

## DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO À CULTURA DE FEIJÃO IRRIGADO SOB SEMEADURA DIRETA

DOURADO NETO, D.<sup>1,7</sup>; CARVALHO, E.A. de<sup>2</sup>; MANFRON, P.A.<sup>3,7</sup>; FRIZZONE, J.A.<sup>4,7</sup>; PILAU, F.G.<sup>5</sup>; BONNECARRÈRE, R.A.G.<sup>6,7</sup>

**RESUMO:** No sistema de semeadura direta (SSD), foi avaliada a disponibilidade de nitrogênio na produção de feijão. O tratamento T<sub>1</sub> disponibilizou nitrogênio através do solo, o T<sub>2</sub>, através da inoculação das sementes com *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseoly* (RL), imediatamente antes da semeadura, o T<sub>3</sub>, através da inoculação das sementes com RL e da adubação nitrogenada em cobertura (60 kg ha<sup>-1</sup>), utilizando nitrato de amônio (NA), o T<sub>4</sub>, através da inoculação das sementes com Co (cobalto) e Mo (molibdênio), o T<sub>5</sub>, através da inoculação das sementes com Co e Mo e da adubação nitrogenada em cobertura, o T<sub>6</sub>, através da inoculação das sementes com Co, Mo e RL, o T<sub>7</sub>, através da inoculação das sementes com Co, Mo e RL e da adubação nitrogenada em cobertura, o T<sub>8</sub>, através de adubação nitrogenada em cobertura e o T<sub>9</sub>, através da adubação mineral na semeadura com NA e da adubação nitrogenada em cobertura. A adição de Co e Mo à semente, a inoculação de sementes com *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseoly* e a adubação nitrogenada em cobertura constituem uma alternativa, no sentido de disponibilizar nitrogênio para a cultura de feijão comum dentro do sistema de semeadura direta. A adubação nitrogenada na semeadura inibiu a nodulação com rizóbios (nativos e/ou inoculados) e, quando aplicada em cobertura, aumentou a produtividade. O SSD manteve o teor de matéria orgânica no solo, mas não foi eficiente para suprir totalmente a demanda da planta por nitrogênio. A prática da inoculação da semente com Co, Mo e rizóbio, quando comparada à aplicação de N na semeadura e em cobertura, propicia aumento na produtividade de grãos.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*, inoculação de sementes, Mo, Co.

## NITROGEN AVAILABILITY TO IRRIGATED COMMON BEAN CROP

**SUMMARY:** The common bean crop nitrogen (N) availability was evaluated under no tillage systems. The treatment T<sub>1</sub> supplied nitrogen from the soil, the T<sub>2</sub> supplied N through the seed inoculation prior to sowing with *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseoly* (RL), the T<sub>3</sub> through the seed inoculation with RL and N in top dressing with 60 kg ha<sup>-1</sup> of nitrate of ammonium (NA), the T<sub>4</sub> through seed application of Co (cobalt) and Mo (molybdenum), the T<sub>5</sub> through seed application of Co and Mo and N in top dressing, the T<sub>6</sub> through seed inoculation with RL and Co and Mo application, the T<sub>7</sub> through RL seed inoculation, Co and Mo application and N in top dressing, the T<sub>8</sub> through using N in top dressing and the T<sub>9</sub> supplied N using NA in the sowing and in top dressing. The number of nodules, roots, nodules and aerial part dry mass, number of pods and grains, and the mass of 100 grains, the plant N content, the N utilization index and grain yield were evaluated. The Co and Mo application, the seed inoculation with RL, and the N fertilization in top dressing were an option to soil N availability for common bean crop under no tillage system. The N fertilization at sowing date inhibited RL nodules formation (natives and/or inoculated), and when applied in top dressing, increased the productivity. The tillage system was efficient in the maintenance of the organic matter on the soil, but it was not efficient enough to supply the total demand of the plant for nitrogen. The RL inoculation practice and Co and Mo application allowed the grain productivity increment, when compared to N at sowing date and in top dressing.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*, inoculation of seeds, Mo, Co.

<sup>1</sup> Professor do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP. Piracicaba (SP). Caixa Postal 9. Cep: 13.418-900. [dourado@esalq.usp.br](mailto:dourado@esalq.usp.br).

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Economia Rural da Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista.

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria (RS).

<sup>4</sup> Professor do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP. Piracicaba (SP).

<sup>5</sup> Doutorando em Física do Ambiente Agrícola da Universidade de São Paulo. Piracicaba (SP).

