 4,1 %. La conversión fue de 75 kg de semilla/kg de  $P_2O_5$  agregado. Excepto para el tratamiento nodulado, que como ya vimos cuando analizamos el efecto del N, difería de manera altamente significativa con el testigo, el resto de las diferencias en más o en menos, no alcanzaron valores de significancia estadística

8) Al igual que en la fertilización nitrogenada, la relación Peso soporte/Peso granos fue en todos los tratamientos menor que en el

CUADRO N° 2: Influencia del P sobre la producción de soportes (1) y granos en soja nodulada y no nodulada. Relación de conversión del fertilizante en granos (2).

Tratamiento (kg/ha)	Peso medio soportes/ha $\bar{P}$ (kg) $\bar{y}$ (1)	Peso medio granos/ha $\bar{P}$ (kg) $\bar{y}_1$	P.sop./P.gr $\frac{\bar{P}}{\bar{y}} / \frac{\bar{P}}{\bar{y}_1}$	$\frac{\Delta P}{\bar{y}}$ %	Conver. (2)
nodulada sin fertilizar	4019	3644 <sup>++</sup>	1,10	33,2	—
TESTIGO					
sin nódulos sin fertilizar	4370	2735	1,59	T=0	—
(N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> )					
P <sub>25</sub>	3183	2666	1,19	-2,5	-2,76
P <sub>50</sub>	3979	2646	1,50	-3,2	-1,78
P <sub>75</sub>	3524	2618	1,34	-4,2	-1,56
P <sub>100</sub>	3286	2446	1,34	-10,5	-2,89
P <sub>125</sub>	3792	2725	1,39	-0,3	-0,08
P <sub>150</sub>	3287	2848	1,15	4,1	0,75

(1) soportes: comprende tallos, pedúnculos y vainas excluyendo otras estructuras.

(2) kg de grano adicional por kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> agregado.

\*\* Significativo al nivel del 1 % (Test DUNCAN).

testigo. En este caso (fertilización fosfatada), la disminución fue debida, en mayor medida, a una reducción de los soportes, ya que los rendimientos en granos fueron también menores que el testigo, excepto para la dosis de 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha en donde la relación decreció, además de lo expuesto, por un aumento del peso en granos.

El promedio del peso de soportes a la madurez, en las parcelas que recibieron únicamente P como fertilizante, fue 19,7 % menor que el testigo.

9) Cuando el nitrógeno y el fósforo actuaron en forma conjunta (ensayo factorial 3<sup>2</sup>) se observó que si manteníamos fijo el nivel de uno de ellos, el rendimiento aumentaba al aumentar el nivel del otro (cuadro N° 3).



CUADRO N<sup>o</sup> 3: Influencia del N y P combinados sobre producción de soportes (1) y granos en soja nodulada.

Tratamiento (kg/ha)	Peso medio soportes/ha $\bar{P}$ (kg) $\bar{y}$	Peso medio granos/ha $\bar{P}$ (kg) $\bar{y}$	$\bar{P} / \bar{P}_1$ $\bar{y} / \bar{y}_1$	$\bar{P}$ $\bar{y}_1$
Nodulada sin fertilizar	4019	3644 <sup>++</sup>	1,10	33,2
TESTIGO				
Sin nódulos	4370	2735	1,59	T=0
N <sub>0</sub> P <sub>50</sub>	3979	2646	1,50	-3,2
N <sub>0</sub> P <sub>100</sub>	3286	2446	1,34	-2,8
N <sub>50</sub> P <sub>0</sub>	3129	2739	1,14	0,1
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub>	4051	2760	1,46	0,9
N <sub>50</sub> P <sub>100</sub>	4174	3020	1,38	10,4
N <sub>100</sub> P <sub>0</sub>	3590	3050	1,17	11,5
N <sub>100</sub> P <sub>50</sub>	3899	3116	1,25	13,9
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub>	3685	3230 <sup>*</sup>	1,14	18,0

\* Significativo al nivel 5 %.

\*\* Significativo al nivel 1 %.

(1) soportes: comprende tallos, pedúnculos y vainas excluidas otras estructuras.

10) La combinación más efectiva en el incremento de rendimientos fue la N<sub>100</sub>P<sub>100</sub> con un aumento del 18,0 %, siendo esta diferencia significativa respecto al testigo.

