

RESPUESTA DE SIRATRO (*Macroptilium atropurpureum*) A LA INOCULACION EN UN SUELO FERSIALITICO ROJO AMARILLENTO LIXIVIADO TIPICO AL VARIAR EL STATUS NUTRITIVO

Mirtha López y A. Cuesta

**Instituto de Ciencia Animal
San José de Las Lajas. La Habana**

Se estudió el efecto de la inoculación y el estado nutricional de un suelo Fersialítico Rojo amarillento lixiviado típico de la Isla de la Juventud, en el comportamiento de la nodulación y en el desarrollo radical del siratro (*Macroptilium atropurpureum*), utilizando la técnica de omisión de nutrientes en un arreglo factorial 2 x 10 en bloques al azar. La inoculación aumentó significativamente en un 55 y 10% el número de nódulos en la raíz principal y raíces secundarias, y en un 14% el número total de nódulos. El P fue el principal nutriente limitante del número y distribución de los nódulos, en los tratamientos inoculados y sin inocular. El menor número de nódulos por planta en la raíz principal, secundaria y totales se obtuvo en el suelo natural (1,65; 3,57 y 3,87) y cuando no se aportó P (2,32; 5,00 y 5,51). La omisión de N triplicó la nodulación con respecto al control ($P < 0,001$). Se presentó interacción entre los tratamientos para la materia seca de los nódulos y raíces, y se evidenció que ambos tuvieron los menores valores cuando se omitió la aplicación de P. Se demostró que el bajo contenido de P de este suelo resulta un factor que limita la nodulación y el desarrollo del siratro.

Palabras clave: *Inoculación, nitrógeno, Macroptilium atropurpureum*

The study of the inoculation effect and the nutritional stage of a red-yellowish fersialitic lixivial typical soil from Isla de la Juventud upon the behaviour of nodulation and radical development of siratro plants (*Macroptilium atropurpureum*) was conducted using the nutritional omission technique in a randomized block design with a factorial arrangement (2 x 10). Inoculation increased significantly the 55 and 10% of the number of nodules at the main root and at the secondary roots, whereas the total number of nodules was increased in 14%. P was found to be the principal limiting nutrient for nodules number and distribution either in the inoculated or in non-inoculate treatments. The least nodules number per plants at the main root, secondary roots and total roots, was obtained in the natural soil (1,65; 3,57 and 3,87) and when P was not supplied (2,32; 5,00 and 5,51). N omission trebled nodulation according to the control ($P < 0,001$). Interactions among treatments occurred at both nodules and roots DM yields. It was evident that both indicators showed the fewest values when the application of P was omitted. The results demonstrate that the low P content from this soil is a factor affecting nodulation and the development of the siratro plants.

Key words: *Inoculation, nitrogen, Macroptilium atropurpureum*

Los primeros estudios desarrollados sobre inoculación de leguminosas en suelo Ferralítico Amarillo en la Isla de la Juventud, demostraron que el rendimiento y la nodulación de siratro (*Macroptilium atropurpureum*), glycine (*Neonotonia wightii*) y desmodium (*Desmodium intortum*) fueron incrementados significativamente al aplicar calcio, fósforo, potasio, boro y molibdeno (López, 1982). No obstante, la efectividad de la inoculación varía además con otros factores como son: especie o variedad de leguminosa, efectividad de las cepas de *Rhizobium* y tipo de suelo. Por ello, la máxima eficiencia a la inoculación sólo podrá obtenerse cuando las condiciones esenciales para el crecimiento de la leguminosa estén satisfechas.

El objetivo del presente trabajo fue conocer la respuesta de siratro a la inoculación en el suelo de la Micro-estación de Pastos de la Isla de la Juventud al variar el estado nutricional en un experimento de omisión de nutrientes.

MATERIALES Y METODOS

Tratamientos y diseño. El efecto de la inoculación y el estado nutricional del suelo en el comportamiento de la nodulación y desarrollo radical de plantas de siratro (*M. atropurpureum*) se estudió en condiciones controladas mediante un diseño de bloques al azar en arreglo factorial con cuatro réplicas; se utilizó la técnica de omisión de nutrientes en un suelo Fersialítico Rojo amarillento típico de la Isla de la Juventud (Academia de Ciencias de Cuba, 1979).

Los tratamientos utilizados fueron Factor A: inoculación y sin inoculación, y Factor B: 1. testigo; 2. todos los nutrientes menos N; 3. todos menos P; 4. todos menos K; 5. todos menos Ca; 6. todos menos Ca como nutriente y como enmienda; 7. todos menos Mg, S y microelementos (B, Cu, Mn, Zn y Mo); 8. todos los nutrientes en media dosis; 9. todos los nutrientes en dosis completa; 10. todos los nutrientes en dosis doble. Los portadores y las dosis de los nutrientes (dosis completa) empleados, aparecen en la tabla 1.

