

## EFICIÊNCIA DE NÓDULOS ESTRATIFICADOS POR TAMANHO NO PROCESSO DE FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO E CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO

*Stella Cristiani Gonçalves Matoso*

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do Oeste, Rodovia RO 399, Km 05, Zona Rural, Cep. 76993-000, Colorado do Oeste, Rondônia, Brasil. stella.matoso@ifro.edu.br.

O número total de nódulos é uma variável comum em estudos de fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Entretanto, sua eficiência é questionável, sendo mais adequado indicadores de massa e tamanho de nódulos. O objetivo deste trabalho foi consolidar um tamanho mínimo de nódulo que contribua efetivamente para o acúmulo de nitrogênio na parte aérea e crescimento do feijoeiro. Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $2 \times 5 \times 2$ , que correspondem à aplicação nas sementes de duas fontes (molibdato de sódio e molibdato de amônio) e cinco doses (0,0; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 g kg<sup>-1</sup> de sementes) de molibdênio (Mo), na presença e ausência de um inoculante rizobiano (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088). As variáveis avaliadas foram: massas da parte aérea seca, da raiz seca, total da planta seca, dos nódulos secos e média unitária de nódulos secos, número total de nódulos, nitrogênio total da parte aérea, número de nódulos grandes, médios, pequenos e muito pequenos. A análise estatística consistiu na correlação linear entre as variáveis dentro de cada tratamento. Para aumentar o crescimento do feijoeiro devem-se obter nódulos médios ( $> 2,00$  mm), e menor frequência de nódulos pequenos e muito pequenos ( $\leq 2,00$  mm).

**Palavras-chave:** nodulação, *Phaseolus vulgaris* L., *Rhizobium tropici*.

**Efficiency of nodules stratified by size in the process of biological nitrogen fixation and growth of bean.** The total number of nodes is a common variable in studies of biological nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). However, their effectiveness is questionable, being more suitable indicators of mass and size of nodules. The objective of this work was to consolidate a minimum size of nodule that effectively contributes to the accumulation of nitrogen in shoots and bean growth. Two experiments were conducted in a greenhouse in a completely randomized design in a factorial  $2 \times 5 \times 2$ , which correspond to the application in the seeds of two sources (sodium molybdate and ammonium molybdate) and five doses (0,0; 1,0; 2,0; 3,0 and 4,0 g kg<sup>-1</sup> seed) of molybdenum (Mo) in the presence and absence of an rhizobia inoculant (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088). The variables evaluated were: shoot dry mass of the dried root, total dry plant, dry nodule and average unit of dry nodules, total number of nodes, total nitrogen of shoot, number of nodules large, medium, small and very small. Statistical analysis consisted of linear correlation between variables within each treatment. To increase the growth of bean should be obtained mean nodules ( $> 2.00$  mm), and lower frequency of small and very small nodules ( $\leq 2.00$  mm).

**Key words:** nodulation, *Phaseolus vulgaris* L., *Rhizobium tropici*.

## Introdução

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma fabácea nodulífera com capacidade de estabelecer simbiose mutualista com determinadas espécies de bactérias da família Rhizobiacea e assim se beneficiar do nitrogênio atmosférico fixado por este processo. Porém, ao contrário da soja, no feijoeiro a fixação biológica de nitrogênio (FBN) não é capaz de suprir a necessidade de nitrogênio (N) da cultura (Hungria et al., 1997).

Com isso, as investigações científicas sobre a FBN do feijoeiro são necessárias e relevantes. Para realização destes estudos é frequente a utilização de variáveis indicadoras de nodulação, acúmulo de nitrogênio e crescimento de planta. Variáveis estas que, segundo Vargas et al. (1994), possuem correlação significativa e positiva entre si.

O número total de nódulos (NTN) é frequentemente empregado como variável indicadora de nodulação (Araújo et al., 2007; Guareschi et al., 2009; Moraes et al., 2010). Contudo, nem sempre seu aumento resulta em incrementos de massa da planta e de nitrogênio acumulado na parte aérea (Matoso, 2012).

