

RESPUESTA DE LA SOYA Y EL MANI A *Rhizobium* Y A LA FERTILIZACION CON N, P Y Mo EN UN TYPIC PELLUSTERT DE CAÑAS, GUANACASTE¹

Ronald Vargas *
Carlos Ramirez **

ABSTRACT

Response of soybeans and peanuts to *Rhizobium* and fertilization with N, P and Mo in a Typic Pellustert of Cañas, Guanacaste. Field tests were conducted to evaluate the effect of seed inoculation with *Rhizobium* and of soil fertilization with N, P and Mo, upon nodulation, N nutrition, plant and pod fresh weight and yield of soybeans (*Glycine max* cv. 'Jupiter') and peanuts (*Arachis hypogea* cv. 'Argentina'). Seed inoculation and soil fertilization treatments were: N1 (without N, uninoculated); N2 (30 kg N/ha, uninoculated); N3 (30 kg N/ha, inoculated); M1 (without N, uninoculated, 100 kg P₂O₅/ha, 2.8 kg Mo/ha); M2 (80 kg N/ha, uninoculated, 100 kg P₂O₅/ha, 2.8 kg Mo/ha); and M3 (30 kg N/ha, inoculated, 100 kg P₂O₅/ha, 2.8 kg Mo/ha). The inoculant used was prepared in a peat carrier; the field experiment was planted in a Typic Pellustert near Cañas, Province of Guanacaste, Costa Rica, at 50 masl, under irrigation. At 50% flowering, nodule dry weight, plant dry matter and total N were determined for both crops. At harvest, plant and pod fresh weight were also determined for soybeans, and plant dry weight (aerial portion of ten plants) and total yield of pods per plot, for peanuts. Seed inoculation plus soil fertilization with 30 kg N/ha, 100 kg P₂O₅/ha and 2.8 kg Mo/ha resulted in higher nodule dry weight and plant fresh weight of soybeans and produced the highest yield of peanuts pods at harvest; there was no significant effect on other variables in peanuts. Total soybean N content was also significantly higher (P<0.05) in treatments N2, N3, M2 and M3, with M3 showing the highest value. Soy bean fresh weight was higher in those treatments receiving seed inoculation, namely N3 and M3, with M3 again showing the highest value. It is concluded that seed inoculation and soil fertilization with low dosages of N (30 kg/ha), along with an adequate supply of P and Mo are necessary to increase yield of these legumes.

INTRODUCCION

El grano de soya (*Glycine max* Merr.) es un alimento rico en proteína. A pesar de la gran importancia nutricional y económica que la soya re-

presenta para Costa Rica, existe muy poca investigación sobre este cultivo (Jiménez y Villalobos, 1980).

De igual manera, el cultivo del maní (*Arachis hypogea* L.) en Costa Rica es cada día más importante, pues sus semillas son una excelente fuente de proteína y aceite para el consumo humano. Sin embargo, la producción no es suficiente y anualmente se importan grandes cantidades de esta leguminosa para satisfacer las demandas en el consumo nacional. Una de las estrategias para aumentar la producción de estos cultivos, además de incrementar el área de siembra, es mejorar el manejo agronómico, especialmente en

1/ Recibido para publicación el 13 de abril de 1989.
* Laboratorio de Microbiología de Suelos, Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Miembro del Programa Financiero de Apoyo a Investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT).
** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.

cuanto a la fertilización y a la inoculación con *Rhizobium*.

Tanto en leguminosas de grano como forrajeras, la cantidad de N fijado por simbiosis repercute en la obtención de altos rendimientos y mayores contenidos de proteína (Roughley, 1970). La inoculación de las semillas de leguminosas con cepas de *Rhizobium* altamente efectivas, contribuye con compuestos fisiológicamente activos, los cuales tienen un efecto favorable en el desarrollo de la planta (Ratner *et al.*, 1979).

En algunos suelos, la inoculación de las semillas de soya produjo mejores rendimientos que la fertilización con 60 kg N/ha y aumentó el rendimiento de 240 kg/ha en los tratamientos sin inocular, a 1.440 kg/ha para los tratamientos donde se incluyó la inoculación (Ayanaba y Dart, 1977). Jiménez y Villalobos (1980), en Costa Rica, encontraron efectos altamente significativos de la inoculación sobre la formación de nódulos a los 24 y 98 días de la siembra, así como en el rendimiento y contenido de proteína de las semillas de soya.

