

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	7
II. MATERIALES Y MÉTODOS	8
III. RESULTADOS	10
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	12
V. RESUMEN Y SUMMARY	14
VI. BIBLIOGRAFÍA	16

INFLUENCIA DE LA FERTILIZACION CON NITROGENO EN SOJA NODULADA CV. HALESOY 71 ¹

W. RACCA y M. L. BODRERO ²

I. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

Desde principio de siglo se cultiva soja en el país, aunque la verdadera expansión del área sembrada ocurre recién en la última década. Esto hace que no se hayan estudiado suficientemente los distintos componentes del rendimiento en las condiciones ecológicas de las diversas zonas productivas.

La nutrición mineral de la especie, la necesidad y el aumento oportuno de la fertilización, la capacidad de conversión de los fertilizantes en grano y la influencia de los diversos nutrientes en el crecimiento y desarrollo, son factores que inciden, entre otros, en el rendimiento final.

Es conocido que esta leguminosa puede incorporar nitrógeno proveniente de tres fuentes diferentes: del disponible en el suelo, del fijado simbióticamente y de los fertilizantes.

Las dos primeras resultan económicas al productor pero habitualmente no son suficientes para llegar al máximo de la capacidad

¹ Trabajo realizado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario.

² Ings. Agrs. Prof. Titular de la Cátedra de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba y Becario del Consejo de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario.

productiva de la especie (Harper, 1974; Norman, 1947; Norman y Krampitz, 1946; Weber, 1966). La fertilización nitrogenada aparecería entonces como una de las alternativas posibles para incrementar el suministro de nitrógeno y el rendimiento.

Sorenson (citado por Caldwell p. 284) encuentra respuestas positivas en 7 de 21 ensayos efectuados con fertilizantes nitrogenados y observa que la respuesta al nitrógeno es esencialmente lineal.

La experiencia extranjera es abundante y contradictoria en este aspecto debido, posiblemente, al hecho de que la administración de nitrógeno a través de fertilizantes, produce usualmente disminución del fijado por simbiosis; es decir que existiría una relación inversa entre N mineral aplicado y N simbiótico producido (Norman y Krampitz, 1946; Tanner y Anderson, 1963; Weber, 1966).

Si tenemos en cuenta que la actividad de los nódulos no es uniforme a lo largo de todo el ciclo del cultivo, sino que muestra valores muy bajos en los primeros 20 días desde germinación (Caldwell, 1973; Scott y Aldrich, 1975) tiene un pico máximo a mediados de floración y de allí en adelante decrece bruscamente (Harper, 1974 y Harper y Cooper, 1971) parecería lógico que la adición de N por fertilizantes, debería realizarse en aquellos momentos en donde la fijación simbiótica es mínima, para tratar de evitar el efecto antagónico entre una y otra fuente.

En el presente trabajo se describen las técnicas utilizadas y los resultados obtenidos, partiendo de la hipótesis de que se podrían incrementar los rendimientos en soja, aportando nitrógeno en los momentos donde la actividad simbiótica en los nódulos es mínima.

II. MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó a campo, en un cultivo para producción ubicado a 8 km al sud-este de la localidad de Fuentes, provincia de Santa Fe.

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 respectivamente. La precipitación media anual es de 945,9 mm., con lluvias más frecuentes y abundantes a principio de otoño y mínima 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 setiembre y febrero, respectivamente.

Geomorfológicamente se ubica en la denominada pampa ondulada. El suelo pertenece a la serie Casilda, es un Brunizem bien drenado, con horizonte B textural desarrollado sobre materiales franco limosos finos; con horizonte A franco-limoso de 23 a 25 cm. de espesor, un horizonte B, franco arcilloso limoso de 10 cm, seguido de un B, fuertemente textural.

El ensayo se condujo en parcelas totalmente aleatorizadas. Las dosis de nitrógeno (Urea 46 %) utilizados fueron de 0; 50; 100 y 200 pgs/ha, efectuándose 6 repeticiones para cada tratamiento, resultando un total de 24 parcelas.

El suelo en el que se llevó a cabo el ensayo provenía de un barbecho de verano y el cultivo anterior fue también soja. Las labores de preparación realizadas fueron las clásicas de la zona: una arada, dos disqueadas con disco de doble acción, una rastreada con dientes, siembra y rolo. Posteriormente a la emergencia se efectuaron dos pasadas de rastra rotativa y tres escardilladas.

