

Patrones de nodulación de soja en relación con propiedades de suelos bajo tres sistemas de labranza

M. DÍAZ-ZORITA¹ & M.V. FERNÁNDEZ-CANIGIA²

¹ EEA INTA "Gral. Villegas"- CC 153 (6230) Gral. Villegas (Buenos Aires), Argentina

² Fac. Agronomía - UNLPam - Ruta Nac. 35 km 334 (6300) Santa Rosa (La Pampa), Argentina.
E-mail: zorita@inta.gov.ar

DÍAZ-ZORITA, M. & M.V. FERNÁNDEZ-CANIGIA. 1999. Patrones de nodulación de soja en relación con propiedades de suelos bajo tres sistemas de labranza. Rev. Fac. Agron., La Plata 104 (1): 53-60.

Se evaluaron los efectos inducidos por tres sistemas de labranza (LC = convencional con arado de rejas, LV = vertical con arado de cinceles, SD = siembra directa) sobre la nodulación de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. Prata) y su relación con propiedades edáficas en el momento de la siembra. El estudio se realizó en un Hapludol típico de la región subhúmeda pampeana que presentaba alto número de *Bradyrhizobium japonicum* naturalizado. Las principales diferencias en nodulación se detectaron en los primeros 5 cm de la raíz principal (P0-5). Cultivos en SD presentaron mayor número, peso seco total (PST) y peso seco individual de los nódulos que en LC y LV ($p < 0,01$). En las dos fechas evaluadas (70 y 119 días después de la siembra) el número y PST de los nódulos en P0-5, se relacionaron positiva y significativamente con el contenido relativo de agua del suelo (0-20 cm) en el momento de la siembra [Número: R^2 (70 dds) = 0,77 y R^2 (119 dds) = 0,70 $p < 0,01$ y PST: R^2 (70 dds) = 0,70 y R^2 (119 dds) = 0,73 $p < 0,01$]. Entre los tratamientos de labranzas, no se observaron diferencias en los contenidos N- NO_3 del suelo (0-20cm) evaluados en el momento de la siembra, ni en los rendimientos de grano de soja. Ninguna de estas variables se correlacionó significativamente con los patrones de nodulación observados. Se concluye que las mejores condiciones de humedad en el ambiente edáfico provistas por el sistema de SD favorecieron la mayor infección inicial de *B. japonicum*.

Palabras clave: agua del suelo, nitrógeno, *Bradyrhizobium japonicum*, siembra directa, cultivos de secano, región subhúmeda pampeana.

DÍAZ-ZORITA, M. & M.V. FERNÁNDEZ-CANIGIA. 1999. Soybean nodulation patterns in relation with soil properties under three tillage systems. Rev. Fac. Agron., La Plata 104 (1): 53-60.

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill cv. Prata) nodulation patterns were evaluated under three tillage systems (LC = conventional tillage or moldboard plowing, LV = vertical tillage or chisel plowing and SD = no-till or direct drilling). The study was done in a Typic Hapludoll from the pampean subhumid region. The soil presented a high number of naturalized *Bradyrhizobium japonicum*. The mean differences in nodulation were detected in the upper 5 cm of the main root (P0-5). The number, the total dry weight (PST) and the individual dry weight of the nodules were higher under SD than under LV and LC ($p < 0.01$). In the two evaluation dates (70 and 119 days after planting), the differences in P0-5 nodulation were positively related with the relative soil water content (0-20 cm) at sowing [Number: R^2 (70 dds) = 0.77 and R^2 (119 dds) = 0.70 $p < 0.01$ and PST: R^2 (70 dds) = 0.70 and R^2 (119 dds) = 0.73 $p < 0.01$]. Neither difference due to the tillage systems in the soil NNO_3 levels and in the soybean grain yields, nor correlation with the nodulation pattern were observed. We conclude that the better moisture conditions in the soil during the seeding under SD favored the initial infection with *Bradyrhizobium japonicum*.

Key words: soil water, nitrogen, *Bradyrhizobium japonicum*, no till, dryland farming, Pampean subhumid region.