Há indicativos de que a variável que mais se correlaciona com a elevação dos níveis de nitrogênio e, consequentemente, com o crescimento da planta e produtividade da cultura é a massa nodular e não o número de nódulos (Vargas et al., 1994).

A variável NTN, em experimentos com feijoeiro, além de possuir coeficientes de variação relativamente altos, de até 75,9% (Pelegrin et al., 2009), possui grande variabilidade de valores médios que vão desde 4 (Romanini Júnior et al., 2007) a até 477 nódulos planta<sup>-1</sup> (Moraes et al., 2010). Portanto, é utilizada para comparar tratamentos dentro de um mesmo experimento, principalmente, em situações de presença e ausência de inoculação.

A eficiência da simbiose na fixação do N depende mais do tamanho e massa nodular do que do NTN (Campos et al., 2001). Desta forma, quando predominam nódulos grandes há tendência de ter-se maior massa nodular e, maior quantidade de N fixado. Por outro lado, elevado número de nódulos somente é desejável quando estes se destacam por seu tamanho e massa, pois como a manutenção dos nódulos depende de fotoassimilados da planta, quando estes são pequenos podem representar dreno sem

retorno adequado de N fixado (Vargas et al., 1994).

São necessárias análises mais detalhadas em feijoeiro para afirmações mais conclusivas sobre eficiência da nodulação no processo de FBN e crescimento da planta. Uma estratégia interessante pode ser a estratificação dos nódulos por tamanho, aliada a massa nodular. São muito escassos os trabalhos feitos com esse objetivo (Campanharo, 2006; Kusdra, 2002; Matoso, 2012). Além de não serem encontrados na literatura valores padrões de tamanho de nódulos.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi consolidar um tamanho mínimo de nódulo que contribua efetivamente no processo de fixação biológica de nitrogênio e crescimento do feijoeiro.

## Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação, no setor de Agricultura III do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) Campus Colorado do Oeste, delimitado pelas coordenadas geográficas 60° 29' 59" e 60° 28' 03" de longitude Oeste e 13° 07' 57" e 13° 06' 02" de latitude Sul.

Foram realizados dois experimentos (1 e 2), ambos em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e esquema fatorial 2x5x2, que corresponde respectivamente a duas fontes e cinco doses de molibdênio e presença e ausência de inoculante rizobiano, totalizando vinte tratamentos combinados, com quatro repetições.

Utilizou-se o feijoeiro comum das cultivares IPR Colibri (Experimento 1) e IPR 139 (Experimento 2). Ambas pertencem ao grupo carioca, possuem porte ereto, flor de cor branca e tegumento das sementes bege claro com listras marrom escuras (IAPAR, 2012a). A IPR Colibri apresenta hábito de crescimento tipo I, ciclo de 67 dias, potencial produtivo de 3.971 kg ha<sup>-1</sup> (IAPAR, 2012b). A cultivar IPR 139 possui hábito de crescimento tipo II, ciclo de 89 dias, potencial produtivo de 3.500 kg ha<sup>-1</sup> (IAPAR, 2012a).

Como unidades experimentais utilizou-se vasos plásticos de 1,8 L, confeccionados a partir de garrafas PET (Politereftalato de etileno), contendo como substrato aproximadamente 2 kg de solo classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico típico (EMBRAPA, 2009a), comumente usado com feijão.

Os experimentos diferenciaram-se apenas em relação a cultivar utilizada e ao período experimental, sendo 42 dias para IPR Colibri e 52 dias para IPR 139 contados a partir da semeadura em 30 de agosto de 2011, devido ao período de floração distinto para as duas cultivares.

Com base na análise química foi efetuada a calagem e, levando em consideração que os experimentos foram montados em vasos, trinta dias após, realizou-se uma adubação fosfatada com 200 mg de P, na forma de superfosfato simples (18% de  $P_2O_5$ ), e uma adubação potássica com 100 mg de K, na forma de cloreto de potássio (60% de  $K_2O$ ) (Malavolta, 1980). A semeadura foi realizada quinze dias após a adubação.

