

# NODULAÇÃO DE LEGUMINOSAS TROPICAIS PROMISSORAS PARA ADUBAÇÃO VERDE EM SOLO DEFICIENTE EM FÓSFORO<sup>1</sup>

SYLVIA DE SOUZA CHADA<sup>2</sup> e HELVÉCIO DE-POLLI<sup>3</sup>

**RESUMO** - Foi realizado um experimento em casa de vegetação para a verificação da necessidade de inoculação com *Rhizobium* para a nodulação, fixação de nitrogênio e rendimento de matéria seca de nove leguminosas tropicais utilizadas como adubo verde, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo série Itaguaí do Rio de Janeiro com deficiência de P. As espécies utilizadas foram: mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), mucuna-rajada (*Mucuna deeringiana*), mucuna jaspeada (*Mucuna nivea*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), feijão-bravo-do-Ceará (*Canavalia brasiliensis*), guandu (*Cajanus cajan*), lablab (*Lablab purpureus*), *Crotalaria juncea* e *Crotalaria anagyroides*. Os tratamentos com as estirpes introduzidas pelo inoculante e com as estirpes autóctones do solo não apresentaram diferenças significativas quanto ao número de nódulos produzidos, porém as estirpes autóctones produziram significativamente maior peso de nódulos para o feijão-de-porco, mucuna-preta e no somatório de todas as leguminosas. O peso da parte aérea seca e o N-total também não foram diferentes nos dois tratamentos sem N mineral. A aplicação de N-mineral ao solo diminuiu o número e peso de nódulos, mas aumentou o peso da parte aérea e o N-total da parte aérea, indicando que o potencial máximo de produção para essas espécies ainda não foi atingido só com a fixação simbiótica, sendo importante a obtenção de estirpes mais eficientes. Em todos os parâmetros analisados o feijão-de-porco obteve os maiores valores.

Termos para indexação: fixação de nitrogênio, *Rhizobium*, *Mucuna*, *Canavalia*, *Cajanus*, *Lablab*, *Crotalaria*.

## NODULATION OF PROMISING TROPICAL LEGUMES FOR GREEN MANURING IN A PHOSPHORUS DEFICIENT SOIL

**ABSTRACT** - A greenhouse experiment was conducted to verify the need of *Rhizobium* inoculation to improve nodulation, N<sub>2</sub> fixation and plant dry weight of 9 tropical legumes for green manuring in a phosphorus deficient Red-Yellow Podzolic Soil serie Itaguaí of Rio de Janeiro State, Brazil. The following legumes species were used: *Mucuna aterrima*, *Mucuna deeringiana*, *Mucuna nivea*, *Canavalia ensiformes*, *Canavalia brasiliensis*, *Cajanus cajan*, *Lablab purpureus*, *Crotalaria juncea* and *Crotalaria anagyroides*. The treatments with and without inoculation did not show statistical difference for nodule number but for nodule dry weight the autochthonous strains provided higher values for *C. ensiformes*, *M. aterrima* and the weight average of the all legumes. Aerial plant part dry weight and total N of aerial part showed no statistical difference for these two treatments. The application of mineral N fertilizer decreased number and dry weight of nodules and increased the aerial plant part dry weight and total N. This is an indication that maximum potential of production of those plants were not reached only with N<sub>2</sub> fixation, demonstrating the need for the selection of more efficient *Rhizobium* strains for these plant species. For all parameters analysed *C. ensiformes* showed higher values.

Index terms: nitrogen fixation, *Rhizobium*, *Mucuna*, *Canavalia*, *Cajanus*, *Lablab*, *Crotalaria*.

## INTRODUÇÃO

A importância da utilização de leguminosas na prática de adubação verde está estreitamente relacionada com a capacidade que estas plantas possuem de formar sistemas simbióticos com bactérias do gênero *Rhizobium* que fixam o N<sub>2</sub> atmosférico, deixando um saldo significativamente posi-

tivo de nitrogênio no solo quando da sua incorporação. Outras vantagens das leguminosas com adubo verde, citadas por Kage (1984): economia de adubos químicos, com aumento expressivo na produção, diminuição dos efeitos da seca, menor infestação de plantas invasoras, redução da população de nematóides do solo, diminuição dos efeitos da erosão causados por ventos e chuva e melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Além disso, o seu sistema radicular profundo, torna essas plantas capazes de mobilizar nutrientes das camadas mais profundas, aproveitando-os eficientemente para a nutrição da planta (Inforzato 1947).