La siembra se realizó el 11/11/75 en surcos distanciados a 70 cm. entre sí y a 3,5 cm. de profundidad, utilizándose semilla del cv. Halesoy 71 de 93% de valor cultural, inoculada y tratada con curasemillas doble a base de bisulfuro tetrametil tiuram y heptacloro.

La densidad de siembra fue de 33 semillas por metro lineal obteniéndose a la cosecha 22,5 plantas/m. Cada parcela se integró con 5 surcos de 50 metros de largo, separados de la parcela contigua por una hilera cultivada, es decir, 1,40 metros, entre parcela y parcela.

No se utilizaron herbicidas y el cultivo se mantuvo libre de malezas por medio de labores culturales: rastra rotativa hasta que las plantitas tuvieron aproximadamente 15 cm. de altura y escardilladas sucesivas de allí en adelante, efectuándose la última en el momento de la fertilización nitrogenada, coincidente con la aparición de los botones florales.

El control de insectos se efectuó con pulverizaciones de insecticidas fosforados, cada vez que ello fue necesario. La nodulación fue conspicua en todas las muestras tomadas.

Previo a la fertilización, se extrajo una muestra compuesta de suelo para la determinación de NO_3^- y N total. El análisis de nitratos se realizó por fotocolorimetría, empleando el método del Acido fenildisulfónico de Harper. El N total se determinó por Kjeldahl.

El 27/1/76, al estadio de formación de botones florales, se realizó la fertilización nitrogenada (Urea 46% en superficie, en la base

de las plantas. El suelo se encontraba por sobre su capacidad de campo como consecuencia de una abundante lluvia ocurrida 48 horas antes.

La cosecha se efectuó el 1/5/76 utilizándose únicamente los 3 surcos centrales de cada parcela para la determinación del rendimiento de granos. El resto quedó como bordura.

Al momento de cosecha se extrajeron al azar de cada tratamiento diez plantas, sobre las que se hicieron determinaciones de longitud de tallo principal, número de vainas y peso de estructuras aéreas; tallos (sin hojas), vainas y granos. En estos últimos se determinaron los contenidos totales de proteínas (método Kjeldahl, norma COPANTzas. Todos los valores referidos a un 13% de humedad.

III. RESULTADOS

1. No existieron entre los distintos tratamientos realizados diferencias significativas en el inicio de los distintos estadios fenológicos, ni en la abscisión de flores y frutos; sólo se observaron diferencias en la altura individual de las plantas y del canopio, a la madurez, que no alcanzaron a ser significativos.

Las parcelas fertilizadas amarillaron más tardíamente sufriendo un retraso en la "entrega" de aproximadamente 10 días.

2. En todas las dosis utilizadas hubo respuesta a la fertilización nitrogenada.
3. El aumento en producción de granos fue lineal respecto a la dosis de fertilizante agregado, alcanzando diferencias significativas sólo al nivel más elevado: 200 kg/ha de N.
4. La mayor eficiencia de conversión (kgs. de semilla incrementada por kgs. de fertilizante agregado) correspondió a la dosis de 100 kgs/ha de nitrógeno y fue de 2,87 kgs/ha de N agregado.
5. Los porcentajes de incremento en los rendimientos fueron del 15, 8 y 13% para las dosis de 200, 100 y 50 kg de N/ha, respectivamente.
6. La producción de "soportes" (tallos, pedúnculos y vainas) se incrementó, excepto para el nivel de N₅₀, con el aumento de la dosis del fertilizante, aunque las diferencias no llegaron a ser

significativas. El promedio del peso de estas estructuras a la madurez en las parcelas fertilizadas fue de 4,29% mayor que en el testigo.

7. La relación “soportes”/granos disminuyó en todas las parcelas fertilizadas, siendo más notable para la dosis de 50 y 100 kgs. de N/ha indicando una mayor eficiencia en la producción de granos (cuadro 1).

CUADRO N° 1: Influencia de la fertilización con N sobre la producción de soportes (1) y granos en soja nodulada. Relación de conversión del fertilizante en granos.