Nutman (1976) informa del efecto benéfico de la inoculación acompañada por una fertilización con 20 kg N/ha más 80 kg P₂O₅/ha sobre los rendimientos/ha de maní en cápsula. Los más altos incrementos en la producción de cápsulas (52,3%) y grano (62,6%) se obtuvieron al inocular las semillas con cepas de *Rhizobium* altamente efectivas (Ratner *et al.*, 1979). La aplicación de urea a la siembra tuvo un efecto adverso sobre la producción de cápsulas y grano.

Los beneficios de la aplicación de P, el cual es deficiente en la mayoría de los suelos tropicales, son reconocidos para la producción de soya (Chesney, 1973; IITA, 1974). En Nigeria, el P aumentó el número de nódulos así como su actividad y, lo que es más importante, la producción de grano (Ayanaba y Dart, 1977; Thair, 1970). Hanson, citado por Jiménez y Villalobos (1980) informa de aumentos en la nodulación de soya, como respuesta a dosis de P₂O₅, hasta de 800 kg/ha.

Varios autores señalan el efecto sinérgico de la fertilización fosfórica, y la inoculación (Nutman, 1976; Rezende *et al.*, 1979; Campbell *et al.*, 1979).

Las grandes cantidades de N requeridas por leguminosas de grano en un período de crecimiento tan corto, 3-4 meses, hacen que la demanda por el N del suelo sea alta (Nutman, 1976). Bajo condiciones de campo con contenidos bajos de N, las

plantas pueden sufrir de períodos de inanición antes de que los nódulos inicien su función. En estas circunstancias, la adición de pequeñas cantidades de N inorgánico puede tener un efecto sinérgico, al promover un crecimiento normal durante los primeros estadios de desarrollo, favoreciendo indirectamente el establecimiento de la simbiosis (Roughley, 1970; Ayanaba y Dart, 1977). Por ejemplo, Golapakrishan *et al.* (1964) sugieren que las aplicaciones de niveles bajos de N (25 ppm de NO₃) favorecen la fijación del mismo, ya que aumentan el contenido de leghemoglobina en los nódulos de las raíces de plantas que crecen en suelos deficientes en este elemento. Sin embargo, concentraciones altas de N en el suelo (propio o de fertilizantes), inhiben y limitan la contribución de la fijación en llenar la cuota de N necesaria para el desarrollo de las plantas. En la zona radicular el N en exceso actúa contra la nodulación, al afectar la producción de ácido indolacético o acelerando su destrucción (Tanner, 1963).

Vest *et al.* (1973) estiman que el N atmosférico fijado por *Rhizobium japonicum* en soya, varía entre 80 y 100 kg N/ha, aunque en algunos casos, con el empleo de cepas seleccionadas de la bacteria, este valor ha sobrepasado los 160 kg N/ha. Nutman (1976) encontró aumentos hasta un máximo de 71% en comparación a los testigos sin inocular.

Sin embargo, Sen y Weaver (1981) determinaron que, para maní, el N en combinación con el P reduce el efecto beneficioso de éste último. El efecto anterior posiblemente se deba a que el maní parece ser capaz de fijar biológicamente todo el N que requiere (Corrales, 1969).

El Mo es, en la práctica, uno de los elementos nutritivos que más afectan la fijación de N por las leguminosas (Ayanaba y Dart, 1977). Las deficiencias de este elemento originan pobres respuestas a la inoculación, produciendo deficiencias de N. El Mo es un componente de una de las dos proteínas, que juntas forman la molécula de la nitrogenasa (Ayanaba y Dart, 1977). La fertilización con Mo es muy barata y puede incorporarse satisfactoriamente con la semilla o materiales acarreadores del inoculante bacteriano (Rezende *et al.*, 1979). Se informa de aumentos en el contenido de proteína en las semillas de maní, en el vigor de las plantas y en el rendimiento de cápsulas y grano de maní (Chandra *et al.*, 1980; Haque y Amara, 1978) como resultado de la adición de 1 kg de molibdato de sodio/ha antes de la siembra.

Resulta evidente que la inoculación con cepas altamente efectivas, acompañada por una adecuada fertilización, son los factores a considerar cuando se pretenda obtener los más altos rendimientos (Nambiar y Dart, 1980; Sen y Weaver, 1981; Ratner *et al.*, 1979).