A maior parte dos trabalhos com leguminosas

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 26 de outubro de 1987. Trabalho apresentado na XVII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo. Londrina, PR. 27.7.86 a 1.8.86.

<sup>2</sup> Enga. - Agra. EMBRAPA/UAPNPBS, km 47, CEP 23851 Seropédica, RJ. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/UAPNPBS.

para adubação verde tem dado atenção à produção de matéria seca (Campo et al. 1979) e aos benefícios que estes proporcionam à fertilidade do solo e às culturas subseqüentes (Miyasaka et al. 1966, Muzilli et al. 1983), sem entretanto dedicar maior atenção à capacidade de nodulação e à eficiência da simbiose destas espécies. J.R. Peres, A.R. Suhet e M.T. Vargas, citados por Franco (1984), isolaram estirpes de *Rhizobium* de seis espécies de leguminosas para adubação verde, fazendo em seguida testes de inoculação cruzada, obtendo em alguns casos maior produção de massa seca com inoculação com estirpe proveniente de outra espécie. Segundo Franco & Souto (1984), o potencial das leguminosas em fixar N<sub>2</sub> atmosférico depende da presença do rizóbio eficiente, assim como da otimização dos demais fatores nutricionais e climáticos. Sabe-se que muitas dessas leguminosas apresentam promiscuidade simbiótica, o que associado à sua distribuição generalizada, faz com que muitas dessas espécies nodulem mesmo sem inoculação. Em certas espécies essa nodulação é eficiente (Lopes 1978). Segundo De-Polli & Franco (1985), apesar da inoculação não ser decisiva para algumas leguminosas tropicais, esta é frequentemente vantajosa para o estabelecimento e crescimento inicial da planta. No caso de leguminosas para adubação verde, é importante que a nodulação, fixação de nitrogênio e produção de massa seca sejam abundantes no solo sem adubação, já que elas são usadas justamente para melhorar a fertilidade do solo.

Este trabalho objetivou verificar, em condições de casa de vegetação e solo deficiente em fósforo, a eficiência das estirpes que estão sendo normalmente utilizadas na inoculação de nove leguminosas tropicais para adubação verde, comparando-as com as populações autóctones de *Rhizobium* no solo.

#### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, em vasos de plástico com 6 kg de solo Podzólico Vermelho-Amarelo (PVA) série Itaguaí do Rio de Janeiro (Mendes et al. 1954) coletado de 0-20 cm, cuja análise de fertilidade, segundo o Método de Análise de Solo do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1979) revelou: 3,7 ppm de P; 91 ppm de K; 2,4 meq/100 cm<sup>3</sup> de

Ca; 2,0 meq/100 cm<sup>3</sup> de Mg; 0,2 meq/100 cm<sup>3</sup> de Al e pH em água de 5,2. Não foi feita nenhuma correção de fertilidade ou acidez do solo.

Foi adotado o delineamento experimental de blocos ao acaso em fatorial 9 x 3, com três repetições e os seguintes tratamentos: nove leguminosas tropicais, mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), mucuna-rajada (*M. deeringiana*), mucuna-jaspeada (*M. nivea*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), feijão-bravo-do-Ceará (*C. brasiliensis*), guandu (*Cajanus cajan*), lablab (*Lablab purpureus*), *Crotalaria juncea* e *C. anagyroides*; e três fontes de N. a) testemunha sem inoculação e sem aplicação de N-mineral; b) sem inoculação e com aplicação de 40 mg/kg de solo de N, na forma de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> à razão de 5 mg/kg de solo semanais, equivalente a uma adubação total de 80 kg/ha de N, e c) inoculação com a estirpe de *Rhizobium* atualmente recomendada, sem N mineral.

A estirpe BR-2003 (CPAC II) foi utilizada para *C. juncea*, *C. anagyroides*, feijão-de-porco, feijão-bravo-do-Ceará e guandu, e a estirpe BR-2811 (CPAC 42) para as três mucunas e para a lablab. As sementes foram inoculadas procedendo-se à inoculação simples, conforme descrito por De-Polli & Franco (1985), imediatamente antes do plantio, em sete de agosto de 1985, deixando-se após o desbaste três plantas por vaso. As plantas foram colhidas em 30 de setembro de 1985, secas a 65°C, avaliando-se o número de nódulos, peso de nódulos, raízes e parte aérea e N-total da parte aérea pelo método semimicro Kjeldahl, conforme descrição de Bremner (1965).