Tratamiento (kg/ha)	Altura (cm)	P _y	P _{y₁}	P _y /P _{y₁}		Conversión (3)
		(1)	(2)	y	y ₁	
N ₀	80,5	3896	3379	1,15		T = 0
N ₅₀	81,5	3851	3507	1,09	3,7	2,56
N ₁₀₀	81,0	3922	3666	1,06	8,4	2,87
N ₂₀₀	88,8	4417	3892 ⁺	1,13	15,1	2,56

+ significativo (Nivel 5%) Test de Duncan

(1) soportes: comprende a los tallos, pedúnculos y vainas excluyendo hojas y pecíolos (kg/ha)

(2) peso medio de granos kg/ha

(3) kg de grano adicional por kg de N agregado

8. En el estudio de los diversos componentes del rendimiento, se observó que existe independencia entre las variables “vaneo” (frutos partenocárpicos o estenospérmicos), y rendimiento, para un intervalo de frutos vanos comprendido, entre 9 y 17%, que fueron los valores mínimo y máximo del ensayo.

9. Se encontró una elevada correlación entre el número de vainas y rendimiento. Su función de regresión correspondió a la ecuación:

$$y = 3559 + 0,077 x$$

y = Rendimiento en kg/ha

x + N° de vainas de 10 plantas elegidas al azar

10. Existió independencia entre porcentaje de “vaneo” y Nitrógeno total (N del suelo más N del fertilizante) (cuadro 2).

Al momento de la fertilización los niveles de nitrógeno en el suelo fueron de 0,14 gr de N₂ por cada 100 gr. de suelo y los de nitrato oscilaron entre 28 y 48 p.p.m.

CUADRO N° 2: Coeficientes de correlación (r) y ecuación de regresión (y) entre

Variables	Coefficiente de correlación (r)	Ecuación de regresión (y)		
Vaneo y rendimiento	0,170	3583	+	2,45 x
Número de vainas y rendimiento	0,960 ⁺⁺	3559	+	0,077 x
Vaneo y N total	0,134	-97	+	0,03 x

++ significativo (nivel 1%). Test de Duncan

11. Se produjo aumento de proteínas, disminución de sustancias grasas y diferencias muy poco apreciables en el porcentaje de cenizas, con el incremento en las dosis de nitrógeno agregado. (cuadro 3).

CUADRO N° 3: Contenido de proteínas, materia grasa y cenizas en granos de soja.

Tratamiento	Proteínas (Kjeldahl)	Materia Grasa (Sohxlet)	Cenizas
N ₀	38,5	16,1	4,90
N ₅₀	38,6	15,1	5,08
N ₁₀₀	38,9	14,9	4,95
N ₂₀₀	40,1	13,9	4,83

IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Existe suficiente bibliografía que demuestra el efecto detrimental del nitrógeno agregado a través de fertilizaciones, en la actividad de los nódulos (Norman y Krampitz, 1946; Tanner y Anderson, 1963; Weber, 1966). Para algunos, esto es debido al "desvío" de una cierta cantidad de fotosintatos necesarios para la síntesis proteica en el nódulo (Caldwell, 1973). A favor de esta propuesta estarían los hechos de que cuando el agregado de N al suelo es acompañado con aspersiones foliares de glucosa al 1%, se reduce su efecto negativo en la nodulación (Uziak, 1965). Además, el enriquecimiento de la atmósfera en invernáculo con CO₂, acompañado por un suplemento luminoso, incrementa la fijación simbiótica al aumentar la disponibilidad de fotosintatos en la planta (Harper, 1974).

Otros investigadores (Harper y Cooper, 1971; Tanner y Anderson, 1963) atribuyen este comportamiento del nitrógeno agregado, más a un "efecto de contacto directo", que a un "efecto interno". Estos últimos sugieren técnicas de fertilización en profundidad, que permitirían incrementos en la concentración de NO_3^- , sin afectar mayormente la actividad de los nódulos.