<sup>6</sup> Doutorando do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da ESALQ/USP. Piracicaba (SP).

<sup>7</sup> Bolsista CNPq.

Recebido pela Comissão Editorial em: 11.06.03

Aprovado pela Comissão Editorial em: 17.10.03

## INTRODUÇÃO

Um dos fatores que mais limitam a produtividade do feijoeiro é a baixa disponibilidade de nutrientes, sobretudo fósforo e nitrogênio, nos solos agrícolas. Embora a adubação nitrogenada seja recomendada para essa cultura, alguns autores consideram que ela pode não ser economicamente viável, em razão de o custo de intervenção ser superior à perda de receita bruta, quando o rendimento de grãos e o preço de venda são baixos (Silva et al., 1976; Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, 1978; Vargas, et al., 1991).

Desde 1970, o sistema de semeadura direta (SSD) vem sendo utilizado no Brasil com significativa contribuição para o controle da erosão (Mondardo, 1978; Derpersch et al., 1986; Blevins et al., 1997) e para o aumento da matéria orgânica do solo (Sidiras & Pavan, 1994; Thomas, 1990; Kinsela, 1997). A adição de cobalto (Co) e de molibdênio (Mo) à semente e a inoculação da semente com *Rhizobium* auxiliam a fixação biológica de nitrogênio (FBN) pela cultura de feijão no SSD, constituindo um importante fator para viabilizar economicamente o sistema de produção e, conseqüentemente, para incrementar a renda do produtor. O desenvolvimento de métodos e de sistemas de produção que minimizem o uso do nitrogênio mineral e maximizem a produção deve ser incentivado. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a disponibilidade de nitrogênio, no SSD para a produção de feijão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi instalado em área pertencente à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo - ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba – SP (latitude: 22° 42' 30" S; longitude: 47° 38' 30" W; altitude: 546 m). As médias anuais de precipitação pluvial, de temperatura e de umidade relativa do ar são 1370 mm, 23,5°C e 70-80%, respectivamente.

As parcelas foram constituídas de seis linhas (espaçadas em 0,5 m entre si) de 5 m de comprimento por 3 m de largura. O preparo do solo foi realizado a partir da dessecação das plantas daninhas, utilizando-se o herbicida Glifosate (3,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial). A semeadura foi realizada manualmente, em 24 de agosto de 1999, utilizando-se o cultivar Pérola (grupo Carioca), obtendo-se um estande final de 12 plantas por metro linear. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com nove tratamentos e quatro repetições. O sistema de semeadura direta vem sendo utilizado na área experimental desde 1993, não recebendo, nesse período, nenhum tipo de inoculante. O solo local é classificado como Latossolo Vermelho, de textura argilosa, e realizou-se a análise química, para fins de fertilidade, de amostras obtidas na camada de 0,0 a 0,2 m (Tabela 1).

Tabela 1 - Propriedades químicas do solo.

Ano	pH em CaCl <sub>2</sub>	MO g dm <sup>-3</sup>	P(resina) mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB	T	V %
1994	4,8	20	25	3,6	36	15	47	54,6	101,6	54
1995	5,5	33	44	5,1	34	12	31	51,1	82,0	61
1996	5,2	19	30	2,7	46	16	28	64,7	92,7	70
1997	5,0	20	29	3,6	51	23	28	77,6	105,6	73
1998	5,2	18	34	5,7	41	14	31	60,7	91,7	66
1999	5,8	22	21	5,4	54	29	35	88,4	123,7	72

Todos os tratamentos foram adubados na semeadura com 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio) como adubação de manutenção, sendo a adubação nitrogenada em cobertura realizada 25 dias após a emergência das plantas (estádio fenológico V<sub>4</sub>). A descrição dos tratamentos utilizados (formas de fornecimento de nitrogênio às plantas) está na Tabela 2.

A inoculação das sementes foi realizada momentos antes da semeadura, numa concentração mínima de 10<sup>8</sup> células viáveis por grama de turfa. Durante o desenvolvimento da cultura, foram realizadas duas aplicações de flex (fomesafen) (0,25 L ha<sup>-1</sup> de p.c.), visando ao controle, principalmente do picão preto e tratos fitossanitários, visando ao controle de pragas (mosca branca, ácaro branco, cigarrinhas e vaquinhas) e doenças (mancha angular, antracnose), que ocorrem na cultura de feijão na região.

