

Nota Técnica

**DETERMINACION DE LAS NECESIDADES NUTRICIONALES DE LA SOYA
INOCULADA CON *Rhizobium japonicum* EN UN HUMITRO
PEPT DE GUANACASTE, EN INVERNADERO^{1/}***

Rubén Ortiz **
Oscar Acuña ***
Carlos Ramírez ***
Alvaro Cordero ***

ABSTRACT

Determination of nutritional requirements of soybean inoculated with *Rhizobium japonicum* in a Humitropept from Guanacaste, Costa Rica. The objective of this study was to determine the nutritional requirements of soybean (*Glycine max*) inoculated with *Rhizobium japonicum*. The experiment was conducted in an Andic Ustic Humitropept from Guanacaste, as a greenhouse biological pod test including the following treatments: complete +N, complete -N, -P, -K, -Mg, -S, -B, -Mn, -Zn, -Mo and control. The treatments' levels were determined according to Díaz-Romeu and Hunter (1978) laboratory procedure, on inoculated and non-inoculated soybean plants. The experiment was evaluated at the 50% flowering stage; aerial dry weight and foliar P, Mg, K, Mn and S content were measured. A response to the application of P, S and Zn was found for both inoculated and non inoculated plants.

INTRODUCCION

La relación simbiótica entre las leguminosas y las bacterias del género *Rhizobium* juega un papel importante sobre la economía del N y presenta una marcada influencia en la producción, especialmente en el cultivo de la soya (*Glycine max*).

Este cultivo, como todas las leguminosas, requiere de considerables cantidades de N para

producir buenos rendimientos. Sin embargo, como estas plantas son capaces de obtener el N necesario mediante la fijación simbiótica, por lo general, las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados no influyen significativamente en la producción del cultivo (Parra, 1982; Ramírez, 1982).

El estado nutricional de los suelos influye directamente sobre el proceso de nodulación en la medida en que algunas deficiencias afectan en forma negativa el metabolismo de las plantas. Bajos contenidos de Ca, Mg, P y B inhiben la nodulación y las deficiencias de Mo, Co y Cu no la permiten (Varela, 1982).

Desde el punto de vista fisiológico, la deficiencia de nutrientes dificulta principalmente el crecimiento y la utilización de los azúcares que la planta elabora mediante la fotosíntesis (Parra, 1982).

Una fuerte deficiencia de P y K en el suelo no sólo conduce a una reducción en el rendimiento

1/ Recibido para publicación el 30 de setiembre de 1989.
* Financiado por el Proyecto CONICIT-AID y VI-733-86-107.
** Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
Dirección actual del primer autor: Palma Tica S.A. Apartado 30, 1000 San José, Costa Rica.

de soya sino que también disminuye el valor proteico de la semilla (Parra, 1982).

De Mooy y Peseck (1966) y Jones *et al.* (1977), estudiaron el efecto de la fertilización con P y K sobre el número y peso de nódulos en soya y encontraron que tanto el P como el K aumentaron el número de nódulos por planta y por unidad de volumen de suelo.

Las deficiencias de Ca, Mg y S no son tan comunes como las de N, P y K; sólo suelos muy ácidos muestran alguna respuesta a estos elementos (Ramírez, 1982).

Cuando se presentan algunas deficiencias de elementos menores se afecta el crecimiento de las leguminosas y la mayoría de ellos limitan la fijación de N.

Lo anteriormente expuesto demuestra la importancia que tiene el conocer las necesidades y limitaciones nutricionales de los suelos utilizados para el cultivo de la soya.

Cordero (1972) estudió algunos suelos de Guanacaste y encontró que el P era el elemento más limitante, seguido por el S.

Molina (1973), en su estudio de la fertilidad de 5 suelos de Guanacaste, encontró que todos presentaron una alta respuesta al P y al N; respondieron medianamente al K, al Mg y a los elementos menores y no respondieron al Ca.