Utilizou-se como inoculante rizobiano um produto comercial contendo *Rhizobium tropici* SEMIA 4088 (CPAC H-12) veiculado em turfa esterilizada. O número mais provável (NMP) de células viáveis do produto foi estimado pelo método de diluição seriada e contagem de colônias em placas de Petri contendo ágar manitol extrato de levedura (Andrade e Hamakawa, 1994), obtendo-se  $1,10 \times 10^9$  células viáveis de rizóbio  $g^{-1}$  de inoculante.

As fontes de Mo foram o molibdato de amônio  $[(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O]$ , com 54% de Mo e molibdato de sódio  $(Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O)$ , com 39% de Mo. As doses consistiram em 0,0; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 g de Mo  $kg^{-1}$  de semente.

As sementes utilizadas nos experimentos, foram tratadas com 6 ml  $kg^{-1}$  de solução açucarada a 10%, a fim de garantir maior adesão dos produtos e, em seguida, as fontes e doses de Mo. Nos tratamentos inoculados, utilizou-se 10 g de inoculante turfoso  $kg^{-1}$  de sementes. Após efetuar a secagem das sementes procedeu-se a semeadura de cinco sementes por vaso em profundidade padrão de 2,5 cm. Aos dez dias após a semeadura, entre os estádios fenológicos V2 e V3, efetuou-se o desbaste mantendo-se uma plântula por vaso.

O sistema de irrigação bem como as condições ambientais de umidade relativa do ar e temperatura e do solo (8,5 cm de profundidade) foram monitoradas durante todo o período experimental.

Na instalação dos experimentos o solo apresentou os seguintes atributos químicos: pH ( $CaCl_2$ ) = 6,1; matéria orgânica = 48,4 g  $dm^{-3}$ ; P = 41,5 mg  $dm^{-3}$ ; K = 183 mg  $dm^{-3}$ ; Ca = 6,7 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$ ; Mg = 2,2 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$ ; Al = 0,0 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$ ; H = 1,3 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$ ; soma de bases = 9,4 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$ ; capacidade de troca de cátions =

10,7 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$ ; saturação por bases = 87,7%; saturação por Ca = 62,7%; saturação por Mg = 20,2%; saturação por K = 4,5%; saturação por H = 12,3%; relação Ca/Mg = 3,1; relação Ca/K = 14,1; relação Mg/K = 4,5 (EMBRAPA, 2009b).

Foram determinados também atributos físicos e biológicos do solo. Pela caracterização granulométrica obtiveram-se as seguintes frações: 736 g  $kg^{-1}$  de areia, 67 g  $kg^{-1}$  de silte e 197 g  $kg^{-1}$  de argila (Tedesco, 1995). Com a análise biológica dimensionou-se as populações de rizóbios nativos, estimadas pelo método de infecção em plantas, cultivadas em vaso com solução nutritiva por período de crescimento de 20 dias, com três repetições por amostra e seis diluições ( $10^{-3}$  a  $10^{-8}$ ), obtendo-se  $5,38 \times 10^4$  células viáveis de rizóbio  $g^{-1}$  de solo (Andrade e Hamakawa, 1994).

Realizou-se também a análise química das sementes. Para IPR Colibri, obteve-se N = 32,1 g  $kg^{-1}$ ; P = 3,3 g  $kg^{-1}$ ; K = 13,8 g  $kg^{-1}$ ; Ca = 1,2 g  $kg^{-1}$ , Mg = 1,8 g  $kg^{-1}$ ; S = 2,0 g  $kg^{-1}$ ; Fe = 86,8 mg  $kg^{-1}$ ; Mn = 16,1 mg  $kg^{-1}$ ; Cu = 9,5 mg  $kg^{-1}$ ; Zn = 25,4 mg  $kg^{-1}$ ; Na = 10,0 mg  $kg^{-1}$ ; B = 13,2 mg  $kg^{-1}$ ; Al = 31,4 mg  $kg^{-1}$ ; Co = 0,40 mg  $kg^{-1}$  e; Mo < 0,10 mg  $kg^{-1}$ . Para IPR 139 obteve-se N = 31,8 g  $kg^{-1}$ ; P = 3,9 g  $kg^{-1}$ ; K = 14,2 g  $kg^{-1}$ ; Ca = 1,5 g  $kg^{-1}$ , Mg = 1,9 g  $kg^{-1}$ ; S = 1,8 g  $kg^{-1}$ ; Fe = 123,0 mg  $kg^{-1}$ ; Mn = 17,0 mg  $kg^{-1}$ ; Cu = 12,2 mg  $kg^{-1}$ ; Zn = 29,4 mg  $kg^{-1}$ ; Na = 10,0 mg  $kg^{-1}$ ; B = 11,4 mg  $kg^{-1}$ ; Al = 89,6 mg  $kg^{-1}$ ; Co = 0,30 mg  $kg^{-1}$  e; Mo < 0,10 mg  $kg^{-1}$  (EMBRAPA, 2009b).