11) En orden decreciente, y siempre con rendimientos superiores al testigo, siguieron las combinaciones de N<sub>100</sub>P<sub>50</sub>; N<sub>100</sub>P<sub>0</sub>; N<sub>50</sub>P<sub>100</sub>; N<sub>50</sub>P<sub>0</sub>, aunque las diferencias no alcanzaron a ser N<sub>50</sub>P<sub>100</sub>; N<sub>50</sub>P<sub>50</sub> y significativas respecto al N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>.

12) Los tratamientos en donde correspondió nitrógeno a nivel cero, produjeron mermas en el rendimiento tanto mayores cuanto más elevados fueron los niveles de fósforo aportado: N<sub>0</sub>P<sub>50</sub> y N<sub>0</sub>P<sub>100</sub>. Tampoco estos valores alcanzaron significancia estadística.

13) La relación soportes/granos fue en todas las combinaciones menor que el testigo.

14) Cuando en el tratamiento actuaron los dos fertilizantes, la reducción del peso de la parte aérea fue mayor a medida que aumento el Nitrógeno en la combinación.

15) El promedio del peso de los soportes a la madurez en el ensayo factorial  $3^2$ , fue un 14,77 % menor que el testigo.

Del total de tratamientos efectuados con N y P, (factorial  $3^2$  y monofactoriales), el 64,7 % incrementó el rendimiento respecto al testigo. El tratamiento nodulado sin fertilizar difirió de manera altamente significativa con el testigo. Los de  $N_{125}$  y  $N_{100}P_{100}$ , alcanzaron incrementos significativos. El resto, aunque produjeron mayores rendimientos, no lograron diferencias estadísticamente significativas.

Dentro de los ensayos mencionados se analizaron algunas variables que, en teoría, podrían incidir en el rendimiento, realizando los correspondientes estudios de correlaciones. Cuando alguna de ellas resultó significativamente correlacionada, se ajustó en una función de regresión (cuadro N° 4). De acuerdo a esto fue posible determinar que:

1) Cuando el porcentaje de "vaneo" (llámase fruto vano a aquellos sin semillas o con semillas tempranamente abortadas) no supera el 31 %, existe independencia entre esta variable y el rendimiento. El límite del 31% de frutos "vanos" fue el máximo observado en el ensayo.

CUADRO N° 4: Ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación entre las variables indicadas.

Variables	Ecuación de regresión	Coef. de correlac.
Vaneo y rendimiento	$2989,4 - 7,733 \cdot x$	-0,121
Número de vainas y rendimiento	$2285,4 + 0,0397 \cdot x$	0,447*
Vaneo y Niveles de N total	$-0,80 + 0,0045 \cdot x$	0,140
Vaneo y Niveles de fosfatos	$15,79 - 0,0078 \cdot x$	-0,079

\* significativo al 5 % (Test DUNCAN).

2) La variable número de vainas estuvo correlacionada con el rendimiento. Dentro del intervalo comprendido entre 9.000.000 y 27.000.000 vainas/ha, el rendimiento respondió a la siguiente ecuación de regresión:

$$Y = 2285,90 + 0,03797 x$$

y: rendimientos kg/ha.

x: número vainas/ha.

3) Para un suelo con niveles de fósforo asimilable comprendido entre 3,8 y 4,5 mg de P/100 g de suelo, que corresponde según Bray y Kurtz N° 1 a un nivel alto, y dentro de los límites de fertilización fosfatada realizada (de 25 a 150 kg de  $P_2O_5$ /ha), existe independencia entre las variables "Fósforo agregado y % de vaneos".

4) Los niveles de  $NO_3^-$  en suelo al momento de la siembra, se agruparon en tres estratos:

Bajos: de 29,0 a 36,5 ppm de  $NO_3^-$ .

Medios: de 36,5 a 44,0 ppm de  $NO_3^-$ .

Altos: de 44,00 a 59,0 ppm de  $NO_3^-$ .

Si bien existió independencia entre estos valores de  $NO_3^-$  a la siembra y porcentajes de vaneo se notó una "tendencia" al aumento de frutos vanos con el incremento del nivel de  $NO_3^-$  en el suelo.

5) Existió independencia entre las variables N total (nitrógeno del suelo y nitrógeno agregado a través del fertilizante) y porcentaje de vaneo.

6) Estuvieron inversamente correlacionadas las variables, soporte/granos y rendimientos. Su función de regresión corresponde a la ecuación:

$$Y = 4286,22 - 1130,98 x$$

Y = rendimiento kg/ha.

x = relación soporte/granos.

#### IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

El rendimiento en granos de la soja está estrechamente relacionado con la cantidad de nitrógeno que la planta pueda incorporar (Lathwell y Evans, 1951; Norman y Krampitz, 1946; Weber, 1966). En nuestro ensayo pudimos comprobar que a medida que aumentá-

bamos la dosis de urea agregada (cuando ésta actuaba como único fertilizante) se incrementaban en forma lineal los rendimientos en grano (cuadro N° 1). Dado que con el agregado del fertilizante al suelo debe aumentar el nitrógeno disponible y la incorporación, entendemos que son lógicos los resultados obtenidos.

Sin embargo ningún rendimiento llegó a superar al de las parcelas no fertilizadas pero que habían sido inoculadas con *Rhizobium* (cuadros N° 1, 2 y 3). Esto podría deberse a:

- a) Que los nódulos hubieran aportado, en las condiciones del ensayo, mayor cantidad de nitrógeno que la dosis máxima utilizada: 125 kg/ha.
- b) Que haya sido más eficiente un aporte continuo de nitrógeno durante el tiempo que el nódulo se mantuvo activo, que un suministro tardío y único de este elemento.
- c) Que la eficacia en el uso del nitrógeno simbiótico fuese mayor que la del inorgánico proveniente de la fertilización.
- d) Que el aporte de nitrógeno a través del fertilizante no se haya realizado en el momento más adecuado.
- e) Que los nódulos, además de nitrógeno, aporten otras sustancias que favorezcan el rendimiento .

En caso de que existan fallas en la nodulación de un cultivo comercial de soja, es probable que una fertilización nitrogenada temprana sea más eficiente que una tardía, ya que la técnica de incorporar nitrógeno a floración se debe realizar sobre soja nodulada, es decir cuando se quiere agregar al nitrógeno proveniente de los nódulos, el del fertilizante. La competencia entre ambas fuentes es en este momento menor (Harper y Cooper, 1971; Harper, 1974; Neunilov y Slabko, 1968; Racca y Bodrero, 1976).

Del análisis de los resultados obtenidos en el ensayo monofactorial para nitrógeno, se puede inferir que, dada la "linealidad" existente entre cantidad de nitrógeno agregado y peso de los granos, la dosis máxima utilizada no fue suficiente para provocar el máximo rendimiento.

La disminución de la "eficiencia de conversión" del fertilizante en granos observada con el aumento de nitrógeno aportado permitiría calcular la dosis económicamente más aconsejable (cuadro N° 1).

Con el agregado de nitrógeno disminuye, en todos los casos el peso de los soportes (tallos, pedúnculos y vainas) y como aumen-

tó, además, el peso de los granos, la relación soportes granos fue siempre menor que el testigo, lo que nos indicaría que en soja no nodulada, el nitrógeno influye más en el incremento del número y peso de las semillas que de las estructuras.

Esta situación se mantiene también en las parcelas que si bien no fueron fertilizadas, se habían inoculado, mostrando entonces que indistintamente de la fuente nitrogenada (fertilizante o atmosférico), este elemento está mas a favor de la producción de granos que de estructuras.

En ensayos realizados con soja nodulada se pudo observar que el nitrógeno agregado a través de fertilizantes, producía incremento tanto de los soportes como de los granos, pero siempre en favor de estos últimos, por lo que la relación entre aquéllos y éstos también disminuía (Racca y Bodrero, 1976).

Respecto al fósforo, diversos autores han podido comprobar que la fertilización con este elemento normalmente incrementa la cantidad de fosfato incorporado. Ohlroge (1960) Hanway y Weber (1971, a y b), observaron que con aplicaciones de 45 kg/ha de P, se elevaba de 16,9 a 21,4 kg/ha la cantidad de ese elemento incorporado, si bien esto no siempre produjo mayores rendimientos. La literatura no abunda en citas de ensayos de fertilización exclusivamente fosfatadas que hayan logrado significativos aumentos en la producción de granos.

En nuestro ensayo se pudo observar que cuando el fósforo actuaba como único fertilizante (monofactorial para P), los rendimientos eran inferiores al testigo desde las dosis de 25 a 125 kg de  $P_2O_5$ /ha. Sólo con la más elevada de las ensayadas, 150 kg  $P_2O_5$ /ha, se logró superar al testigo (cuadro N° 2).

Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Miller et al (1961) quienes comprueban que el suministro único de fósforo produce, frecuentemente, caídas en el rendimiento.

La adición de fosfatos al suelo o al medio nutritivo, tiene acción no sólo sobre la planta de soja sino también sobre las bacterias de los nódulos (Caldwell, 1973), y el requerimiento de ambos difiere notoriamente: la planta huésped necesita niveles relativamente bajos en comparación con los requerimientos del *Rhizobium* que son extremadamente altos (Fletcher, 1973), Caldwell (1973, pp. 287, cita experiencias de Mooy y Pesek (1969) quienes comprueban que dosis altas de fosfatos pueden elevar el contenido en hojas a valores

superiores al 1 %, siendo éste el valor límite para la aparición de síntomas de toxicidad al estadio de 3ª hoja. Sin embargo estas mismas dosis aumentaron la capacidad simbiótica de los nódulos, al aumentar su número y tamaño. Esta diferencia de requerimientos entre la planta huésped y las bacterias, podría ser una de las razones de los resultados aparentemente contradictorios, en los ensayos realizados con soja nodulada. Sin embargo esta interpretación no es válida para nuestro ensayo, ya que se trabajó con soja carente de nódulos. Posiblemente los fosfatos agregados incrementen la microflora y microfauna del suelo que, por competencia, disminuirían la disponibilidad de éste y otros iones para la planta de soja.

Otra alternativa sería que produzcan cambios a nivel de rizosfera que limiten la incorporación de otros nutrientes, pasando entonces a ser éstos los factores limitantes. Sin embargo la reversión de la tendencia depresiva que se observa a dosis más elevadas complica aún más la interpretación y sólo nos demuestra que no estamos en un caso de toxicidad por exceso.

También en la fertilización fosfatada ocurrió, como en la realizada con nitrógeno, una disminución del peso de las estructuras pero acompañada, en la mayoría de las dosis utilizadas, de una caída del rendimiento. Esto nos indicaría que, al menos para las condiciones de nuestro ensayo, el suministro unilateral de fosfatos no sería aconsejable.

Nuestra experiencia concuerda con la realizada por Bhangoo y Albritton (1972), Mooy et al (1969), cuando se trabaja con la combinación de los dos elementos: N y P. En estos casos es frecuente que los rendimientos superen al testigo. Es interesante observar, que cuando ambos nutrientes actúan conjuntamente, para cada nivel de uno de ellos el incremento en granos es mayor al aumentar el nivel del otro (cuadro N° 3).

La disminución de la relación soportes/granos que ocurre cuando los dos fertilizantes actúan juntos acontece por un aumento del peso de las semillas que va acompañado por una disminución del peso de los soportes, lo que indicaría un "desvío" de fotosintatos hacia los granos en detrimento del resto de las estructuras aéreas. El hecho de que la reducción del peso de los soportes y el aumento del peso de los granos sea mayor en las combinaciones con más alto nivel de nitrógeno, reafirmaría la idea de que este elemento es en la soja, más eficiente en la producción de granos que de estructuras y que el desarrollo de aquellos competiría con el de éstas.

De cualquier manera ninguna de las combinaciones superó en rendimiento al tratamiento sin fertilizar pero nodulado, lo que sugiere que los nódulos aportaron al rendimiento algo más o algo distinto a lo que cedieron los fertilizantes en las dosis y formas utilizadas (cuadro N° 3).

Del análisis de algunas variables supuestamente involucradas en el rendimiento (cuadro N° 4) surgen las siguientes conclusiones más importantes: a) Al ser el porcentaje de frutos "vanos" (frutos partenocárpicos o estenospérmicos) independiente del rendimiento ( $r = 0,121$ ), cuando su cantidad no supere al 31 %, nos estaría mostrando la gran capacidad de compensación que tienen algunos cultivares de soja sembradas en primera época, ya que las plantas producen semillas más grandes y pesadas cuando el número de frutos útiles es menor.

Es posible que a mayores niveles de producción, a siembras más tardías o a más altos porcentajes de frutos vanos, esta compensación ya no sea posible. Esta independencia de variables fue observada también en otros ensayos (Racca y Bodrero, 1976).

b) Es lógica la correlación observada entre el número de vainas y el rendimiento.

c) La falta de correlación existente entre diferentes niveles de nitrógeno y fósforo en suelo con el "vaneo", nos indicaría que el factor desencadenante del mismo es independiente de ellos y que la tendencia al aumento observada con niveles más altos de nitratos en suelo sería mas bien consecuencia de un aumento en la probabilidad de que un grano sea afectado, al existir mayor cantidad de ellos con el incremento del nitrógeno en el suelo.