Sancho (1982) estudió el suelo de Pijije, Guanacaste, y observó altas deficiencias de N, una severa deficiencia de P y bajos contenidos de S y Zn.

En este trabajo se evaluaron las necesidades nutricionales de la soya en un suelo dedicado a este cultivo en Guanacaste, mediante una prueba biológica de invernadero.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el invernadero del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. El suelo utilizado en el estudio se encuentra ubicado en la secuencia Pijije, Bagaces, Guanacaste y está clasificado como un Andic Ustic Humitropept, cuyas características químicas se presentan en el Cuadro 1.

Se realizó una prueba del elemento faltante, empleando recipientes de 4 L de capacidad a los cuales se les adicionó el suelo y se sembraron con 5 semillas de soya, variedad Júpiter, inoculada y sin inocular según el tratamiento correspondiente.

La inoculación se hizo con un inoculante de *R. japonicum* preparado con la cepa SEMIA 587 proveniente de Brasil, el cual presentó una población de 10^9 células/g.

Se aplicaron los siguientes tratamientos, inoculados y sin inocular:

- 1) Testigo;
- 2) Completo +N;
- 3) Completo -N;
- 4) Completo -P;
- 5) Completo -K;
- 6) Completo -Mg;
- 7) Completo -S;
- 8) Completo -B;
- 9) Completo -Mn;
- 10) Completo -Zn; y
- 11) Completo -Mo.

El diseño estadístico empleado fue el de bloques completos al azar con 4 repeticiones, de tipo anidado.

Las dosis de los elementos adicionales se determinaron de acuerdo al tratamiento óptimo teórico del suelo empleado, el cual se estimó siguiendo la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (1978). Las cantidades aplicadas aparecen en el Cuadro 2, en donde se observa que no hubo adición de Ca, Fe, y Cu, ya que el suelo presentó cantidades iguales o superiores de estos elementos a los establecidos (Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

El experimento se evaluó cuando las plantas alcanzaron el 50% de floración, para lo que se utilizó 2 plantas/recipiente. Las variables analizadas fueron el peso seco de la parte aérea y el contenido total de P, K, Mg, S y Mn en la planta. Las determinaciones de K, Mg y Mn se hicieron en un espectrofotómetro de absorción atómica y el P y S por colorimetría.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 aparecen los pesos secos y el porcentaje de rendimiento relativo obtenidos al inocular y aplicar los diferentes tratamientos. Se tomó como 100% al tratamiento completo más N. Se observa que los tratamientos que presentaron una mayor reducción del peso seco de la parte aérea fueron el testigo, que redujo el rendimiento hasta en un 49% seguido del tratamiento -P, que presentó una reducción de 44% (Cuadro 3). La no aplicación de Zn redujo el peso en un 27% y sin S se redujo en un 18%.

Cuadro 1. Análisis químico del suelo de la secuencia Pijije 3, Bagaces, Guanacaste.

Suelo	pH		M.O.	cmol (+)/kg				mg/kg						
	H ₂ O	KCl	%	K	Ca	Mg	Al	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pijije	6,6	5,8	4,72	0,49	10,4	1,43	0,17	2,7	0,5	0,1	5,5	24	1	1,7

Los elementos P, K, Cu, Fe, Mn y Zn fueron extraídos con solución Olsen Modificada; el Ca, Mg y Al con solución de KCl 1N; y el B y S con CaH₄(PO₄)₂

Cuadro 2. Cantidad de nutrimentos necesarios para alcanzar el tratamiento de fertilización óptima teórica en el suelo de estudio.

Suelo	cmol(+)/kg						mg/kg				
	K	Ca	Mg	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pijije 3	0,18	-	0,25	50	234	44	1,6	-	-	80	15

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos aplicados sobre el peso seco de la parte aérea y las plantas de soya inoculados con *R. japonicum*, y sin inocular.