Tabla 1. Fuentes y dosis de los nutrientes empleados.

Nutriente	Fuente	Dosis
N	NO ₃ NH ₄	30 kg/ha
P	PO ₄ H ₃	90 kg/ha
K	ClK	120 kg/ha
Mg	SO ₄ Mg. 7H ₂ O	120 kg/ha del compuesto
Ca	Cl ₂ Ca	120 kg/ha del compuesto
Ca	CO ₃ Ca	2 200 kg/ha del compuesto
Cu	SO ₄ Cu. 5H ₂ O	5 kg/ha del compuesto
Zn	SO ₄ Zn. 7H ₂ O	5 kg/ha del compuesto
Mn	SO ₄ Mn. 7H ₂ O	15 kg/ha del compuesto
B	B ₄ O ₇ Na ₂ . 2H ₂ O	2,5 kg/ha del compuesto
Mo	O ₄ Na ₂ . 2H ₂ O	0,5 kg/ha del compuesto

En la inoculación se utilizó la cepa ICA 1004 (CIAT 79) en inoculante líquido producido en el laboratorio.

Suelo. Las características químicas del suelo de la Microestación de Pastos de Gerona utilizado en el experimento, se presentan en la tabla 2.

Procedimiento. El suelo de cada maceta (3 kg secado al aire y tamizado) fue colocado en bolsas de nylon para aislarlo de las paredes metálicas y así evitar la

absorción de microelementos por las plantas. Los nutrientes fueron aplicados en disolución mediante la adición de 10 ml/maceta. El CO_3Ca se aplicó en polvo y fue mezclado con el suelo.

Después de aplicados los nutrientes se efectuó la siembra de la leguminosa, primero en los tratamientos sin inocular y después en los inoculados para evitar riesgos de contaminación.

Tabla 2. Características químicas del suelo experimental.

Nutriente	Contenido	Interpretación	Método utilizado
pH H ₂ O	4,85	Fuertemente ácido	Potenciómetro
MO %	2,06	Bajo	Walkley y Black
N total %	0,165	-	Kjeldahl
P mg/kg	7,1	Bajo	Bray y Kurtz I
K mg/kg	170,0	Mediano	Maslova modificado (fotometría de llama)
Ca mg/kg	370,0	Bajo	Maslova modificado (Complejometría)
Mg mg/kg	100,0	Mediano	Maslova modificado (fotometría de llama)

En cada maceta se sembraron diez semillas de siratro entresacándose después de germinadas para dejar tres plantas por maceta.

La humedad del suelo se restituía cuando alcanzaba el 75% de la capacidad de campo, adicionándole 250 ml de agua destilada.

Las plantas se cosecharon cuando comenzaron a envainar a los 52 días, y a una altura de 10 cm del suelo. El segundo corte se realizó a los 40 días del primero, a ras del suelo, adelantándose por el ataque de hongo.

Al final del experimento se extrajeron las plantas de cada maceta y se separó el sistema radical para estudiar el número de nódulos en la raíz principal, en la secundaria y el número total, así como la materia seca de los nódulos y raíces.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la nodulación, según los diferentes tratamientos, se presentan en la tabla 3. Se observa, en primer lugar, un efecto significativo de la inoculación al incrementar el número de nódulos en la raíz principal y en las raíces secundarias, así como el número total en un 55, 10 y 14% respectivamente. Este comportamiento de la nodulación indica que la cepa introducida fue capaz de prevalecer en el proceso de infección, logrando incrementar el número de nódulos en la raíz principal con respecto al control. Una respuesta similar para esta misma especie fue encontrada por López (1982) en suelo Ferralítico Rojo y Pardo Grisáceo.

Tabla 3. Número¹ y distribución de los nódulos según los tratamientos de inoculación y fertilización.

	Raíz principal	Raíces secundarias	Totales
Sin inocular	2,22 ^a (5,15)	8,39 ^a (77,40)	8,68 ^a (82,50)
Inoculado	3,46 ^b (12,32)	9,24 ^b (92,00)	9,93 ^b (105,20)
ES±	0,09***	0,23*	0,22*
Control	1,65 ^a (3,12)	3,57 ^a (14,38)	3,87 ^a (17,12)
Todos menos N	3,37 ^c (12,25)	10,15 ^b (104,25)	10,90 ^c (120,25)
Todos menos P	2,32 ^b (5,38)	5,00 ^a (25,62)	5,51 ^b (31,00)
Todos menos K	3,17 ^c (10,67)	9,72 ^b (98,75)	10,26 ^c (109,38)
Todos menos Ca	3,25 ^c (11,00)	10,24 ^b (106,25)	10,80 ^c (117,50)
Todos menos Ca + Ca	2,81 ^{bc} (8,00)	9,91 ^b (100,00)	10,31 ^c (108,25)
Todos menos Mg, S y micro	2,74 ^{bc} (7,95)	9,29 ^b (87,12)	9,70 ^c (99,88)
½ dosis	2,75 ^{bc} (7,62)	10,10 ^b (104,62)	10,48 ^c (112,25)
1 dosis	3,16 ^c (10,50)	9,63 ^b (93,88)	10,16 ^c (104,38)
2 dosis	3,22 ^c (11,12)	10,57 ^b (112,75)	11,07 ^c (124,00)
ES±	0,22***	0,52***	0,50***