O experimento foi efetuado em regime de irrigação, empregando-se sistema de pivô central, com seu controle realizado de acordo com a metodologia descrita por Frizzone et al., 1982. Por ocasião do florescimento

(estádio fenológico R6), foram avaliadas as seguintes variáveis: (a) massa seca vegetal, avaliada em 12 plantas coletadas ao acaso na parcela. Folhas, ramos e raízes foram lavadas com água destilada e secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60-70°C, até a massa constante; (b) teor de nitrogênio na planta, utilizando as 12 plantas oriundas da determinação do material seco, que foram moídas em moinho tipo Willey e submetidas à digestão sulfúrica (Sarruge & Haag, 1974), procedendo-se à destilação em destilador de nitrogênio microkjeldhal; (c) número de nódulos por planta, determinado através da contagem manual de nódulos em 6 plantas por tratamento.

Na colheita (ponto de maturidade fisiológica das plantas), foram coletadas todas as plantas na área de cada parcela para a determinação de: (a) número de vagens por planta; (b) número médio de grãos por vagem; (c) rendimento de grãos, transformando-se a massa de grãos obtidos para kg ha<sup>-1</sup> (umidade de 13%), (d) massa de 100 grãos, coletada ao acaso, em duas amostras de 100 grãos por parcela, (e) massa seca das raízes, avaliada em 12 plantas coletadas ao acaso em

**Tabela 2** - Descrição dos tratamentos, especificando o produto comercial (*Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseoly* - RL, nitrato de amônio - NA - na semeadura - S - e em cobertura - C), a dose e o sistema de produção (convencional - SC, semi-orgânico - SSO - e low input - SLI).

Tratamento	Aplicação		Dose		Sistema
	semente	solo	g por 50 kg de semente	kg ha <sup>-1</sup> de N	
T <sub>1</sub>	Testemunha		-	-	SC
T <sub>2</sub>	RL		400	-	SSO
T <sub>3</sub>	RL	NA	400	60 (C)	SLI
T <sub>4</sub>	Co-Mo		116,7	-	SSO
T <sub>5</sub>	Co-Mo	NA	116,7	60 (C)	SLI
T <sub>6</sub>	RL+Co-Mo		400+116,7	-	SSO
T <sub>7</sub>	RL+Co-Mo	NA	400+116,7	60 (C)	SLI
T <sub>8</sub>	-	NA	-	60 (C)	SC
T <sub>9</sub>	-	NA	-	20 (S)+60 (C)	SC

parcela. As raízes foram lavadas com água destilada e secas em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 60-70°C, até a massa constante, e (f) massa seca dos nódulos, avaliada em 6 plantas por parcela. Os nódulos, após a contagem manual, foram secos em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 60-70°C, até a massa constante. O delineamento experimental utilizado, bem como o esquema de análise de variância empregado foram descritos por Gomes (1976), utilizando-se, para a comparação de médias, o teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

Do resultado obtido na análise foliar (estádio fenológico R<sub>6</sub>), o teor de nitrogênio na planta (Tn, g kg<sup>-1</sup>) e a massa seca da parte aérea (MSpa, g pl<sup>-1</sup>) foram utilizados para o cálculo do índice de utilização do nitrogênio (IUN, %). O IUN é a relação entre a massa seca da parte aérea e o teor de nitrogênio na planta, o qual pode ser relacionado com o rendimento de grãos. Para o cálculo do IUN (%), foi então utilizada a equação 1.

$$IUN = \frac{MSpa \cdot Tn}{10} \quad (1)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da massa seca da parte aérea das plantas, do teor de nitrogênio, e do número de nódulos

encontram-se na Tabela 3. Houve diferença estatística, no nível de probabilidade de 10%, entre os tratamentos testados para a produção de massa seca da parte aérea. As maiores médias foram obtidas nos tratamentos T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>, estatisticamente iguais, diferenciando-se dos demais tratamentos, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>9</sub>, que também foram estatisticamente iguais entre si.

Dentre os tratamentos testados sem adubação nitrogenada e sem cobertura (excluindo a testemunha T<sub>1</sub>), as maiores médias foram encontradas nos tratamentos T<sub>4</sub> (semente inoculada com Co e Mo) e T<sub>6</sub> (semente inoculada com RL, Co e Mo), e a menor média foi encontrada no T<sub>2</sub> (semente inoculada com RL). Isso indica que a inoculação da semente com Co e Mo atendeu à demanda da planta por nitrogênio e proporcionou um desenvolvimento superior ao dos tratamentos T<sub>8</sub> e T<sub>9</sub>, que receberam adubação nitrogenada, porém não receberam RL, Co e Mo (Tabela 3).