Tratamiento	Inoculados		Sin inocular	
	Peso seco g/planta	% Rendimiento relativo*	Peso seco g/planta	% Rendimiento relativo*
Completo + N	38,0 a **	100,0	35,20 abc**	100,0
Completo - N	35,15 ab	92,5	38,45 ab	109,2
Completo - P	21,17 cd	55,7	18,10 d	51,4
Completo - K	34,40 ab	90,5	32,70 abc	92,9
Completo - Mg	32,20 ab	87,2	35,90 abc	102,0
Completo - S	31,25 ab	82,2	30,80 c	87,5
Completo - B	38,25 a	100,6	31,92 bc	90,7
Completo - Mn	34,40 ab	90,5	39,22 a	111,4
Completo - Zn	27,67 c	72,8	20,52 d	58,3
Completo - Mo	35,95 ab	94,6	34,62 abc	98,4
Testigo	19,45 d	51,2	22,97 cd	65,2

* Rendimiento relativo = $\frac{\text{Peso seco del óptimo - nutrimento} \times 100}{\text{Peso seco del tratamiento completo + N}}$

** Medias con igual letra en la columna son estadísticamente iguales según la prueba de Duncan al 0,05.

Cuando se evaluaron los pesos secos de la parte aérea sin inoculación se obtuvieron los resultados que aparecen en el Cuadro 3. Se observa que no hubo diferencias en los tratamientos, comparados con los inoculados, ya que los valores más bajos de peso seco se obtuvieron con los tratamientos sin P, Zn, testigo y S, los cuales redujeron el rendimiento en un 49%, 42%, 35% y 13%, respectivamente, mientras que los demás tratamien-

tos no mostraron grandes diferencias cuando se compararon con el completo +N.

Estos resultados demuestran que los elementos más limitantes en el estudio fueron el P y el Zn, seguidos por el S; esto está de acuerdo con el análisis químico del suelo y con los resultados obtenidos por Sancho (1982). La menor disponibilidad de P y S puede ocurrir debido a la presencia de materiales volcánicos amorfos del tipo de la

alofana arrastrados hasta ahí por los ríos, los cuales tienen conocidas propiedades como materiales fijadores de estos elementos. A pesar de que estos suelos presentan grandes deficiencias de N, no se observó respuesta a la aplicación de este elemento.

Si se comparan los resultados obtenidos en los tratamientos -N y +N con y sin inoculación (Cuadro 3), se nota que las variaciones entre ellos no fueron mayores de un 10% del rendimiento, lo que sugiere que cualquier alternativa fue adecuada para llenar las necesidades del cultivo. Esto es, al adicionar suficiente fertilizante nitrogenado, no se consiguió mucho más inoculando; y al no adicionar N, en este caso, la propia flora microbiana nativa resultó ser tan eficiente como la inoculada en el aprovechamiento del N atmosférico.

En el Cuadro 4 se muestran las cantidades de los elementos en la parte aérea; se observa que las menores concentraciones foliares de P y S se obtuvieron cuando no se adicionaron estos elementos.

Estos resultados demostraron la gran importancia que tiene la determinación de las necesidades nutricionales en el cultivo de la soya para cualquier tipo de suelo que se vaya a sembrar. Así

se pueden identificar aquellos elementos que se encuentran en cantidades deficitarias o en niveles tóxicos, lo que permite suministrar al cultivo los nutrimentos necesarios para una adecuada nutrición mineral.

RESUMEN

Se realizó un experimento para determinar las necesidades nutricionales y la respuesta de la soya a la inoculación con *Rhizobium japonicum*, empleando la prueba biológica de invernadero, en un Andic Ustic Humitropept de Guanacaste.

Los tratamientos aplicados fueron: testigo, completo +N, completo -N, -P, -K, -Mg, -S, -B, -Mn, -Zn y -Mo, individualmente, tanto en la soya inoculada como sin inocular; las cantidades se determinaron siguiendo la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (1978). El experimento se evaluó al 50% de floración y las variables analizadas fueron el peso seco de la parte aérea y el contenido foliar de P, Mg, K, Mn y S.