INTRODUCCIÓN

La soja (*Glycine max* (L.) Merrill) es la principal leguminosa anual de cosecha presente en los sistemas de producción predominantes en la región pampeana y muestra una gran adaptabilidad a diferentes sistemas de implantación (Milatich, 1993).

Gran parte del nitrógeno requerido por la planta lo puede obtener del aire a través de la simbiosis con *Bradyrhizobium japonicum*. La eficiencia del proceso de fijación biológica del nitrógeno atmosférico depende de diversos factores que condicionan la adecuada formación de nódulos con las cepas seleccionadas provistas por los inoculantes. La temperatura y la humedad son factores importantes que afectan el crecimiento del rizobio, su supervivencia en el suelo y la simbiosis (Graham, 1992). La concentración de nitratos en el suelo constituye también un factor que interfiere en la normal nodulación de las leguminosas (Parker & Dowler, 1976) y sobre la fijación biológica de nitrógeno (González, 1994).

Estas propiedades edáficas son modificadas por el grado de remoción de los suelos según los sistemas de labranza empleados en la preparación de la cama de siembra para los cultivos. En condiciones de alta remoción por uso de arado de rejas o discos los niveles de nitratos, las pérdidas de humedad y la temperatura de la capa superficial de los suelos es mayor que en sistemas con menor remoción o en siembra directa (Logan *et al.*, 1991).

Por lo tanto, se supone que las condiciones edáficas presentes en siembra directa (mayor humedad, menor nivel de nitratos, mayor porcentaje de fuentes carbonadas, etc.) interactuarían favorablemente sobre la nodulación inicial de cultivos de soja. La información disponible referida a los cambios en la nodulación de plantas de soja inducidos por diferentes sistemas de manejo de los suelos del noroeste bonaerense es escasa.

Silva & Sagardoy (1995) observaron una abundante presencia de *B. japonicum* natura-

lizado en suelos cultivados con soja en esta región, la que podría incidir sobre la acción del inoculante agregado a las semillas de soja en cultivos posteriores. Por lo tanto, se plantea como objetivo de este estudio establecer la relación entre los patrones de nodulación de plantas de soja y algunas propiedades de un Hapludol Típico bajo tres sistemas continuos de labranzas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la EEA del INTA Gral. Villegas (34°54'S, 63°44'W) en Drabble (Buenos Aires, Argentina). En 1994, se evaluaron plantas de soja [*Glycine max* (L.) Merrill cv. Prata] cultivadas en rotación con maíz (*Zea mays* L.) bajo tres sistemas de labranza continuos desde 1991. Los tratamientos de labranza fueron: 1) convencional (LC) con arado de rejas, 2) vertical (LV) con arado de cinceles y 3) cero o siembra directa (SD) de los cultivos. Las labores primarias de preparación del barbecho (mecánicas y químicas) se iniciaron en el mes de agosto y los repasos de mantenimiento con vibrocultivador en LC y LV, la semana anterior a la siembra de los cultivos. Para el control de malezas se aplicaron: en el inicio del barbecho (19-08-94) 1,4 l de producto activo pa ha⁻¹ de Glifosato y 0,5 kg pa ha⁻¹ de 2,4-D y en presiembra (06-12-94), 0,96 l pa ha⁻¹ de Glifosato y 0,1 kg pa ha⁻¹ de Imazetapir. Ambos tratamientos mostraron un efectivo control de las malezas. No se realizaron aplicaciones de fertilizantes durante este estudio. La siembra se realizó el 6 de diciembre de 1994 a razón de 58.000 semillas viables ha⁻¹ y 0,70 m de distancia entre surcos e inoculándose las semillas con un inoculante comercial con base turba no estéril.

El suelo fue clasificado como Hapludol Típico de textura franco-arenosa en el horizonte superior (Alfieri *et al.*, 1991). En la Tabla 1 se presenta la caracterización física y química del suelo en el sitio del ensayo basada en

Tabla 1. Caracterización química y física de la capa de 0 a 30 cm del Hapludol Típico en el sitio del estudio (basado en Díaz-Zorita, 1996). LC= Labranza con arado de rejas, LV= Labranza con cinceles, SD= Siembra directa, MO= materia orgánica, Nt= nitrógeno total, Pd= Fósforo disponible (Bray Kurtz 1), pH en agua, C:N= relación carbono nitrógeno, DA= densidad aparente.