As variáveis foram as massas da parte aérea seca (MPAS); da raiz seca (MRS); total da planta seca (MTS); dos nódulos secos (MNS); média unitária de nódulos secos (MMUNS); número total de nódulos (NTN) e; nitrogênio total da parte aérea (NTPA).

A coleta das plantas ocorreu no estádio R6 (floração). O NTN foi obtido a partir da retirada e contagem dos nódulos visualmente perceptíveis, seguido de sua estratificação em número de nódulos classificados como grandes (NG) ( $\geq 3,35$  mm), médios (NM) (entre 3,35 e 2,00 mm), pequenos (NP) (entre 2,00 e 1,00 mm) e muito pequenos (NMP) ( $\leq 1,00$  mm) (Figura 1).

A MMUNS foi obtida pela razão MNS/NTN. Foi realizada a secagem em estufa de ventilação forçada a 65 °C, até massa constante da parte aérea, raízes e nódulos, obtendo-se a MPAS, MRS e MNS, e a partir do somatório destas a MTPS. O NTPA foi determinado

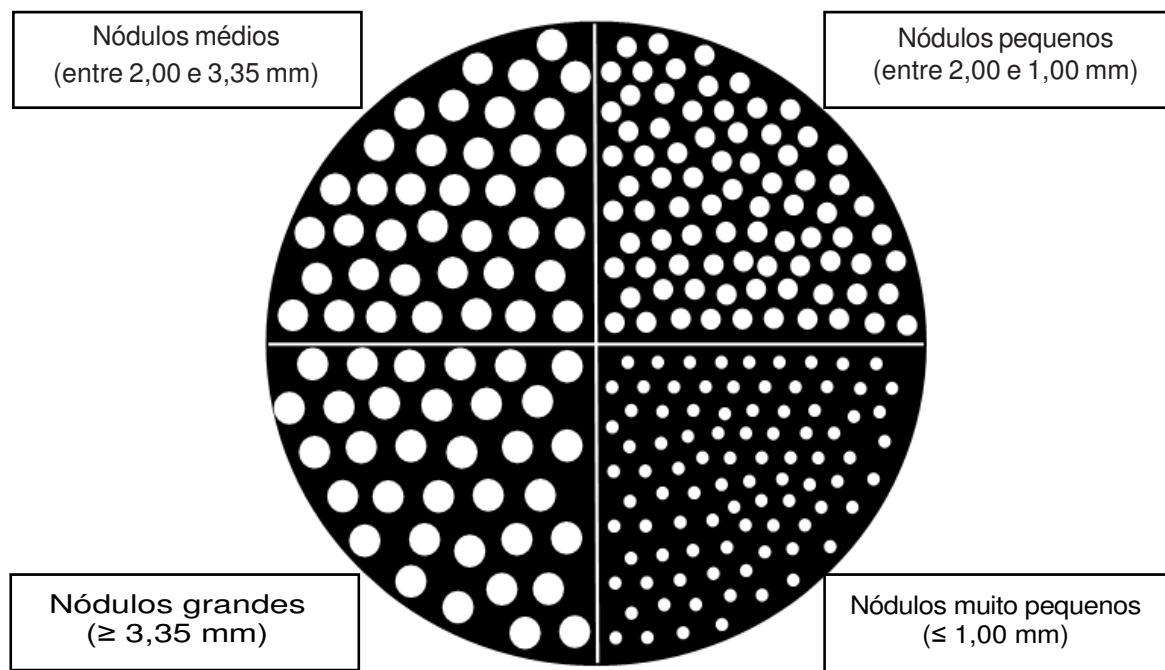


Figura 1 - Disco representativo dos diferentes tamanhos de nódulos, obtidos a partir da estratificação do tamanho de nódulos de feijoeiro.