Los menores pesos se obtuvieron cuando no se aplicó P, Zn y S y en el tratamiento testigo, tanto

Cuadro 4. Concentraciones de algunos elementos en la parte aérea, obtenidos mediante la prueba biológica de invernadero en el cultivo de la soya (*Glycine max*) en un suelo de Guanacaste, Costa Rica.

Tratamiento	Inóculo	Concentraciones foliares				
		P ppm	K	Mg %	S	Mn ppm
Completo + N	+	0,30	2,38	0,43	0,75	96,75
	-	0,31	2,43	0,45	0,75	112,00
Completo - N	+	0,34	2,70	0,44	0,65	103,25
	-	0,28	2,23	0,39	0,53	100,50
Completo - P	+	0,17	2,83	0,35	0,25	69,00
	-	0,19	2,95	0,40	0,26	77,00
Completo - K	+	0,36	2,59	0,50	0,57	93,50
	-	0,32	1,99	0,47	0,50	100,50
Completo - Mg	+	0,35	3,00	0,45	0,42	89,75
	-	0,39	2,87	0,44	0,51	109,50
Completo - S	+	0,30	2,62	0,36	0,20	81,25
	-	0,24	2,38	0,33	0,20	63,00
Completo - B	+	0,32	2,78	0,47	0,36	100,25
	-	0,32	2,89	0,47	0,60	83,00
Completo - Mn	+	0,36	2,84	0,62	0,56	75,75
	-	0,25	2,45	0,41	0,65	72,25
Completo - Zn	+	0,45	2,83	0,44	0,27	118,25
	-	0,24	2,57	0,43	0,20	101,75
Completo - Mo	+	0,31	2,77	0,41	0,62	82,75
	-	0,36	2,86	0,46	0,47	89,25
Testigo	+	0,19	2,87	0,36	0,20	51,75
	-	0,15	2,68	0,34	0,20	53,00

en plantas inoculadas como no inoculadas, lo que permite suponer una alta respuesta de la soya a la aplicación de estos elementos. Cuando se analizó el contenido foliar de P y S los valores más bajos se obtuvieron en los tratamientos que no los incluían.

LITERATURA CITADA

- CORDERO, A. 1972. Problemas de fertilidad de algunos suelos de Guanacaste bajo explotación ganadera. Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Noticiero de Agronomía 1(9):1-4.
- DE MOOY, C.; PESECK, J. 1966. Nodulation responses of soybeans to added phosphorus, potassium and calcium salts. *Agronomy Journal* 58:275-280.
- DIAZ-ROMEY, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químicos de suelos y tejido vegetal e investigaciones en invernadero. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 628 p.
- JONES, G.; LUTZ, J.; SMITH, T. 1977. Effects of phosphorus and potassium on soybean nodules and seed yield. *Agronomy Journal* 69:1003-1006.
- MOLINA, G. 1973. Estudios de fertilidad de cinco suelos de Guanacaste. Tesis Ing.Agr. San José, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 88 p.
- PARRA, H. 1982. Fertilización en el cultivo de la soya. *In* Curso Internacional de Soya. (3., 1982, Colombia). Palmira, Instituto Colombiano Agropecuario.
- RAMIREZ, A. 1982. Nutrición mineral de la soya. *In* Curso Internacional de Soya. (3., 1982, Colombia). Palmira, Instituto Colombiano Agropecuario.
- SANCHO, F.; CORDERO, A. 1984. Evaluación de la fertilidad de diez suelos del Pacífico Seco de Costa Rica mediante la técnica del elemento faltante o aditivo. *Agronomía Costarricense* 8(2):111-118.
- VARELA, R. 1982. Nodulación y fijación de nitrógeno en el cultivo de la soya. *In* Curso Internacional de Soya. (3., 1982, Colombia). Palmira, Instituto Colombiano Agropecuario.