Physicochemical characterization of the Typic Hapludoll (0-30 cm) in the place of the study (based on Díaz-Zorita, 1996). LC = Moldboard plowing, LV = Chisel plowing, SD = No tillage, MO = soil organic matter, Nt = total nitrogen, Pd = available phosphorus (Bray Kurtz 1), pH in water, C:N=carbon: nitrogen ratio, DA=bulk density.

| | MO (%) | Nt (%) | Pd (ppm) | pH | C:N | DA (Mg m ⁻³) |
|----|--------|--------|----------|------|------|--------------------------|
| SD | 2,16 | 0,13 | 14,32 | 6,17 | 9,53 | 1,39 |
| LV | 2,27 | 0,13 | 16,56 | 6,01 | 9,77 | 1,31 |
| LC | 2,16 | 0,14 | 22,39 | 5,95 | 9,17 | 1,29 |

Díaz-Zorita (1996).

En el momento de la siembra del cultivo se determinaron, en la capa superior de los suelos (0 a 20 cm): el contenido de humedad (método gravimétrico), los niveles de nitratos por el método del ácido fenoldisulfónico (Bremner, 1965) y la capacidad de almacenaje de agua o humedad equivalente (método de la bomba de vacío). El contenido relativo de agua del suelo (CRA) se estimó sobre la base del cociente entre el agua total en el momento de la siembra y el nivel considerado en capacidad de campo (Ecuación [1]).

$$CRA = H \times 100 \times HE^{-1} \quad [1]$$

donde H es el contenido gravimétrico de agua y HE el nivel de humedad equivalente, ambos en porcentaje.

A los 70 y 119 días después de la siembra (dds), en los estadios de R1 y R6 (Fehr *et al.*, 1971) respectivamente, se muestrearon cinco plantas por parcela ubicadas consecutivamente sobre el surco central para evaluar la nodulación [número y peso seco total (PST)

de los nódulos]. Con este fin, se discriminaron 2 sectores del sistema radical: raíz principal desde el cuello hasta 5 cm de profundidad y el resto de las raíces. Se consideró la nodulación en los primeros 5 cm de la raíz principal a los nódulos formados sobre dicha porción de la raíz y a los que se encontraban en el primer centímetro de las raíces laterales que nacían en ese segmento. Se estimó el peso individual (PSI) como el cociente entre el peso seco y el número de nódulos. La producción de grano de los cultivos se evaluó por cosecha manual de 10-m² de cada parcela en estadios de madurez fisiológica y fue expresada sobre la base de 14 % de humedad de los granos

El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones, en parcelas de 20 x 40 m² separadas al menos por 1 m en cada bloque y 10 m entre bloques. Los resultados se analizaron utilizando ANOVA de 2 factores en parcelas divididas por fecha de muestreo (sistema labranza y momento de evaluación) y su interacción. Las diferencias entre tratamientos se evaluaron empleando la prueba de Student Neuman & Keuls con 0,01 como nivel de significancia y análisis de regresión empleando el método de selección de variables por stepwise (SAS Institute, 1991).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La nodulación de las plantas de soja mostró diferencias significativas debidas a los tres sistemas de labranza probados. El número, peso seco total y peso seco individual de los nódulos en la porción superior de la raíz principal fue significativamente mayor en SD, no habiendo diferencias en el mismo sector entre las labranzas con remoción. El peso individual de los nódulos en el resto de las raíces resultó uniforme entre tratamientos. El número de nódulos en ese sector fue similar en todos los sistemas de labranza estudiados a los 70 dds, sin embargo los tratamientos se diferenciaron a los 119 dds. El peso total de los

Tabla 2. Número, peso seco total (PST) e individual (PSI) de nódulos de 5 plantas de soja cultivados en un Hapludol Típico bajo tres sistemas de labranza a los 70 y 119 días después de la siembra (dds). Resultados del ANOVA (en las interacciones significativas, se analizaron las fechas de muestreo por separado). LC= labranza convencional con arado de rejas, LV= vertical con arado de cinceles y SD= siembra directa. P 0-5= Raíz principal 0-5 cm, Resto= resto del sistema radical.