pelo método Kjeldahl (Tedesco, 1995) e de acordo com a MPAS foi calculado o conteúdo de N em expresso NTPA.

A análise estatística iniciou-se com a verificação de dados discrepantes (outliers) pelo teste de Grubbs, de normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk e de homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. A partir de dados normais efetuou-se a análise de correlação linear entre as variáveis dentro de cada tratamento.

## Resultados e Discussão

Com a estratificação por tamanho dos nódulos do feijoeiro IPR Colibri, verificou-se que, com doses intermediárias (1,0; 2,0; e 3,0 g kg<sup>-1</sup> de sementes) de Mo na forma de molibdato de amônio, obteve-se maior percentual de nódulos médios. Com o uso de molibdato de sódio este resultado se repetiu apenas na presença do inoculante. A ocorrência de nódulos grandes foi insignificante, predominando nódulos pequenos e muitos pequenos (Tabela 1).

Os coeficientes de correlação do feijoeiro IPR Colibri (Tabela 2) demonstram que a MMUNS

correlacionou-se positiva e significativamente com NM e negativamente com o NMP, resultado este explicado pelo fato da MMUNS ter sido obtida pela razão entre a MNS e NTN. Logo, a ocorrência de nódulos maiores eleva a massa média unitária. Houve também correlação significativa e positiva entre NM e NP, demonstrando que há relação de causa e efeito entre estes tamanhos.

O NTN correlacionou-se positivamente com NP e NMP, evidenciando que o NTN é composto em sua maioria por nódulos pequenos e muito pequenos, o que explica a ausência de correlação entre o tamanho dos nódulos com as demais variáveis, pois NM e NG não foram suficientes para alterar a MNS e contribuir para NTPA.

Observa-se que MNS, NTN e MMUNS não se correlacionaram com as variáveis MPAS, MRS, MTPS e NTPA. Estes resultados contrariam os indicativos da literatura (Campanharo et al., 2010; Vargas et al., 1994), que apontam para o aumento do crescimento de planta e do acúmulo de N na parte aérea, mas corroboram os resultados de Brose (1994).

Campanharo et al. (2010) atribuem esse comportamento a relação interespecífica rizóbio planta,

Tabela 1. Estratificação do número total de nódulos (NTN) do feijoeiro IPR Colibri, em função de tamanhos considerados “muito pequeno” (NMP), pequeno (NP), médio (NM) e grande (NG), observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Molibdênio		Inoculante rizobiano	NTN		NMP		NP		NM		NG	
Fonte <sup>1</sup>	Dose <sup>2</sup>		un	%	un	%	un	%	un	%	un	%
MS	0	A	68	100	31	45	34	49	4	6	0	0
MS	1	A	43	100	18	42	23	53	2	5	0	0
MS	2	A	58	100	32	55	25	43	1	2	0	0
MS	3	A	84	100	40	48	41	49	3	4	0	0
MS	4	A	69	100	30	43	37	54	2	3	0	0
MS	0	P	80	100	56	70	24	30	0	0	0	0
MS	1	P	62	100	24	39	36	58	2	3	0	0
MS	2	P	71	100	25	35	39	55	7	10	0	0
MS	3	P	49	100	23	46	21	42	6	12	0	0
MS	4	P	67	100	29	43	38	57	0	0	0	0
MA	0	A	111	100	38	42	52	57	1	1	0	0
MA	1	A	67	100	18	27	42	63	6	9	1	1
MA	2	A	121	100	38	32	65	54	16	13	1	1
MA	3	A	55	100	17	31	33	60	5	9	0	0
MA	4	A	95	100	51	54	44	46	0	0	0	0
MA	0	P	74	100	36	48	39	52	0	0	0	0
MA	1	P	74	100	17	23	43	57	15	20	0	0
MA	2	P	48	100	21	43	26	53	2	4	0	0
MA	3	P	97	100	37	38	55	56	6	6	0	0
MA	4	P	86	100	45	52	40	47	1	1	0	0