Con los resultados preliminares obtenidos en el presente ensayo, entendemos aportar algún elemento más de análisis para interpretar el comportamiento de la soja en futuros trabajos de fertilización.

## V. RESUMEN

El ensayo se realizó durante la campaña 1974/75 en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de Rosario ubicado en Zavalla (Sta. Fe). El suelo es un Brunizem, clase II por su aptitud de uso. Se estudió el efecto del N, P y NP sobre la producción de granos y tallos expresados en kg/ha, en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La aplicación del P (superfosfato triple de calcio) se hizo en surcos al momento de la siem-

bra y la del N (urea) a la base de la planta en el momento de la formación de los botones florales. La respuesta al N de soja no nodulada fue lineal para producción de granos, con un incremento del 21 % para la dosis máxima utilizada de 125 kg/N/ha. Dicho incremento resultó significativo respecto al testigo no nodulado sin fertilizar. El tratamiento soja nodulada sin fertilizar rindió un 33 % más que el testigo, diferencia altamente significativa. Para P, a medida que aumentó la dosis de fertilizante, disminuyó la producción de granos respecto al testigo hasta un 10,5 % para la dosis de 100 kg/P/ha. Sólo con la dosis máxima ensayada, 150 kg/P/ha, la producción de granos superó en un 4 % al testigo. Dichas diferencias no fueron significativas. Todas las combinaciones de N y P aumentaron la producción de granos. La dosis máxima de 100 kg de N y 100 kg de P provocó un incremento del 18 %, diferencia estadísticamente significativa. La producción de tallos fue menor en las parcelas fertilizadas, independientemente del fertilizante utilizado y dosis aplicadas. La relación peso de tallos/peso de granos fue decreciente con el aumento de la dosis de fertilizante y se debió en el caso de la fertilización con N y NP, a una disminución de la producción de tallos y a un aumento de la producción de granos, y para P, a una disminución mayor de la producción de tallos que de granos. Se interpretan los resultados obtenidos.

#### S U M M A R Y

##### RESPONSE OF N, P AND FERTILIZATION ON NON NODULATED SOYBEAN CV. HALESOY 71

The effect of N, P and NP upon grain and stalk production of non-nodulated soybeans cv. Halesoy 71, was evaluated. Test were carried out during the 1974-1975 season in the Experimental Field of the College of Agrarian Sciences in Rosario, located in Zavalla, Santa Fe. The soil (in this locality) is a Brunizem, class II according to its utilization capacity. The experimental design consisted of randomized blocks with four replication. The P was applied in furrows in the form of Tribasic Calcium Phosphate at sowing time, while N(urea) was placed at the plant base at the time of flower sprouting.

The response of non-nodulated soybeans to N application was lineal for grain production, showing a 21% increase at the highest rate utilised (125 kg/N/ha). This increment was significant with respect to the non-nodulated control plant. The production of unfertilized nodulate soybeans was 33% greater than that of the control plants, which was considered to be highly significant.

Increased P rate reduced grain production as low as 10,5% for the 100 kg/P/ha rate. The control treatment could only be exceeded in 4% with 150 kg/P/ha, wich was the highest rate tried. These difference were not significant. All N and P combination increased grain production. The maximum dose of 100 kg of N and 100 kg of P brought about an increment of 18% which was a statistically significant difference.



Stalk yield was lower in the fertilizer plots, regardless of the fertilizer used and of the dosis applied.