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos com as estirpes introduzidas pelo inoculante e com as estirpes autóctones do solo não apresentaram diferenças significativas quanto ao número de nódulos produzidos, porém as estirpes autóctones produziram significativamente maior peso de nódulos para o feijão-de-porco, mucuna-preta e no somatório de todas as leguminosas. (Tabela 1, 2, 3). Como não foi feito um isolamento e identificação das estirpes de nódulos, não se pode afirmar que foram as estirpes inoculadas que colonizaram as plantas deste tratamento.

Como o solo não foi esterilizado, talvez as estirpes nativas tenham sido mais competitivas, colonizando a raiz primeiro que as estirpes introduzidas no inoculante. Entretanto, um maior peso de nódulos não significa, necessariamente, maior eficiência na fixação, uma vez que não houve diferença significativa no N total acumulado nas plantas entre os dois tratamentos, sendo até freqüente que estirpes ineficientes formem mais nódulos do que as eficientes, como consequên-

TABELA 1. Nodulação e crescimento de nove leguminosas para adubação verde em três tratamentos com inoculação, sem inoculação e com N mineral. Os valores se referem a média de três plantas/vasos, em três repetições.

Fonte de N	Feijão-de-porco	Mucuna-jaspçada	Espécies de leguminosas					Labiab	Guandu	<i>Crotalaria juncea</i>	<i>Crotalaria anagyroides</i>
			Mucuna-preta	Mucuna-rajada	Feijão-bravo-do-Ceará						
Número de nódulos, dms* = 38,7											
Inoculado	223	110	22	31	92	37	45	60	3		
Não inoculado	211	123	33	36	71	33	48	41	12		
Com N mineral	137	63	15	9	22	21	7	0	0		
Peso de nódulos secos (mg), dms = 92,9											
Inoculado	643	417	285	407	211	221	67	5	0,3		
Não inoculado	740	482	460	438	250	202	85	42	8,0		
Com N mineral	365	134	65	53	29	17	3	0	0		
Peso de raízes secas (g), dms = 0,58											
Inoculado	2,03	1,62	1,38	1,14	1,10	1,07	0,61	0,82	0,17		
Não inoculado	2,83	1,52	1,65	1,04	1,27	1,00	0,76	0,99	0,34		
Com N mineral	2,58	2,15	1,90	1,30	1,40	0,98	0,47	0,79	0,27		
Peso da parte aérea seca (g), dms = 1,77											
Inoculado	21,59	11,56	13,09	10,53	10,62	8,83	3,67	4,73	1,06		
Não inoculado	22,28	13,27	13,31	10,78	12,25	8,12	3,44	4,44	1,66		
Com N mineral	25,09	15,36	12,93	11,92	14,79	8,64	3,68	5,15	1,74		
N-total da parte aérea (mg), dms = 68											
Inoculado	330	196	270	126	133	113	76	73	36		
Não inoculado	266	190	250	143	156	96	63	76	56		
Com N mineral	496	300	250	243	226	193	136	160	70		

\* Diferença mínima significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

TABELA 2. Análise de variância dos valores apresentados na Tabela 1.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Número de nódulos	Peso de nódulos secos	Peso de raízes secas	Peso da parte aérea seca	N-Total da parte aérea
Valores de F						
Repetição	2	1,57	6,05	6,85	3,07	0,63
Leguminosas	8	76,14**	138,42**	45,90**	474,10**	67,41**
Fonte de N	2	33,87**	173,22**	3,81*	20,29**	50,84**
Leg. x Fonte N	16	1,94*	9,44**	1,41 ns	3,31**	3,19**
Resíduo	52	-	-	-	-	-
CV (%)	-	35,3	22,5	23,9	8,8	20,0

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns = Não significativo.

cia das diferenças na fisiologia nodular que elas apresentam (Dart, 1974).

A baixa fertilidade do solo, por sua grande deficiência em P e micronutrientes (De-Polli et. al. 1976) pode ter afetado a nodulação, sendo estes, provavelmente, os fatores mais limitantes à fixação de N<sub>2</sub>. Como não foi feito um tratamento comparativo com aplicação de P e micronutrientes, não se pode identificar qual fator foi mais importante. A baixa relação Ca/Mg (excesso de Mg quando

comparado com o Ca) pode ter induzido uma deficiência de Ca nas plantas, o que seria mais um fator limitante à fixação.