<sup>1</sup> MS: Molibdato de sódio; MA: Molibdato de amônio. <sup>2</sup> Em g kg<sup>-1</sup> de semente. <sup>3</sup> A: Ausência (Somente rizóbios nativos); P: Presença (Rizóbios nativos + *Rhizobium tropici* SEMIA 4088).

Tabela 2 – Valores para correlação linear simples entre as variáveis estudadas aos 42 dias após a semeadura, em feijoeiro da cultivar IPR Colibri em Colorado do Oeste, RO, 2011

Variáveis <sup>1</sup>	MRS	MNS	MTPS	NTN	MMUNS	NTPA	NM	NP	NMP
MPAS	0,59**	-0,29 <sup>ns</sup>	0,57**	0,07 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	0,55**	0,04 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
MRS		-0,26 <sup>ns</sup>	0,88**	0,20 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,82**	0,36 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>
MNS			-0,27 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
MTPS				-0,01 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,96**	0,42 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>
NTN					0,01 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,88**	0,64**
MMUNS						0,32 <sup>ns</sup>	0,74**	0,28 <sup>ns</sup>	-0,49*
NTPA							0,35 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,28 <sup>ns</sup>
NM								0,54*	-0,21 <sup>ns</sup>
NP									0,29 <sup>ns</sup>
NMP									

<sup>1</sup> MPAS: massa da parte aérea seca; MRS: massa da raiz seca; MNS: massa dos nódulos secos; MTPS: massa total da planta seca; NTN: número total de nódulos; MMUNS: massa média unitária de nódulos secos; NTPA: nitrogênio total da parte aérea; NM: nódulos médios; NP: nódulos pequenos; NMP: nódulos muito pequenos. \*\* correlação significativa a 1%. \* correlação significativa a 5%. <sup>ns</sup> correlação não significativa.

pois uma determinada estirpe pode formar nódulos com maior massa, porém, proporcionar menor produção biomassa da planta, contrastando com outras que podem apresentar menor massa de nódulos e alto rendimento de parte aérea e acúmulo de N total.

O NTPA apresentou correlação altamente

significativa com as variáveis indicadoras de crescimento de plantas (MPAS e MRS). Este resultado era esperado, pois o N está relacionado à expansão celular e crescimento da planta (Taiz e Zeiger, 2009).

Para o feijoeiro IPR 139 (Tabela 3) observou-se que NP e NMP foram predominantes, porém com

Tabela 3. Estratificação do número total de nódulos (NTN) do feijoeiro IPR 139, em função de tamanhos considerados “muito pequeno” (NMP), pequeno (NP), médio (NM) e grande (NG), observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Molibdênio	Inoculante	NTN		NMP		NP		NM		NG	
		Fonte <sup>1</sup>	Dose <sup>2</sup>	un	%	un	%	un	%	un	%
MS	0	A		38	100	7	24	29	76	0	0
MS	1	A		103	100	14	17	84	81	2	2
MS	2	A		63	100	18	14	51	80	3	5
MS	3	A		49	100	20	14	41	83	1	3
MS	4	A		70	100	24	19	57	81	0	0
MS	0	P		51	100	15	36	33	63	1	1
MS	1	P		65	100	30	31	45	69	0	0
MS	2	P		97	100	9	25	67	69	6	6
MS	3	P		42	100	9	35	28	65	0	0
MS	4	P		57	100	9	52	28	48	0	0
MA	0	A		37	100	28	24	28	76	0	0
MA	1	A		60	100	16	14	50	82	2	3
MA	2	A		68	100	23	13	53	78	6	9
MA	3	A		94	100	10	24	86	73	3	3
MA	4	A		50	100	9	32	34	67	1	1
MA	0	P		78	100	11	29	53	68	2	3
MA	1	P		38	100	14	26	28	74	0	0
MA	2	P		37	100	7	25	28	75	0	0
MA	3	P		66	100	14	16	55	84	0	0
MA	4	P		66	100	18	21	52	79	0	0