Debido a que no existe mucha información sobre los requerimientos nutricionales de la soya y del maní en asociación simbiótica con *Rhizobium* en Costa Rica y, teniendo presente que los resultados disponibles de otras partes del mundo podrían no ser aplicables a las condiciones locales de suelo, clima, variedades, etc., se procedió a realizar los presentes experimentos de campo, bajo irrigación, en Cañas, una zona cálida, para evaluar el efecto de la inoculación con *Rhizobium* y la fertilización con N, P y Mo sobre el comportamiento de ambas leguminosas.

MATERIALES Y METODOS

El presente experimento se estableció en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, del Ministerio de Agricultura y Ganadería, ubicada a 50 msnm, en el cantón de Cañas, Guanacaste, cuyas coordenadas geográficas son 10°24'48" latitud norte y 85°08'52" longitud oeste. Durante la realización de este experimento, la precipitación pluvial fue escasa, por lo que se aplicó riego aéreo hasta la germinación y por gravedad una vez establecidas las plantas, a intervalos semanales. Las temperaturas mínimas y máximas oscilaron entre los 20 y 22°C, y entre los 30 y 31°C, respectivamente.

La caracterización química y clasificación del suelo en que se sembró el experimento aparecen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Caracterización química del suelo, Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, Cañas, Guanacaste.

| | |
|-----------------------|------------------|
| Materia orgánica | 0,5 |
| pH (H ₂ O) | 6,6 |
| P (mg/L) | 15 |
| Ca (cmol(+)/L) | 19,5 |
| Mg (cmol(+)/L) | 5,3 |
| K (cmol(+)/L) | 1,1 |
| Al (cmol(+)/L) | 0,1 |
| Fe(mg/L) | 10 |
| Cu (mg/L) | 5 |
| Zn (mg/L) | 2,4 |
| Mn (mg/L) | 11 |
| Clasificación | Typic Pellustert |

Tratamientos y diseño experimental

Para estudiar el efecto de la inoculación y de la fertilización con N, P y Mo en el comportamiento de la soya y el maní, se evaluaron, en experimentos individuales para cada cultivo, los siguientes tratamientos: N1 (sin N, sin inocular); N2 (30 kg N/ha, sin inocular); N3 (30 kg N/ha, inoculado con *Rhizobium japonicum* para soya y con *Rhizobium* sp. (grupo Cowpea) para maní); M1 (sin N, sin inocular, 100 kg P₂O₅/ha, 2,8 kg Mo/ha); M2 (80 kg N/ha, sin inocular, 100 kg P₂O₅/ha, 2,8 kg Mo/ha) y M3 (30 kg N/ha, inoculado, 100 kg P₂O₅/ha, 2,8 kg Mo/ha). Como fuente de N, P y Mo se usó Sulfato de Amonio, Superfosfato Triple y Molibdato de Amonio, respectivamente.

Para cada prueba se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones en hileras espaciadas a 60 cm; la parcela experimental para soya fue de 4 hileras y para maní de 6 hileras, ambas con 7,5 m de largo. Como parcela útil se consideraron únicamente las dos hileras centrales con una área de 9 m².

Manejo

La variedad de soya empleada fue la 'Júpiter', desarrollada para regiones tropicales, y para maní se empleó el cv. 'Argentina'.

El combate de malezas se realizó en pre-emergencia utilizando una mezcla de metribuzina (0,50 kg ia/ha) y pendimetalina (0,75 kg ia/ha). Una deshierba manual se realizó cinco semanas después de la germinación.

Preparación del inoculante

El inoculante utilizado para soya fue preparado con *Rhizobium japonicum* Ir2025 procedente del International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, y el utilizado para maní fue preparado con *Rhizobium* sp. (grupo Cowpea). La preparación se realizó en el Laboratorio de Microbiología de Suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

La cepa creció en medio líquido levadura manitol (Vincent, 1980) por 8 días, con agitación constante. El caldo se inoculó a la turba de origen nacional, finamente molida y neutralizada con Carbonato de Calcio en una relación de 10% por peso. La relación caldo-turba fue 1:2. El inoculante se preparó en bolsas de polietileno y se les dio un período de maduración a temperatura

ambiente por dos semanas, antes de almacenarlos en refrigeración hasta su uso (Acuña *et al.*, 1987).