Conociendo la existencia de dos grandes períodos en la vida de la planta: 20 primeros días desde germinación, y desde mediados de floración hasta entrega, en donde la actividad de los nódulos es mínima o nula (Caldwell, 1973; Harper, 1974; Harper y Cooper, 1971; Laun y Brun, 1974; Scott y Aldrich, 1975) y de acuerdo a la hipótesis planteada de suministrar nitrógeno en el o los momentos de depresión en la actividad simbiótica, nos inclinamos a hacerlo en el segundo de los períodos mencionados. La fertilización nitrogenada a la siembra aparecía como menos promisorias ya que era relativamente estrecho el período de mínimo aporte de nitrógeno simbiótico y, además porque las jóvenes plantas pueden obtener de sus propias reservas cotiledonares el nitrógeno necesario para su crecimiento (Scott y Aldrich, 1975). Por otra parte, algunos autores mencionan experiencias en donde el agregado temprano de nitrógeno disminuye el número y tamaño de los nódulos; es decir que un suplemento nitrogenado a la siembra, puede no incrementar y aún disminuir el rendimiento (Lyons y Early, 1959; Weber, 1966) aunque otros afirman lo contrario (Harfield, Egli, Legget y Peaslee, 1974). Por las razones expuestas en nuestro ensayo intentamos complementar los requerimientos de nitrógeno en el otro momento crítico, es decir, desde mediados de floración en adelante, en donde la actividad de los nódulos decrece (Harper y Cooper, 1971; Lawn y Brun, 1974) y la planta queda a expensas del nitrógeno del suelo o de sus reservas.

La respuesta lineal en producción de granos que existió ante las distintas dosis de fertilizantes agregado, permite suponer que el nitrógeno aportado por los nódulos no es suficiente para un máximo rendimiento. Estos resultados concuerdan con los de otros autores (Harper, 1974; Norman y Krampitz, 1946; Ohlrogge, 1960; Weber, 1966).

El fertilizante agregado incrementa también la producción de tallos y hojas que, al devolverse al suelo tras la cosecha, entregan una cantidad importante de materia orgánica; sin embargo el nitró-

geno aportado es más eficiente en el aumento de la producción de granos que de estructuras, como lo indica la disminución de la relación soportes-granos en todos los tratamientos. Esta relación adquiere su valor menor para la dosis de 100 kg de N/ha y a ella corresponde el valor más alto de conversión indicando que sería entonces ésta la cantidad de nitrógeno económicamente más aconsejable, dentro de los niveles ensayados.

Probablemente con el incremento del área foliar, la pérdida de agua por transpiración sea mayor, por lo que debería tenerse en cuenta este efecto en zonas donde existan frecuentes déficits hídricos.

Las correlaciones estudiadas entre algunos de los componentes del rendimiento, permitió confirmar la elevada capacidad de "compensación" que tienen algunos cultivares de soja sembrados en primera época, como lo demuestra la independencia existente entre "vaneo" y rendimiento. Dentro de los límites considerados, las plantas son capaces de compensar con semillas más grandes y pesadas la merma en el número (como consecuencia de vainas vanas), sin que sus rendimientos difieran significativamente con el testigo. Es posible que esto no ocurra a niveles más elevados de producción.

No existió aumento en el porcentaje de "frutos vanos" con el aumento de nitrógeno en el suelo.

Como era de esperar, se lograron tenores más elevados de proteínas y menores de grasas con el incremento de la dosis de nitrógeno agregado, mientras que los porcentajes de cenizas no variaron significativamente.

De acuerdo a estos resultados preliminares obtenidos, se infiere que una correcta nodulación, acompañada con un suministro tardío de Nitrógeno (en el momento de formarse los botones florales), deben redundar en elevados rendimientos.

V. RESUMEN

El presente ensayo de fertilización nitrogenada en soja nodulada cv. Halesoy 71 fue realizado durante la campaña 1975/76 en un suelo Brunizem clase II por su aptitud de uso, en Fuentes (Prov. de Santa Fe). Se condujo en parcelas totalmente aleatorizadas con 6 repeticiones por tratamiento. Se estudió el efecto del N agregado sobre la producción de granos, tallos y vainas, y el contenido de proteínas, materia grasa y cenizas en granos. El fertilizante nitrogenado (Urea) se aplicó a la base de la planta, en el momento de aparición

de los botones florales. La respuesta al N de la soja nodulada fue lineal para producción de granos, con un incremento del 15% para la dosis máxima utilizada de 200 kg/N/ha; la dosis más eficiente no obstante, fue la de 100 kg/N/ha. (mayor conversión).