Number, total (PST) and single (PSI) dry matter of nodules in 5 soybean roots in a Typic Hapludoll under 3 tillage systems at 70 and 119 days after seeding (dds). ANOVA results (in significant interactions each sample date was evaluated separately). LC= Moalboard plowing, LV= Chisel plowing and SD= No-till. P 0-5= top of the main root (0-5 cm), Resto= the rest of the radical system.

| Fuente de Variación | Significancia del valor F | | | | | |
|---------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | número | | PST | | PSI | |
| | P 0-5 | Resto | P 0-5 | Resto | P 0-5 | Resto |
| Labranza (L) | *** | ** | *** | ** | ** | ns |
| Fecha (F) | *** | *** | ns | *** | ns | ** |
| L x F | ** | ** | ns | ** | ns | ns |

| | | | | | | |
|--------------|-----|-----|----|-----|----|-----|
| Fecha (dds) | 70 | 119 | 70 | 119 | 70 | 119 |
| Labranza (L) | *** | * | ns | ** | * | * |

*, **, ***: indican significancia a p < 0,05; 0,01; 0,001, respectivamente; ns = no significativo.

| dds | Trat. | número | | PST(g) | | PSI(mg) | |
|-------|-------|-------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|
| | | P 0-5 | Resto | P 0-5 | Resto | P 0-5 | Resto |
| Media | LC | | | 0,08 ± 0,05 a | | 2,98 ± 1,21 a | 2,75 ± 1,07 a |
| | LV | | | 0,13 ± 0,10 a | | 4,30 ± 1,05 a | 2,65 ± 0,82 a |
| | SD | | | 0,68 ± 0,21 b | | 6,36 ± 1,61 b | 3,38 ± 0,83 a |
| 70 | LC | 41 ± 14,5 a | 138 ± 49,1 a | | 0,22 ± 0,13 a | | |
| | LV | 31 ± 23,8 a | 155 ± 94,6 a | | 0,27 ± 0,10 a | | |
| | SD | 141 ± 8,7 b | 272 ± 128,1 a | | 0,76 ± 0,37 b | | |
| 119 | LC | 9 ± 6,5 a | 196 ± 73,5 a | | 0,86 ± 0,54 a | | |
| | LV | 23 ± 10,2 a | 752 ± 66,8 c | | 2,45 ± 0,35 b | | |
| | SD | 72 ± 19,3 b | 488 ± 178,7 b | | 1,77 ± 0,21 a b | | |

Datos provenientes de la misma fecha, en la misma columna seguidos por la letras distintas indican diferencias significativas a un nivel del 1 %.

nódulos fue diferente entre sistemas de labranza en ambas fechas de muestreo (Tabla 2).

El número y el peso seco total de los nódulos en la porción superior de la raíz principal disminuyó al avanzar el estado fenológico

del cultivo. En cambio, la nodulación aumentó significativamente en el resto del sistema radical en la segunda fecha de muestreo. Este comportamiento se debería a la senescencia natural de los nódulos (Bergersen, 1958) y a