a,b,c Medias sin letras en común en cada columna difieren a P<0,05 (Duncan, 1955)

() Medias originales

¹ Nódulos/planta (Transformados según $\sqrt{x}$)

* P<0,05

*** P<0,001

Al observar el efecto de los nutrientes en la nodulación es evidente el efecto limitante del fósforo, que disminuyó el número de nódulos en el sistema radical en relación con el resto de los nutrimentos.

El menor número de nódulos por planta en la raíz principal, raíces secundarias y total, se alcanzó en el tratamiento testigo sin añadir nutrimentos. El mayor número total de nódulos se presentó en el tratamiento donde se aplicaron todos los nutrimentos menos el nitrógeno, aunque sólo difirió significativamente del tratamiento donde se omitió el fósforo. Similares resultados con el nitrógeno fueron señalados por López (1982), quien halló mayor nodulación en siratro, glycine, desmodium y centrosema cuando no aplicó nitrógeno y una inhibi-

ción en el número de nódulos al aplicar 50 kg N/ha.

No se encontraron respuestas significativas en el número de nódulos al incrementar las dosis de fertilizante estudiadas, ni al omitir la aplicación de los restantes nutrimentos.

Las concentraciones de microelementos presentes en el suelo no limitaron el desarrollo de las plantas.

El bajo contenido de P (7,1 mg/kg) de dicho suelo (tabla 2), explica los resultados obtenidos en este trabajo. Un efecto similar fue señalado por Gates (1974) y O'Hara (1977), quienes hallaron que las deficiencias de fósforo disminuyeron el número de nódulos en *Stylosanthes humilis* y en *Trifolium subterraneum*; mientras que Gates (1970) encontró aumentos en el número de nódulos de diferentes leguminosas de pastos tropi-

cales al incrementar el nivel de fósforo hasta 250 kg/ha y Diatloff y Luck (1972) informaron que la simple aplicación de superfosfato en un suelo Krasnozem en Australia, incrementó el porcentaje de plantas noduladas en *N. wightii* cv. Tinaroo de 17 a 58.

Según Robson (1978) la escasez de nutrimentos puede limitar la fijación de nitrógeno, tanto por la afectación del número y peso seco de los nódulos, como por la limitación del desarrollo de la planta. La falta de fósforo en este suelo fue el factor limitante del rendimiento de la materia seca del siratro (Cuesta y López, 1984) e indirectamente a través de este se vio afectado el número y la distribución de los nódulos. Así se corroboró lo planteado por Robson (1978) acerca del efecto indirecto del fósforo en la nodulación, asociado con respuestas al crecimiento en la leguminosa.

Respuestas similares fueron comunicadas por Ayala y Ruíz (1979) para esta misma especie creciendo en los suelos amarillo tropical fase gravilloso y areno pseudohidromórfico de la Isla de la Juventud.

Por otra parte, Crush (1974), Mosse (1967) y Smith y Daft (1977) informaron incrementos en la nodulación y fijación de nitrógeno en leguminosas que aumentaron sus rendimientos al ser inoculadas con micorrizas vesiculares-arbusculares, debido a la capacidad de las mismas de absorber el fósforo de suelos diferentes en este nutrimento y transferirlo a la raíz de la planta.

En el rendimiento de la materia seca de los nódulos (tabla 4) y las raíces (tabla 5) se presentaron interacciones

significativas ($P < 0.01$) entre los diferentes factores estudiados. Independientemente de la interacción, la inoculación generalmente incrementó la MS de los nódulos y disminuyó la de las raíces. Este incremento responde a un mayor número y tamaño de los nódulos en los tratamientos inoculados.

La disminución de la MS de las raíces en los tratamientos inoculados, puede deberse a un menor desarrollo radical de las plantas dependientes del nitrógeno fijado, en comparación con las que utilizan el nitrógeno aplicado como fertilizante mineral o el disponible en el suelo, como ha sido señalado por Cassman (1979).