Inoculación de las semillas

Al momento de la siembra se inoculó la semilla de cada leguminosa utilizando goma arábica como adherente. La dosis de inoculación fue de 10 g de inoculante por kg de semilla. Una vez inoculada la semilla de soya se sembró a 5 cm entre plantas y la de maní a 25 cm.

VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron: peso seco de nódulos, peso seco total y concentración total de N, todo de 10 plantas al 50% de floración.

En el caso de la soya, debido a que el cultivo no se cosechó en la completa madurez fisiológica, se procedió a evaluar el peso fresco total, el peso seco de las vainas de 10 plantas y el número promedio de vainas por planta.

Para el maní, a la cosecha se evaluó la producción en cápsula y el peso seco de la parte área de 10 plantas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Soya

El análisis estadístico permitió determinar que hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos para las variables resumidas en el Cuadro 2.

En general, los tratamientos que incluían la inoculación con *Rhizobium* (N3 y M3), fueron significativamente diferentes del resto. Para todas las variables, los valores máximos correspondie-

ron al tratamiento M3 (Cuadro 2), que además de la inoculación incluyó 30 kg N/ha, 100 kg P_2O_5 /ha y 2,8 kg Mo/ha. Estos resultados evidencian el efecto benéfico que sobre el desarrollo de la soya ejercen los inoculantes de alta calidad (Ayanaba y Dart, 1977). La aplicación de N inorgánico a la siembra en pequeñas cantidades, acompañada de una adecuada fertilización con P y Mo, resultó de gran beneficio para una efectiva nodulación y fijación de N, coincidiendo con otras investigaciones (Thair, 1970; Jiménez y Villalobos, 1980). Asimismo, es evidente que la fertilización con P y Mo redundó en la máxima expresión de la relación simbiótica. Rezende *et al.* (1979) y Nutman (1976) han obtenido resultados similares al realizar combinaciones semejantes.

Cuando la dosis de N fue mayor, 80 kg N/ha (tratamiento M2), se redujo significativamente el peso seco de nódulos. Este efecto antagónico del N sobre la nodulación ha sido demostrado por muchos investigadores (Jiménez y Villalobos, 1980; Harper, 1974; Nelson, 1971).

La tendencia observada en los valores de N total es clara; sólo los tratamientos que no incluían fertilización nitrogenada alguna (N1 y M1), presentaron valores bajos (Nambiar y Dart, 1980; Sen y Weaver, 1981).

Los resultados obtenidos demuestran que la contribución de la fijación biológica del N atmosférico en el crecimiento de la soya está íntimamente relacionada con la fertilidad del suelo. Se sugiere continuar este tipo de investigaciones con otros cultivares, considerando el uso de inoculantes de excelente calidad y acompañar dicha práctica con una fertilización adecuada, que incluya N de arranque, P y Mo.

Cuadro 2. Respuesta de la soya, al 50% de floración y a la cosecha, a la inoculación con *Rhizobium* y a la fertilización con N, P y Mo, en un vertisol de Cañas, Guanacaste.

| | Tratamientos | | | | Al 50% de floración | | | A la cosecha | |
|----|--------------|-------------------|-----|-------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| | N | P_2O_5 kg/ha | Mo | Inoculación | Peso seco g/10 pl | Peso seco de nódulos g/10 pl | N total % | Peso fresco kg/9m ² | Peso seco de vainas g/10 pl |
| N1 | 0 | 0 | 0 | no | 129,0 ^d | 0,061 ^c | 3,15 ^b | 11,8 ^d | 332,5 ^c |
| N2 | 30 | 0 | 0 | no | 300,2 ^b | 0,046 ^c | 3,53 ^a | 19,6 ^c | 550,0 ^{bc} |
| N3 | 30 | 0 | 0 | sí | 350,5 ^a | 0,965 ^b | 3,55 ^a | 23,9 ^b | 731,2 ^{ab} |
| M1 | 0 | 100 | 2,8 | no | 179,5 ^{cd} | 0,061 ^c | 2,83 ^b | 19,0 ^c | 385,0 ^c |
| M2 | 80 | 100 | 2,8 | no | 258,2 ^{bc} | 0,013 ^d | 3,53 ^a | 20,0 ^c | 387,5 ^c |
| M3 | 30 | 100 | 2,8 | sí | 336,2 ^a | 1,757 ^a | 3,95 ^a | 27,1 ^a | 858,7 ^a |

a, b, c, d Valores de las columnas seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan al 5%.