La producción de tallos y vainas se incrementó con el aumento de la dosis de N, superando al testigo en un 13% para la dosis máxima de N utilizado. La relación peso de tallos mas vainas/peso de granos fue menor en las parcelas fertilizadas, debido fundamentalmente, a un aumento de la producción de granos. Existió independencia entre las variables "vaneo" —rendimiento y "vaneo"— nitrógeno total, mientras que estuvo correlacionado el rendimiento en granos con el número total de frutos de planta.

El contenido de proteínas en granos aumentó con el aumento de la dosis de fertilizantes, ocurriendo lo contrario con el contenido de materia grasa. El de cenizas se mantuvo prácticamente constante.

De los resultados obtenidos se infiere que es posible un aumento de producción con fertilizaciones tardías de nitrógeno en cultivos de soja.

S U M M A R Y

RESPONSE OF NODULATED SOYBEAN CV. HALESOY 71 TO NITROGENOUS FERTILIZATION

A nitrogenous fertilization trial with nodulated soybeans cv. Halesoy 71, was carried out on a Brunizem class II soil, according to its use capacity, in the locality of Fuentes, Santa Fe Province, during 1975-1976, season. Experiments were conducted in a completely randomized design with six replication per treatment. The effect of Ne additions was valued on grain, stalk pod yield and on protein, lipid and ash content in grains.

At flower bud apperance, the nitrogenous fertilizer (urea) was applied at the plant base. A lineal response to N, expressed as grain yield, was obtained with nodulated soybean; the highest dose used (200 kgs/N/ha) resulted in 15% grain increase. However 100 kgs/N/ha was the most effective dose (greatest conversion).

Stalk and pod production was increased with N, being 13% higher than that of the control at the maximum N level employed.

The ratio stalk weight plus pods/grain weight was lower in fertilized than in non fertilized plots, mainly because of greater grain production.

No correlation was observed between "vaneo" —yield and "vaneo"— total N whereas grain yield was found to be highly correlated with the total number of pods per plant.

Grain protein content was greater with increased amounts of fertilizer, the reverse occurring with lipid content. Ash amount was practically constant.

According to the results obtained, it is concluded that the soybeans crop can be increased by late nitrogenous fertilization.

VI. BIBLIOGRAFIA

- CALDWELL, B. E. 1973. Soybean: Improvements, production and uses. Madison, Wisconsin E. U.A. Am. Society of Agronomy. Number 16.
- HARFIELD, J. L.; D. B. EGLI; J. E. LEGGET and D. E. PEASLEE. 1974. Effect of applied nitrogen on the nodulation and early growth of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr. Agron. Journal 66:112-114.
- HARPER, J. E. 1974. Soil and Symbiotic nitrogen requirements for optimum soybean production. *Crop. Sci.* 14 (2): 255-260.
- HARPER, J. E. and Cooper, R.L. 1971. Nodulation response of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) to application dates and placement of combined nitrogen. *Cr op. Sci.* 11 (3): 438-440.
- LAWN, K. S. and Brun, W. A. 1974. Symbiotic nitrogen fixation in soybeans effects of supplemental nitrogen and intervarietal grafting. *Crop. Sci.* 14 (1): 22-26.
- LYONS, J. C. and EARLY, E. B. 1959. The effect of ammonium nitrate applications to field soils, on nodulation, seed yield, and nitrogen and soil content of the seed of soybeans. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 16: 259-264.
- 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. Soc. Amer. Proc.* 8: 226-228.
- NORMAN, A. G. and 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. *Advan. Agron.* 12: 229-263.
- SCOTT, W. O. and ALDRICH, S. R. 1975. Producción moderna de la soja. Buenos Aires. Hemisferio Sur. pp. 67-99.
- TANNER, J. W. and ANDERSON, I. C. 1963. External effects of combined nitrogen nodulation. *Plant Phys.* 39: 1039-1043.
- UZIAK, Z. 1965. The utilization of inorganic or organic nitrogen by leguminous plants at various C/N ratios in the plant. Effect of glucose applied to the leaves on utilization of mineral nitrogen and urea by some leguminous plants. *Ann. Aniv. J. Curis-Sklodonska* 19: 163-187 (Original no consultado, citado en Caldwell (1) pp. 279-280).
- WEBER, C. R. 1966. Nodulation and nonnodulating soybean isolines. Response to applied nitrogen and modifier soil condition. *Agron. J.* 58 (1) 46-49.