El fósforo también resultó limitante para la materia seca de los nódulos y las raíces (tablas 4 y 5). Estos resultados coinciden con los de Gates (1974) y O'Hara (1977), quienes señalaron que las deficiencias de fósforo disminuyeron el peso de los nódulos en *S. humilis* y *T. subterraneum*, en contraste con aumentos obtenidos en el peso seco de los nódulos por Gates (1970) y Graham y Hubbell (1974), al incrementar las dosis de fósforo hasta 250 y 900 kg/ha respectivamente.

Los resultados indican que las carencias iniciales de fósforo en este suelo limitan el desarrollo de la planta e indirectamente afectan el comportamiento del número y peso seco de los nódulos y las raíces. Se sugiere la comprobación de dichos resultados en condiciones de campo utilizando diferentes niveles de fósforo.

Tabla 4. Materia seca de nódulos por planta (mg)¹.

	Control	Todos menos N	Todos menos P	Todos menos K	Todos menos Ca	Todos menos Ca + Ca	Todos menos Mg, S y micro	½ dosis	1 dosis	2 dosis
Sin inocular	17,5 ^a	282,5 ^{bcd}	62,5 ^a	210,0 ^b	302,5 ^{cde}	230,0 ^{bc}	270,0 ^{bcd}	230,0 ^{bc}	250,0 ^{bcd}	232,0 ^{de}
inoculado	72,5 ^a	370,0 ^e	60,0 ^a	310,0 ^{cde}	305,0 ^{cde}	325,0 ^{de}	212,5 ^b	262,5 ^{bcd}	260,0 ^{bcd}	275,0 ^{bcd}
ES ±						24,6 ^{**}				

¹ Secas en estufa

a,b,c,d,e,f Medias sin letras en común difieren a P 0,05 (Duncan, 1955)

** P<0,01

Tabla 5. Materia seca de raíces por planta (g)¹.

	Control	Todos menos N	Todos menos P	Todos menos K	Todos menos Ca	Todos menos Ca + Ca	Todos menos Mg, S y micro	½ dosis	1 dosis	2 dosis
Sin inocular	2,34 ^a	9,58 ^{cde}	4,11 ^{ab}	6,52 ^{bc}	9,78 ^{cdef}	10,53 ^{cdef}	10,11 ^{cdef}	9,68 ^{cde}	10,61 ^{def}	12,22 ^{ef}
inoculado	1,14 ^a	7,30 ^{bcd}	2,80 ^a	13,72 ^f	8,61 ^{cde}	8,65 ^{cde}	11,69 ^{ef}	10,41 ^{cdef}	9,96 ^{cdef}	7,24 ^{bcd}
ES ±						1,20 ^{**}				

¹ Secas en estufa

a,b,c,d,e,f Medias sin letras en común difieren a P 0,05 (Duncan, 1955)

** P<0,01

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Departamento de Biometría del ICA los análisis estadísticos de los datos y al personal del laboratorio por la ayuda prestada en la ejecución del trabajo.

REFERENCIAS

- ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA. 1979. Clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. La Habana
- AYALA, J.R. & RUIZ, T. 1979. II Reunión ACPA. Resúmenes. II Parte. p. 140
- CASSMAN, K. 1979. The P nutrition of two grain legumes as affected by mode of N nutrition. In: Thesis Ph. D. University of Hawaii
- CRUSH, J.R. 1974. *New Phytol.* 73:743
- CUESTA, A. & LOPEZ, MIRTHA. 1984. II Jornada Científico-Técnica Universitaria. Resúmenes. Isla de la Juventud. Pág. 81
- DIATLOFF, A. & LUCK, P.E. 1972. *Trop. Grassld.* 5:33
- DUNCAN, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics.* 11:1
- GATES, C.T. 1970. Proc. XI Int. Grassld. Congr. p. 442
- GATES, C.T. 1974. *Plant Soil.* 41:325
- GRAHAM, P.J. & HUBBELL, D.H. 1974. Interacción suelo-planta Rhizobium en la agricultura tropical. En: Manejo de suelos en la América Tropical. North Carolina State Univ. USA. p. 217
- O'HARA, G.W. 1977. The effect of vesicular arbuscular mycorrhizas and phosphorus on growth, nodulation and nitrogen fixation by Subterranean clover. Hans thesis Univ. Western Australia
- LOPEZ, MIRTHA. 1982. Las leguminosas tropicales de pasto y la simbiosis. Tesis en opción al Grado de Candidato a Dr. en Ciencias. ISCAH. La Habana
- MOSSE, B. 1977. *New Phytol.* 78:277
- ROBSON, A.D. 1978. Mineral nutrients limiting nitrogen fixation in legumes. In: Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical East Melbourne. CSIRO. Australia
- SMITH, S.E. & DART, M.J. 1977. *Aust. J. Plant Physiol.* 4:403