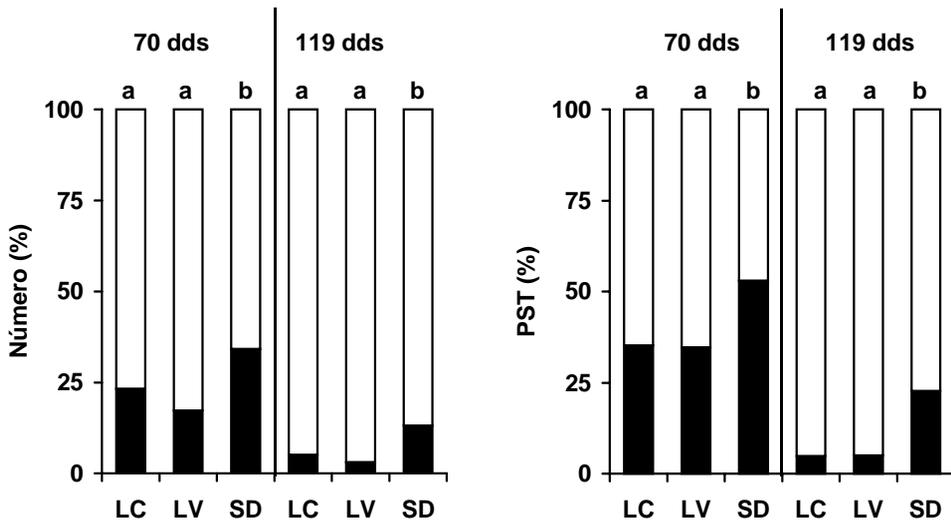


Figura 1. Distribución del número y del peso seco total (PST) de nódulos en raíces de cultivos de soja en un Hapludol Típico bajo tres sistemas de labranza a los 70 y 119 días después de la siembra (dds). LC= labranza convencional con arado de rejas, LV= vertical con arado de cinceles y SD= siembra directa. P 0-5= Raíz principal 0-5 cm, Resto= resto del sistema radical. Letras distintas en la misma fecha indican diferencias significativas a un nivel del 1 %.

Number and dry matter distribution of nodules (PST) in soybean roots in a Typic Hapludoll under 3 tillage systems at 70 and 119 days after seeding (dds). LC= Moalboard plowing, LV= Chisel plowing and SD= No-till. P 0-5= top of the main root (0-5 cm), Resto= the rest of the radical system. Different letters in the same date show significant differences at 1 % level.

la infección de raíces secundarias con cepas naturalizadas (Mc Dermott & Graham, 1989). Se generaron interacciones significativas entre sistemas de labranzas y fechas de evaluación atribuibles a que los procesos de senescencia o de infección secundaria de nódulos se desarrollaron bajo diferentes tasas en respuesta a cambios en el ambiente edáfico (temperatura, humedad, etc.) entre los sistemas de labranza estudiados.

En la Fig. 1 se observa que las plantas de soja presentaron un patrón de nodulación que varió significativamente según el sistema de labranza, con una mayor proporción de nódulos y peso seco total de nódulos en los primeros 5 cm de la raíz principal en SD en las dos fechas de muestreo. No obstante, a los 119 dds la proporción de nódulos en ese sector

disminuyó con respecto al muestreo anterior.

Según Malik *et al.* (1987) el nivel de nitratos en el suelo en las primeras horas posteriores a la siembra del cultivo pueden inhibir la infección de *B. japonicum*. Las prácticas de labranzas con remoción (LC y LV), al favorecer la mineralización de residuos orgánicos, incrementan la disponibilidad de nitrógeno edáfico, en comparación con sistemas de SD (Karlen *et al.*, 1994). En este estudio los niveles de N-NO₃ en la capa arable de los suelos (SD= 10,4±1,8; LV= 11,9±2,1; LC= 12,8±1,6 ppm) no mostraron diferencias significativas entre sistemas de labranza. Tampoco se detectaron relaciones significativas con la nodulación, descartándose así el efecto inhibitorio de estos niveles de nitrógeno del suelo sobre las cepas del inoculante.

El contenido de humedad en el momento de la siembra de los cultivos fue significativamente mayor en el tratamiento de SD ($17,7 \pm 1,4$ %) que en los de LV ($13,9 \pm 1,4$ %) y LC ($14,9 \pm 1,2$ %). Este comportamiento es atribuido a que, en ausencia de remoción y bajo cobertura de residuos, las pérdidas de agua son menores que en suelos laboreados (Lal, 1994). Estudios en el mismo suelo demuestran incrementos en la capacidad de almacenaje de agua en los sistemas de siembra directa con respecto a los sistemas de siembra con remoción (Díaz-Zorita & Basanta, 1996). Este comportamiento es significativo en las capas superficiales del perfil (0-3 cm) dada la estrecha relación entre esta propiedad edáfica y los contenidos de materia orgánica, estratificados por el aporte continuo de residuos y la ausencia de remoción. En este estudio la información disponible no fue significativa para detectar tales diferencias en los niveles de humedad equivalente (SD= $20,7 \pm 1,5$; LV= $20,9 \pm 1,7$; LC= $20,5 \pm 1,2$ %) dado que la pro-

fundidad de muestreo fue de 20 cm, lo que habría atenuado las diferencias entre los tratamientos.