<sup>1</sup> MS: Molibdato de sódio; MA: Molibdato de amônio. <sup>2</sup> Em g kg<sup>-1</sup> de semente. <sup>3</sup> A: Ausência (Somente rizóbios nativos); P: Presença (Rizóbios nativos + *Rhizobium tropici* SEMIA 4088).

diferença para o molibdato de sódio, pois na presença do inoculante rizobiano (considerando valores médios entre as doses) ocorreu maior percentual de NMP (63%) do que NP (35%). Na ausência do inoculante foram observados 80% de NP e 18% de NMP, constatando então que as estirpes nativas promoveram nódulos maiores do que quando combinadas com a introduzida. Para o molibdato de amônio a distribuição foi mais homogênea.

Campanharo (2006) avaliando o feijoeiro cultivar Princesa em estádios fenológicos distintos obteve correlações diferentes. Aos 21 dias após a semeadura, verificou correlação significativa e positiva entre MNS e o N acumulado na parte aérea, porém aos 42 dias encontrou correlação significativa e negativa entre MNS e crescimento da raiz, e ausência de correlação entre MNS e tamanho de nódulos com o N da parte aérea. Resultado semelhante ao do presente experimento, que foi avaliado aos 52 dias após a semeadura.

No feijoeiro IPR 139, o aumento de NM contribuiu para o incremento de MRS, MTPS, NTN e MMUNS,

porém não influenciou o NTPA (Tabela 4). Estas correlações corroboram os resultados apresentados por Pereira et al. (1993), que afirmam que quanto maior o NTN e MNS maior é o acúmulo de massa e N na parte aérea. Esta situação foi verificada apenas para as variáveis indicadoras de massa (MTPS e MRS).

Por outro lado os NMP influenciaram negativamente a MNS, NM e NP. Portanto, de modo similar ao feijoeiro IPR Colibri, a elevada frequência de NMP e a quantidade insuficiente de NM e NG para aumentar significativamente a MNS, fizeram com que esta não obtivesse correlação significativa com as variáveis relacionadas à MTPS e NTPA da parte aérea, mas apenas com MMUNS e NTN (Tabela 4).

Observa-se que os diferentes tratamentos influenciaram de forma distinta a formação dos nódulos e a correlação entre as variáveis. Deve-se então buscar combinações entre cultivares de feijoeiro e espécies e/ou estirpes de rizóbio e manejos de adubação molibídica que proporcionem o predomínio de nódulos de tamanho mínimo de 2 mm.

Tabela 4. Valores para correlação linear simples entre as variáveis estudadas aos 52 dias após a semeadura, em feijoeiro da cultivar IPR 139 em Colorado do Oeste, RO, 2011

Variáveis <sup>1</sup>	MRS	MNS	MTPS	NTN	MMUNS	NTPA	NM	NP	NMP
MPAS	0,70**	0,35 <sup>ns</sup>	0,99**	0,12 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,83**	0,43 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>
MRS		0,39 <sup>ns</sup>	0,77**	0,09 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,69**	0,57**	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>
MNS			0,40 <sup>ns</sup>	0,61**	0,79**	0,23 <sup>ns</sup>	0,86**	0,42 <sup>ns</sup>	-0,62**
MTPS				0,13 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,85**	0,49*	0,15 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>
NTN					0,15 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,46*	0,10 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>
MMUNS						0,18 <sup>ns</sup>	0,76**	0,36 <sup>ns</sup>	-0,54 <sup>ns</sup>
NTPA							0,34 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>
NM								0,21 <sup>ns</sup>	-0,46*
NP									-0,96**

<sup>1</sup> MPAS: massa da parte aérea seca; MRS: massa da raiz seca; MNS: massa dos nódulos secos; MTPS: massa total da planta seca; NTN: número total de nódulos; MMUNS: massa média unitária de nódulos secos; NTPA: nitrogênio total da parte aérea; NM: nódulos médios; NP: nódulos pequenos; NMP: nódulos muito pequenos. \*\* correlação significativa a 1%. \* correlação significativa a 5%. <sup>ns</sup> correlação não significativa.