A aplicação de N mineral deprimiu o número de nódulos em torno de 50% em relação a média dos outros dois tratamentos, enquanto que o peso de nódulos sofreu redução aproximada de 75% em relação a média das espécies que nodularam com o *Rhizobium* nativo. Em compensação, a aplicação de N mineral aumentou o peso da parte aérea e o

TABELA 3. Médias para as três fontes de N dos dados das nove leguminosas e três repetições (médias de 27 vasos, com três plantas/vasos).

Fontes de N	Número de nódulos	Peso de nódulos secos (mg)	Peso de raízes secas (g)	Peso da parte aérea seca (g)	N total da parte aérea (g)
Com inoculante	69 a *	256 b	1,10 b	9,52 b	151 b
Sem inoculante	67 a	299 a	1,27 ab	9,87 b	145 b
Com N mineral	30 b	74 c	1,32 a	11,03 a	231 a
CV (%)	35,3	22,5	23,9	8,8	20,0

\* Valores na mesma coluna com a mesma letra não diferem entre si significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

N total, quando comparadas as médias das nove leguminosas (Tabela 3), sendo que os incrementos no peso de parte aérea foram pequenos quando comparados com os aumentos no N total, que chegou a 100% para a lablab, guandu e *C. juncea* (Tabela 1).

A mucuna-preta e a *Crotalaria anagyroides* foram as únicas espécies que não responderam ao N mineral, no que tange ao N total da parte aérea. A redução do peso de raízes nas plantas dependentes da simbiose nos tratamentos inoculados (Tabela 3) é um indicativo de que a deficiência de P foi fator limitante da produção nestes tratamentos, já

que o crescimento do sistema radicular é fundamental para a absorção de P do solo.

O feijão-de-porco foi a leguminosa que apresentou os maiores valores em todos os parâmetros analisados (Tabela 4). A seguir se colocaram as três espécies de mucuna e o feijão-bravo-do-Ceará. A *C. juncea* tem registros na literatura de altas produções, mas nas condições testadas ficou muito aquém desses valores alcançados. Resck et al. (1982) trabalhando com quinze leguminosas em latossolo sob vegetação de cerrado, obtiveram mais de 10 t/ha de matéria seca de *C. juncea* cortada aos quatro meses, sendo esta a mais produtiva das quinze testadas.

TABELA 4. Médias para as nove leguminosas dos tratamentos de três fontes de N e três repetições (médias de nove vasos com três plantas/vaso).

Espécies	Número de nódulos	Peso de nódulos secos (mg)	Peso de raízes secas (g)	Peso da parte aérea seca (g)	N total da parte aérea (mg)
Feijão-de-porco	190 a *	583 a	2,48 a	22,99 a	364 a
Mucuna-jaspeada	98 b	338 b	1,76 b	13,40 b	229 b
Mucuna-preta	23 d	270 b	1,65 bc	13,11 b	257 b
Mucuna-rajada	25 d	299 b	1,16 d	11,08 c	171 c
Feijão-bravo-do-Ceará	61 c	163 c	1,26 cd	12,55 b	172 c
Lablab	30 d	146 c	1,02 de	8,53 e	134 cd
Guandu	33 cd	52 d	0,61 ef	3,60 e	92 de
<i>C. juncea</i>	33 cd	31 d	0,87 de	4,77 e	130 de
<i>C. anagyroides</i>	5 d	3 d	0,26 f	1,56 f	55 e
CV (%)	35,3	22,5	23,9	8,8	20,0

\* Valores na mesma coluna com a mesma letra não diferem entre si significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Campo et al. (1979), em experimento em solos de alta fertilidade no norte do Paraná conseguiram produções de 11,78 t/ha de massa seca de *C. juncea*. Já Chada & De-Polli (1985), trabalhando com o mesmo solo PVA série Itaguaí em experimento de campo, colheram aos cinco meses somente 1,57 t/ha de matéria seca, produção excessivamente baixa quando comparada com de outras regiões. Isto parece indicar ser esta leguminosa apropriada para solos de alta fertilidade ou com adubação apropriada.