Cuadro 3. Respuesta del maní a la inoculación con *Rhizobium* y a la fertilización con N,P, y Mo en un vertisol de Cañas, Guanacaste.

| | Tratamientos | | | | Al 50% de floración | A la cosecha |
|----|--------------|--|-----|-------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | N | P ₂ O ₅ kg/ha | Mo | Inoculación | Peso seco de nódulos g/10 pl | Producción de cápsulas kg/ha |
| N1 | 0 | 0 | 0 | no | 0,24 ^a | 1445 ^c |
| N2 | 30 | 0 | 0 | no | 0,18 ^a | 2197 ^c |
| N3 | 30 | 0 | 0 | sí | 0,16 ^a | 4429 ^{ab} |
| M1 | 0 | 100 | 2,8 | no | 0,26 ^a | 3868 ^{abc} |
| M2 | 80 | 100 | 2,8 | no | 0,12 ^a | 2528 ^{bc} |
| M3 | 30 | 100 | 2,8 | sí | 0,36 ^a | 6577 ^a |

a, b, c Valores de las columnas seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan al 5%.

Maní

Para los tratamientos estudiados se detectaron únicamente diferencias significativas ($P < 0,05$) cuando se evaluó la variable producción total de maní en cápsulas (Cuadro 3). El rendimiento del maní en cápsula del tratamiento N1 (1445 kg/ha) fue ampliamente superado por el tratamiento N3 (4429 kg/ha). Estos resultados coinciden con los encontrados por Golapakrishan *et al.* (1964), quienes explican que el efecto combinado de la inoculación con la fertilización nitrogenada a bajas dosis (30 kg N/ha) es probablemente debido a la necesidad de este elemento en las etapas iniciales de crecimiento, lo cual estimula el desarrollo nodular y consecuentemente la fijación biológica de N.

La simple adición de fertilizante nitrogenado (tratamiento N2) condujo a un aumento en la producción (2197 kg/ha); sin embargo, cuando se mejoró la fertilidad del suelo con la aplicación de P y Mo (tratamiento M1), el aumento en el rendimiento de maní fue aún mayor (3868 kg/ha). Por otro lado, cuando se inoculó las semillas y se corrigió la fertilidad del suelo (tratamiento M3), la producción aumentó 4,5 veces con respecto al tratamiento N1. Estos datos indican que la inoculación con cepas altamente eficientes es requisito indispensable para lograr altos rendimientos en maní (Nambiar y Dart, 1980; Ratner *et al.*, 1979); asimismo, una adecuada fertilización es necesaria para una efectiva actividad fijadora de N en esta leguminosa.

Es importante señalar que el tratamiento N3, que incluyó la inoculación con *Rhizobium* y la adición de 30 kg N/ha, superó en producción total de cápsulas al tratamiento M2 (80 kg N/ha, 100 kg P₂O₅/ha y 2,8 kg Mo/ha). Estos resultados apoyan lo encontrado por Campbell *et al.* (1979) y

Golapakrishan *et al.* (1964), en el sentido que la fertilización nitrogenada acompañada de la fosfórica en el cultivo del maní tiene un efecto negativo sobre la producción.

El peso de nódulos encontrado en todos los tratamientos (Cuadro 3) hizo pensar en la presencia de cepas nativas en el suelo donde se realizó el experimento. Varios autores, citados por Halliday (1980), afirman que los suelos tropicales proveen rizobia que asegura la nodulación sin necesidad de inocular las semillas de leguminosas. Sin embargo, existe la posibilidad de que la leguminosa no encuentre el número adecuado de bacterias compatibles o que éstas no sean eficientes en la fijación biológica de N. A pesar de que el peso seco de nódulos en el tratamiento N1 fue alto (0,24 g), los resultados obtenidos en rendimiento total de cápsulas (Cuadro 3), permiten asegurar que los nódulos evaluados son la resultante de la presencia de cepas nativas infectivas pero de una baja eficiencia en la fijación biológica de N.

El Cuadro 3 muestra también, igual que para soya, que cuando se aumentó la dosis de fertilizante nitrogenado (de 30 a 80 kg N/ha), hubo un efecto negativo en el peso de nódulos; probablemente debido al efecto inhibitorio de las altas dosis de N sobre la nodulación.