En condiciones de alta presencia de *B. japonicum* naturalizado en el suelo se espera una mayor nodulación a lo largo del ciclo del cultivo en las raíces laterales. Sagardoy (com. pers.), al finalizar la campaña anterior (abril de 1994), determinó alto número de *B. japonicum*, estimado por el método del Número más Probable (Weaver & Frederick, 1972), en el sitio del ensayo con diferencias inducidas por las labranzas [SD= $8,5 \times 10^6$, LV= $8,5 \times 10^7$ y LC= $8,5 \times 10^5$ rhizobios (g de suelo)⁻¹]. La alta nodulación temprana, en el cuello de la raíz, en SD habría condicionado el desarrollo nodular posterior (Kosslak & Bohlool, 1984), explicándose así la menor presencia relativa de nódulos en las raíces laterales.

Varios autores han demostrado que la inoculación en semillas con *B. japonicum* favorece la formación de nódulos en la raíz principal cerca del punto de inoculación, mientras

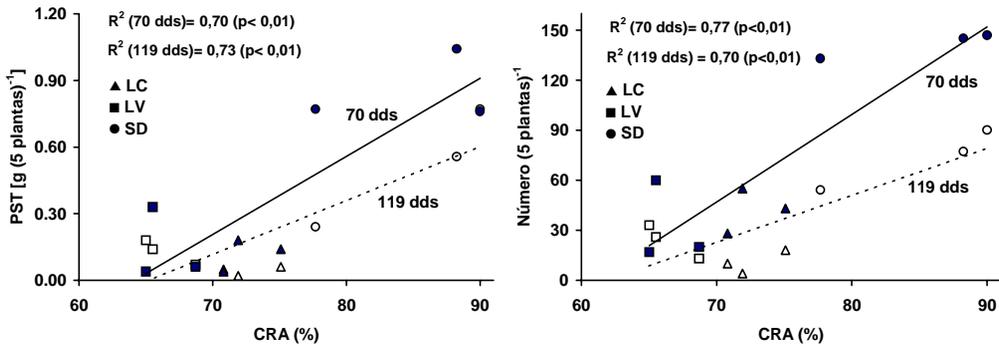


Figura 2. Relación entre el contenido relativo de agua (CRA) de un Hapludol Típico en el momento de la siembra de soja bajo tres sistemas de labranza y a) el número o b) el peso seco total (PST) de nódulos en la los 5 cm superiores de la raíz principal a los 70 (símbolos llenos) y 119 (símbolos vacíos) días después de la siembra (dds). LC= labranza convencional con arado de rejas, LV= vertical con arado de cinceles y SD= siembra directa.

Relationship between the relative water content (CRA) in a Typic Hapludoll at the seeding of soybean crop under 3 tillage systems and a) the number and b) the total dry matter (PST) of nodules in the top of the main root (0-5 cm) at 70 (dark symbols) and 119 (open symbols) days after seeding (dds). LC= Moalboard plowing, LV= Chisel plowing and SD= No-till.

que los nódulos más alejados son formados por las cepas naturalizadas del suelo (Weaver & Frederick, 1974 a; 1974 b; Bhuvanewari *et al.*, 1980; Ciafardini & Barbieri, 1984; Mc.Dermott & Graham, 1989). Además, en la misma campaña y en el mismo suelo en el que se desarrolló este estudio, bajo un sistema de labranzas con remoción, plantas de soja inoculadas presentaron mayor nodulación que las no inoculadas únicamente en los 4 cm superiores de la raíz principal (Díaz-Zorita, inédito). Estos resultados sugieren que la diferencia en la nodulación no se referiría sólo a un efecto de la humedad edáfica sobre la alta población de *B. japonicum* naturalizada, ya que la humedad fue uniforme dentro de un mismo sistema de labranza. Por el contrario, estos antecedentes sugerirían que la infectividad de las cepas provistas por el inoculante resultó mayor en SD que en LC y LV.