*C. juncea*, *C. anagyroides*, lablab e guandu tiveram um menor desenvolvimento (Tabela 4), com crescimento inicial bastante lento. Isto torna estas espécies pouco atrativas para adubação verde, se o solo utilizado for o mesmo experimento, já que crescimento rápido, com grande produção de massa verde, é condição indispensável para o sucesso da adubação verde.

#### CONCLUSÕES

1. Os inoculantes utilizados para as espécies testadas não estão sendo mais eficientes que as estirpes nativas, nas condições estudadas. A aplicação de N mineral conferiu melhores produções e teores mais elevados de N na parte aérea, mostrando que o potencial máximo de produção das espécies estudadas ainda não foi atingido somente com o uso da fixação simbiótica de N<sub>2</sub>, sendo importante a obtenção de estirpes mais eficientes.

2. O feijão-de-porco apresentou melhor nodulação, produção de massa e N total acumulado, sendo indicativos de ser a leguminosa mais promissora para a prática de adubação verde em solos pobres em P.

#### REFERÊNCIAS

- BREMNER, J. M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E.; CLARK F.E., ed. Method of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p. 1149-78.
- CAMPO, R.J.; CORDEIRO, D.S.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; PALHANO, J.B. Algumas leguminosas de verão indicadas para adubação verde. Londrina, CNPSO, 1979. 4p. (Comunicado técnico, 1)
- CHADA, S.S. & DE-POLLI, H. Efeito da adubação verde sobre a biomassa microbiana e a fertilidade de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo série Itaguaí; relatório de bolsista. Itaguaí, CNPq/EMBRAPA-UAPNPBS, 1985. 6p.
- DART, P.J. Development of root-nodule symbiosis. 1. The infection process. In: QUISPÉL, A., ed. The biology of nitrogen fixation. Amsterdam, North Holland, 1974. cap. 11, p. 381-429.
- DE-POLLI, H. & FRANCO, A.A. Inoculação de sementes de leguminosas. Itaguaí, EMBRAPA-UAPNPBS, 1985. 31p. (Circular técnica, 1)
- DE-POLLI, H.; SUHET, A.R.; FRANCO, A.A. Micronutrientes limitando a fixação de nitrogênio atmosférico e produção de centrosema em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. Anais. Campinas, s. ed. 1976. p. 151-6.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ, Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979.
- FRANCO, A.A. Contribution of biologically-fixed nitrogen to food crop production in Brasil. In: NITROGEN management in farming systems in humid and subhumid tropics. Ibadan, International Institute of Tropical Agriculture, 1984. p. 147-66.
- FRANCO, A.A. & SOUTO, S.M. Contribuição da fixação biológica de N<sub>2</sub> na adubação verde. In: ADUBAÇÃO verde no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, 1984. p. 199-215.
- INFORZATO, R. Nota sobre o sistema radicular do guandu, *Cajanus cajan* L. Mill sp. e sua importância na adubação verde. *Bragantia*, 7: 125-7, 1947.
- KAGE, H. Prática da adubação verde na Alta Mogiana, em São Paulo e Minas Gerais. In: ADUBAÇÃO verde no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, 1984. p. 129-32.
- LOPES, E.S. Ecology of legume *Rhizobium* symbiosis. In: DÖBEREINER, J.; HURRIS, R.H.; HOLLANDER, A.; FRANCO, A.A.; NEYRA, C.A.; SCOTT, D.B., ed. Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. New York, Plenum, 1978. p.173-90.
- MENDES, W.; LEMOS, P. de O. e C.; LEMOS, R.C.; CARVALHO, L.G. de O.; ROSENBERG, R.J. Contribuição ao mapeamento, em séries, dos solos do Município de Itaguaí. Itaguaí, CNEPA/IEEA, 1954. 53p. (Boletim, 12).
- MIYASAKA, S.; CAMARGO, A.P.; INFORZATO, R.; IGUE, T. Efeitos da Cobertura e da incorporação ao solo, imediatamente antes do plantio, de diferentes formas de matéria orgânica não decomposta na cultura do feijoeiro. *Bragantia*, 25: 349-63, 1966.

- MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.; GERADE, A.C.; TORNERO, M.T. Adubação nitrogenada em milho no Paraná. III. Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. *Pesq. agropec. bras.*, 18 (1): 23-7, 1983.
- RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D.; PEREIRA, J. Efeito de quinze espécies de adubos verdes na capacidade de retenção de água e no controle de nematóides, em Latossolo Vermelho-Escuro sob cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, 17(3):459-67, 1982.