El mayor peso seco de nódulos (0,36 g) se encontró en el tratamiento que incluyó la inoculación con cepas eficientes y la corrección de la fertilidad del suelo (tratamiento M3).

El Mo cooperó al aumento observado en el rendimiento de cápsulas de maní. Es de suponer que, al ser un componente indispensable de una de las moléculas de la nitrogenasa, su presencia en el suelo garantizó una alta eficiencia en la fijación, especialmente en aquellos tratamientos donde se inoculó las semillas de maní con bacterias fijado-

ras de alta eficiencia (tratamiento M3) (Corrales, 1969; Chandra *et al.*, 1980).

Como consecuencia de los resultados aquí expuestos, es claro que la inoculación del maní con *Rhizobium*, junto con una adecuada fertilización con N de arranque, P y Mo, es necesaria para aumentar los rendimientos de esta leguminosa en suelos aptos para su cultivo en Costa Rica. Se recomienda usar la misma estrategia con otros cultivos de maní para optimizar la respuesta a la inoculación; asimismo, investigar las posibles interacciones cepa nativa-cultivar-fertilización que permitan una máxima producción.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la inoculación con *Rhizobium* y de la fertilización con N, P y Mo sobre el crecimiento de la soya (*Glycine max* cv. 'Júpiter') y del maní (*Arachis hypogea* cv. 'Argentina'), bajo irrigación, en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, en Cañas, Guanacaste. Los tratamientos estudiados fueron: N1 (sin N, sin inocular); N2 (30 kg N/ha, sin inocular); N3 (30 kg N/ha, inoculado con *Rhizobium japonicum* para soya y con *Rhizobium* sp. para maní); M1 (sin N, sin inocular, 100 kg P₂O₅/ha, 2,8 kg Mo/ha); M2 (80 kg N/ha, sin inocular, 100 kg P₂O₅/ha, 2,8 kg Mo/ha) y M3 (30 kg N/ha, inoculado, 100 kg P₂O₅/ha, 2,8 kg Mo/ha). El inoculante se preparó en suelo de turba como acarreador y el experimento se llevó a cabo en un suelo Typic Pellustert. Se evaluaron las siguientes variables al 50% de floración: peso seco de 10 plantas, N total y peso seco de nódulos. En la cosecha, para la soya se evaluó el peso fresco de 10 plantas, así como el peso de las vainas de esas 10 plantas cosechadas, mientras que para el maní, se midió la producción en cápsula y el peso seco de 10 plantas.

Los resultados obtenidos en soya indican que para el peso seco de 10 plantas los tratamientos N3 (350 g), M3 (336 g) y N2 (300 g) no fueron estadísticamente diferentes entre sí; mientras que sí se diferenciaron de los tratamientos N1 (129 g), M1 (179 g) y M2 (258 g). El peso seco de nódulos fue máximo (P<0,05) en los tratamientos N2, N3, M2 y M3; con el máximo valor observado en este último. El peso seco de las vainas mostró valores más altos en aquellos casos donde se inoculó las semillas, siendo máximo en el tratamiento M3.

En el caso del maní, únicamente se detectaron diferencias significativas (P<0,05) en la producción total de maní en cápsulas. Los tratamientos N3 (4429 kg/ha), M1 (3868 kg/ha) y M3 (6577 kg/ha) no fueron estadísticamente diferentes entre sí, pero fueron significativamente superiores a los tratamientos N1 (1445 kg/ha), N2 (2197 kg/ha) y M2 (2528 kg/ha).

Se concluye que la inoculación de las semillas de soya y maní y la fertilización con bajas dosis de N de arranque (30 kg N/ha), más una adecuada disponibilidad de P y Mo, son necesarias bajo condiciones locales para obtener altos rendimientos en estas leguminosas.