The relation stalk weight/grain weight, decreased with higher fertilizer doses and its was due, in the case of the fertilization with N and NP, to a decrease in stalk production and increment in grain yield, and for P, to a higher decrease in the production of stalk than that of grain.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- BHANGOO, M. S. y ALBRITTON, K. J. 1972. Effect of fertilizer nitrogen phosphorus and potassium of yield and nutrient content of lee soybean Agron. J. 64(6): 743-747.
- CALDWELL, B. E. 1973. Soybean, improvement, production and uses. Madison. Wisconsin E.U.A. Am. Soc. of Agronomy.
- de MOOY, C. J.; PESEK, J. y SPALDON, E. 1973. Mineral nutrition. In Caldwell, B. E. ed. Soybean, improvements, production and uses. Madison, Wisconsin. E.U.A. American Society of Agronomy. pp. 285-287.
- FLETCHER, H. F. Diferencial effect of phosphorus fertiity on soybean varieties. Ph. D. dissertation, University of Illinois, Urbana, I 11 (mic. 62-596. Univ. Microfilms, Ann Arbor, Mich. Diss. Abstr. 22:3326-3327) (original no consultado; citado en Caldwell B.E. ed. Soybean: improvement, production, and uses. Madison, Wisconsin. E.U.A. American Society of Agronomy. 1973. p. 289).
- HANMOND, L. C.; BLACK, C. A.; NORMAN, A. G. 1951a. Nutrient uptake by soybean on two iowa sci's Iowa Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 3384 (Original no consultado; citado en Caldwell, B. E. ed. Soybean: improvement production and uses. Madison, Wisconsin, E.U.A. American Society of Agronomy 1973. pp. 267-268.
- HANNWAY, J. J. y WEBER, C. R. 1971b. Dray matter accumulation in soybean (*Glycine max L.*) plants as influenced by N, P and K fertilization. Agron. J. 63(2): 263-266.
- HANWAY, J. J. y WEBER, C. R. 1971. N, P and K percentages in soybean (*Glycine max L.*) jeant paris. Agron. J. 63(3): 406-408.
- HARPER, J. E. y COOPER, R. L. 1971. Nodulation response of soybean (*Glycine max Merr*) to application rates and placement combined nitrogen. Crop. Sci. 11(3): 438-440.
- HARPER, J. E. 1974. Soil and simbiotic nitrogen requirements for optimum soybean production. Crop. Sci. 14(2): 255-260.
- LAWN, K S. y BRUN, W. A. 1974. Simbiotic nitrogen fixation in soybeans. Effect of supplemental nitrogen and intervarietal grafting. Crop. Sci. 14(1): 22-26.
- LATHWELL, J. C. y EVANS, C. E. 1951. N uptake from solution by soybeans at successive stage of growth. Agron. J. 43: 264-270.
- LYONS, J. C. y EARLY, E. B. 1973. The effect of ammonium nitrate applicatus to field soils, on nodulation, seed yield, and nitrogen and oil content of the seed of soybeans. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 16:259-263 (original no consultado, citado en Caldwell, B. E. ed. Soybean: Improvement, production and uses. Madison, Wisconsin, E.U.A. American Society of Agronomy. p. 279).

- MILLER, R. J. et al. 1961. Relationships between soybean yield and concentrations of phosphorus and potassium in plant parts. *Agron. J.* 53: 393-396.
- MOOY, C. J. y PESEK, J. 1969. Growth and yield soybean lines in relation to phosphorus toxicity and phosphorus, potassium and calcium. *Crop. Sci.* 9: 130-134.
- NEUNILOV, B. A. y SLABKO, U. I. 1968. Utilization of nitrogen from fertilizers applied at various times. *Agrochimica* 12: 3-9 (R). (original no consultado, citado en Caldwell, B. E. ed Soybeans: improvement, production and uses. Madison, Wisconsin, E.U.A. American Society of Agronomy. 1973. pp. 274-283.
- NORMAN, A. G. 1944. The nitrogen nutrition of soybean. Effect of inoculation and nitrogen fertilizer on the yield and composition of beans on Marshall silt loam. *Soil Sci. Amer. Proc.* 8: 226-228.
- NORMAN, A. G. y KRAMPITZ, L. O. 1946. The nitrogen nutrition of soybeans. Effect of available soil nitrogen, on growth and nitrogen fixation. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 10: 191-196.
- OHLROGGE, A. J. 1960. Mineral nutrition of soybeans. *Advances Agron.* 12: 229-262.
- RACCA, E. W. y BODRERO, M. L. 1976. Influencia de la fertilización con N en soja nodulada cv. Halesoy 71 (en prensa).
- SCOTT, W. O. y ALDRICH, S. R. 1975. Producción moderna de la soja. Buenos Aires, Hemisferio Sur. pp. 67-99.
- TANNER, J. W. y ANDERSON, I. C. 1963. External effect of combined nitrogen on nodulation. *Plant Phys.* 39. 1039:1043.
- WEBER, C. R. 1966. Nodulation and nonnodulating soybean isolines. Response to applied nitrogen and modifier soil conditions *Agron. J.* 58(1): 46-49.