Las diferencias en los contenidos relativos de agua (CRA) en el momento de la siembra solo se relacionaron estrechamente con la nodulación en el cuello de la raíz, tanto a los 70 como a los 119 dds (Fig. 2).

Los eventos tempranos en el proceso de infección de la soja juegan un rol crítico en la ocupación de nódulos por las cepas introducidas (Kosslak *et al.*, 1983). La desecación y pérdida de humedad, aún a temperaturas moderadas, es la mayor causa de la muerte rápida de los rizobios sobre la semilla (Vincent *et al.*, 1962; Pena-Cabriales & Alexander, 1979). Estas deficiencias tempranas de agua que afectan la iniciación en la formación de los nódulos resultan en bajas cantidades de nitrógeno atmosférico fijado biológicamente en cultivos de soja (González, 1994). Observaciones similares han sido descritas para cultivos de alfalfa en la región pampeana (Racca *et al.*, 1997). En estos, la alternancia de condiciones favorables y desfavorables para la nodulación explicarían la presencia o ausencia de nódulos en la porción superior de raíces de ese cultivo.

Los rendimientos de grano no fueron sig-

nificativamente diferentes entre los sistemas de labranza estudiados ($SD = 2.373 \pm 213,6$; $LV = 2.463 \pm 418,7$; $LC = 2.122 \pm 700,1 \text{ kg ha}^{-1}$), ni se correlacionaron con los patrones de nodulación descriptos, ni con las propiedades edáficas evaluadas en el momento de la siembra.

CONCLUSIONES

En un Hapludol típico de la región subhúmeda pampeana, los sistemas de LC, LV y SD continuos durante cuatro años inducen a cambios en los contenidos de agua en el momento de la siembra y en los patrones de nodulación de cultivos de soja.

El contenido relativo de agua en el suelo en el momento de la siembra es el factor edáfico que se relaciona más estrechamente con las diferencias en los patrones de nodulación. Las mejores condiciones de humedad en la capa arable, provistas por el sistema de siembra directa, favorecen la mayor infección inicial de cepas de *B. japonicum*.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfieri, A. E., J. C. Viale, & R. E. Sobral. 1991. Carta de suelos del campo experimental de la EEA General Villegas. INTA - CIRN, 90 pp.
- Bergersen, F. S. 1958. The bacterial component of soybean roots nodules: Changes in respiratory activity, cell dry weight and nucleic acid content with increasing nodule age. *Journal of General Microbiology* 19: 312-323.
- Bhuvanewari, T. V., B. G. Turgeon, & W. D. Bauer. 1980. Early events in the infection of soybean (*Glycine max* L. Merr.) by *Rhizobium japonicum*. I. Localization of infectible root cells. *Plant Physiology* 66: 1027- 1031.
- Bremner, J. M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. En: Black CA (Ed). *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy Monograph 9*. ASA. Madison, WI. pp. 1179-1237.
- Ciafardini, G. & C. Barbieri. 1984. Infettività di alcuni ceppi di *Rhizobium japonicum* e tipi di nodulazione nella soia. *L' Informatore Agrario* 19: 67-69.