LITERATURA CITADA

- ACUÑA, O. *et al.* 1987. Respuesta de la soya (*Glycine max* Merr.) a la inoculación con diversas cepas de *Rhizobium japonicum* en Liberia, Guanacaste. *Agronomía Costarricense* 11(1):33-37.
- AYANABA, A.; DART, P.J. (eds). 1977. Biological nitrogen fixation in farming systems of the tropics. New York, Wiley & Sons. p. 153-165, 181-187, 189-204, 205-215.
- CAMPBELL, V.A.; WAHLAB, A.H.; MURRAY, H. 1979. Response of peanut to N and minor element fertilization on a newly terraced Ultisol in Jamaica. *Proc. Caribbean Food Crops Soc. (Dominican Republic)* 16:307-317.
- CORRALES, J.L. 1969. Efecto del N, P, K y Ca en el rendimiento de la planta de maní y en la cantidad de aceites del grano. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 41 p.
- CHANDRA, S.; REEDY, S.; PATIL, S.V. 1980. Effect of calcium and sulphur and certain minor nutrient elements on the growth, yield and quality of groundnut (*Arachis hypogea* L.). *Oleagineux* 35(11):507-510.
- CHESNEY, H.A. 1973. Performance of soybeans in the wet tropics as affected by N-P and K. *Agronomy Journal* 65:887-889.
- GOŁAPAKRISHAN, S.; RAJU, P.N.; RAJAGOLAPAN, N. 1964. Mineral nutrition and nitrogen fixation in groundnut. *Current Science* 33(13):391-393.
- HALLIDAY, J. 1980. La fijación biológica del nitrógeno como una agrotécnica transferible en el trópico. *In* Reunión Latinoamericana sobre *Rhizobium*. (10., 1980, Venezuela). Resúmenes. Maracay, Venezuela. p. 1-17.
- HAQUE, I.; AMARA, D.S. 1978. Effect of inoculation and sodium molybdate on groundnuts. *Tropical Grain Legume Bulletin (Nigeria)* 11/12:35-37.

- HARPER, J.E. 1974. Soils and symbiotic nitrogen requirements for optimum soybean productions. *Crop Science* 14:255-260.
- INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. 1974. Seed coating and fertilizer studies in soybeans. *In Annual Report 1974*. Ibadan, Nigeria. p. 112-114.
- JIMENEZ, T.; VILLALOBOS, E. 1980. Respuesta del frijol de soya a la inoculación con *Rhizobium japonicum* y a la fertilización con N y P en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 4(1):1-8.
- NAMBIAR, P.T.C.; DART, P.J. 1980. Studies on nitrogen fixation by groundnuts at ICRISIAT. *In Proceedings of the International Workshop on Groundnuts*. Patancheru, India. p. 110-124.
- NELSON, W.L. 1971. Fertilization of soybeans. *Oleagineux* 26:101-106.
- NUTMAN, P.S. (ed). 1976. Symbiotic nitrogen fixation in plants. Cambridge, Cambridge University Press. p. 239-253, 255-269, 289-299.
- RATNER, E.I. *et al.* 1979. Some characteristics of symbiotic nitrogen fixation, yield, protein and oil accumulation in irrigated peanuts (*Arachis hypogea* L.). *Plant and Soil* 51(3):373-386.
- REZENDE, P.M. *et al.* 1979. Effect of inoculants, molybdenum, limestone and nitrogen supply on nodulation, yield and other characteristics of soybeans (*Glycine max* L.) under "Cerrado" soil conditions. *Ciencia e Practica (Brazil)* 23(2):140-157.
- ROUGHLEY, R.J. 1970. The preparation and use of legume seed inoculants. *Plant and Soil* 32:675-701.
- SEN, D.; WEAVER, R.W. 1981. A comparison of nitrogen fixing ability of peanut, cowpea and siratro plants nodulated by different strains of *Rhizobium*. *Plant and Soil* 60(2):317-320.
- TANNER, J.W.; ANDERSON, J.C. 1963. An external effect of inorganic nitrogen in root nodulation. *Nature* 198:303-304.
- THAIR, W.W. 1970. Review of the world's plant protein resources. FF/IRT/IITA Seminar IV. Grain legume research in West Africa. Ibadan, University of Ibadan, Nigeria. 130 p.
- VEST, G.; WEDER, D.F.; SLOGER, C. 1973. Nodulation and nitrogen fixation in soybeans. *In Soybeans: Improvement, production and uses*. Ed. by D.E. Cadwell. Wisconsin, American Society of Agronomy. p. 353-390.
- VINCENT, J.M. 1970. A manual for the practical study of root-nodule bacteria. Oxford, England, Blackwell Scientific Publications. 164 p. (IBP Handbook no. 15).