## Conclusões

Os resultados não são conclusivos quanto a um tamanho mínimo de nódulo para aumentar a eficiência da fixação biológica de nitrogênio do feijoeiro. Entretanto, para elevar o crescimento de plantas devem-se obter nódulos de tamanho médio ( $> 2,00$  mm), e menor frequência de nódulos pequenos e muitos pequenos ( $< 2,00$  mm).

## Literatura Citada

- ANDRADE, D. de S.; HAMAKAWA, P. J. 1994. Estimativa do número de células rizóbio no solo e inoculantes por infecção em plantas. In: Hungria, M.; Araujo, R. S. Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. Brasília, DF, EMBRAPA-CNPAF, CNPF. pp.63-94.
- ARAÚJO, F. F. de et al. 2007. Fixação biológica de N<sub>2</sub> no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. Acta Scientiarum Agronomy 29(4):535-540.
- BROSE, E. 1994. Seleção de rizóbio para Trevo-branco em solo ácido. Pesquisa Agropecuária Brasileira 29(2):281-285.

CAMPANHARO, M. 2006. Acidez do solo na fixação biológica do nitrogênio em feijão. Dissertação de Mestrado. Recife, PE, UFRP. 72p.

CAMPANHARO, M. et al. 2010. Acidez do solo na fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro comum. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 5(3):285-290.

CAMPOS, B. C.; HUNGRIA, M.; TEDESCO, V. 2001. Eficiência da fixação biológica de N<sub>2</sub> por estirpes de *Bradyrhizobium* na soja em plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo 25:583-592.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2009a. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Rio de Janeiro, Embrapa-SPI. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2009b. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica. 627p.

GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; ROCHA, A. C. 2009. Inoculação com *Rhizobium tropici* na cultura do feijoeiro comum em solo de Cerrado. Revista de Ciência da Vida (Brasil) 29(1):42-48.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ARAÚJO, R. S. 1997. Fixação biológica de nitrogênio em

- feijoeiro. In: Vargas, M. A. T; Hungria, M. Biologia dos solos dos Cerrados. Planaltina, DF, Embrapa-CPAC. pp.187-258.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Feijão. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=71>>. Acesso em: 23 mar. 2012a.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Cultivar de feijão IPR Colibri. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/iprcolibri.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/iprcolibri.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2012b.
- KUSDRA, J. F. 2002. Nodulação do feijoeiro e fixação biológica do nitrogênio em resposta à microbiolização das sementes e à aplicação de micronutrientes. Tese de Doutorado. Curitiba, PR, UFPR. 128p.
- MALAVOLTA, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres (Brasil). 251p.
- MORAES, W. B. et al. 2010. Avaliação da fixação biológica do nitrogênio em genótipos de feijoeiros tolerantes a seca. *Idesia* (Chile) 28(1):61-68.
- MATOSO, S. C. G. 2012. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. Dissertação de Mestrado. Rio Branco, AC, UFAC. 111p.
- PELEGRIN, R. de et al. 2009. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33(1):219-226.
- PEREIRA, P. A. A. et al. 1993. Selection for increased nodule number in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant and Soil* 148(2):203-209.
- ROMANINI JUNIOR, A. et al. 2007. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. *Bioscience Journal* 23(4):74-82.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2009. Fisiologia vegetal. 4. ed. Porto Alegre, Artmed. 848p.
- TEDESCO, M. J. et al. 1995. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de solos/UFRGS. 174p.
- VARGAS, M. A. T. et al. 1994. Fixação biológica de nitrogênio em solos de Cerrados. Brasília, DF, EMBRAPA, CPAC/SPI. 83p.