- Díaz-Zorita, M. & M. del V. Basanta.** 1996. Efectos de las labranzas en las propiedades edáficas de Hapludoles de la región noroeste bonaerense. Actas del XV Congreso Argentino de la Ciencia del suelo. Santa Rosa, La Pampa. pp. 201.
- Díaz-Zorita, M.** 1996. Labranzas en la región subhúmeda bonaerense noroeste. En: Buschiazio D. E., Panigatti J. L., Babinec F. (Eds). Labranzas en la Región Semiárida Argentina. INTA. Argentina. pp. 39-48.
- Fehr, W. R., C. E. Caviness, D. T. Burmood & J. S. Pennington.** 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. Crop Science 2: 929-931.
- González, N.** 1994. Dinámica de la fijación de nitrógeno en soja, en suelos con alta fertilidad nitrogenada. Tesis M. Sc. Curso de Postgrado en Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias-UN Mar del Plata. 60 pp.
- Graham, P. H.** 1992. Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and nodulation under adverse soil conditions. Canadian Journal of Microbiology 38: 475-484.
- Karlen, D. L., N. C. Wollenhaupt, D. C. Erbach, E. C. Berry, J. B. Swan, N. S. Eash & J. L. Jordahl.** 1994. Long-term tillage effects on soil quality. Soil & Tillage Research 32: 313-327.
- Kosslak, R. M. & B. B. Bohlool.** 1984. Suppression of nodule development on one side of a split-root system of soybean caused by prior inoculation of the other side. Plant Physiology 75: 125-130.
- Kosslak, R. M., B. B. Bohlool, S. Dowle & M. J. Sadowsky.** 1983. Competition of *Rhizobium japonicum* strains in early stages of soybean nodulation. Applied and Environmental Microbiology 46: 870-873.
- Lal, R.** 1994. Water management in various crop production systems related to soil tillage. Soil & Tillage Research 30: 169-185.
- Logan, T. J., R. Lal & W. A. Dick.** 1991. Tillage systems and soil properties in North America. Soil & Tillage Research 20: 241-270.
- Malik, S. A., H. E. Calvert & W. D. Bauer.** 1987. Nitrate induced regulation of nodule formation in soybean. Plant Physiology 84: 266-271.
- Mc Dermott, T. & P. H. Graham.** 1989. *Bradyrhizobium japonicum* inoculant mobility, nodule occupancy, and acetylene reduction in the soybean root system. Applied and Environmental Microbiology 55: 2493-2498.
- Milatich, N.** 1993. El cultivo de soja en SD. Actas del II Congreso Nacional de Siembra Directa, Huerta Grande (Córdoba). pp. 187-195.
- Parker, M. B. & C. C. Dowler.** 1976. Effects of nitrogen with trifluralin and vernolate on soybeans. Weed Science 24: 131-133.
- Pena-Cabriales, J. J. & M. M. Alexander.** 1979. Survival of *Rhizobium* in soils undergoing drying. Soil Science Society of America Journal 43: 962-966.
- Racca, R., D. Basigalup, E. Brenzoni, O. Bruno, C. Castell, D. Collino, J. Dardanelli, M. Díaz-Zorita, J. Duahide, N. González, W. Hansen, N. Heinz, F. Laich, A. Lopez, O. Peralta, A. Peticari, A. Quadrelli, E. Rivero, N. Romero & R. Sereno.** 1997. Symbiotic dinitrogen fixation in alfalfa in the Argentine pampean region. 5. International Symposium on Soil and Plant Analysis. Minneapolis, USA.
- SAS Institute.** 1991. SAS User's guide: Statistics. SAS Institute, Cary, NC (USA). 1028 pp.
- Silva, N. I. & M. A. Sagardoy.** 1995. Presencia y propiedades de *Bradyrhizobium japonicum* en suelos cultivados con soja en el noroeste bonaerense. Actas de la XVII Reunión Argentina de Ecología. Mar del Plata, Buenos Aires. pp. 108-109.
- Vincent, J. M., J. A. Thompson & K. O. Donovan.** 1962. Death of root nodule bacteria on drying. Australian Journal of Agricultural Research 13: 258-270.
- Weaver, R. W. & L. R. Frederick.** 1972. A new technique for most-probable-number counts of Rhizobia. Plant and Soil 36: 219-222.
- Weaver, R. W. & L. R. Frederick.** 1974a. Effect of inoculum rate on competitive nodulation of *Glycine max* L. Merrill. I. Greenhouse studies. Agronomy Journal 66: 229-232.
- Weaver, R. W. & L. R. Frederick.** 1974b. Effect of inoculum rate on competitive nodulation of *Glycine max* L. Merrill. II. Field studies. Agronomy Journal 66: 233-236.