Os tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>8</sub> e T<sub>9</sub> foram adotados em função de uma significativa parcela de produtores brasileiros utilizarem essa prática para o fornecimento de nitrogênio à cultura do feijão. Nesse caso, a massa seca da parte aérea no tratamento T<sub>9</sub>, que recebeu adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura, foi igual à massa do tratamento T<sub>1</sub>, que não recebeu nenhum tipo de adubação nitrogenada. O feijoeiro sob o tratamento T<sub>1</sub> apresentou desenvolvimento semelhante ao

**Tabela 3** - Massa seca da parte aérea (MSpa, g pl<sup>-1</sup>) do feijoeiro (cv. Pérola), teor de nitrogênio (Tn, g kg<sup>-1</sup>) na planta e número de nódulos (Nn) por planta no florescimento (estádio fenológico R<sub>6</sub>), referentes aos nove tratamentos. Piracicaba, SP. 1999.

Variável	Tratamento									
	<sup>1</sup> Un	<sup>2</sup> T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
MSpa**	g pl <sup>-1</sup>	8,74 <sup>b</sup>	8,66 <sup>b</sup>	10,55 <sup>b</sup>	13,69 <sup>a</sup>	13,57 <sup>a</sup>	11,59 <sup>a</sup>	13,68 <sup>a</sup>	10,64 <sup>b</sup>	8,89 <sup>b</sup>
Tn*	g kg <sup>-1</sup>	34 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	37 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	36 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	36 <sup>a</sup>
Nn*	-	74 <sup>cd</sup>	158 <sup>a</sup>	100 <sup>bc</sup>	162 <sup>a</sup>	62 <sup>cd</sup>	165 <sup>a</sup>	74 <sup>cd</sup>	134 <sup>ab</sup>	36 <sup>d</sup>

<sup>1</sup>unidade; <sup>2</sup>tratamentos: Tabela 2; Média seguida pela mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* 5% e \*\*10% de probabilidade.

dos tratamentos que receberam adubação nitrogenada ( $T_8$  e  $T_9$ ), mas cujas sementes não foram inoculadas com RL, Co e Mo. Isso mostra que o desenvolvimento da planta, sob o tratamento  $T_1$ , foi devido ao fornecimento de N pelo solo, através do sistema de semeadura direta adotado.

Nota-se que os tratamentos que tiveram os melhores resultados para o rendimento de grãos ( $T_7$ ,  $T_5$ ,  $T_4$  e  $T_6$ ) também tiveram os melhores resultados para a massa seca da parte aérea. Observa-se, nesses tratamentos ( $T_7$ ,  $T_5$ ,  $T_4$  e  $T_6$ ), que todos receberam adubação nitrogenada em cobertura, exceto os tratamentos  $T_4$  e  $T_6$ , sugerindo que a adubação nitrogenada em cobertura pode ser suprimida, quando a semente for inoculada com Co e Mo.

Destaque deve ser dado à forma como foi fornecido o molibdênio. Amano et al. (1994) forneceram molibdênio via foliar. Neste estudo, o fornecimento foi através da inoculação da semente, imediatamente antes da semeadura. Nos tratamentos  $T_3$ ,  $T_5$ ,  $T_7$ , que tiveram em comum a adubação nitrogenada em cobertura, as maiores médias para a massa seca da parte aérea foram obtidas nos tratamentos  $T_5$  e  $T_7$ , destacando-se a inoculação com Co e Mo.

Com relação ao teor de nitrogênio na planta, não foi observada diferença estatística entre todos os tratamentos, indicando que esse elemento não foi limitante ao crescimento e ao desenvolvimento da planta. O tratamento  $T_1$ , sem adubação nitrogenada e sem inoculação apresentou teor de nitrogênio acima do nível crítico de 30 g kg<sup>-1</sup> (Ambrosano et al., 1996), indicando que o estabelecimento da simbiose com estirpes nativas e a adoção do SSD foram suficientes para atender a parte da demanda da planta por nitrogênio, mas não foram suficientemente eficientes para garantir a produtividade máxima da variedade cultivada estudada. Isso indica que a maior disponibilidade de N para a planta ocorre através da adoção de práticas culturais que melhoram a fertilidade

do solo, e não propriamente da melhoria da relação simbiótica entre a planta e o rizóbio. Phia & Munns (1987), comparando o efeito da inoculação de estirpes nativas e selecionadas em feijão em casa-de-vegetação, verificaram que nenhuma das variáveis de produção e de fixação biológica de nitrogênio (FBN) avaliadas foram afetadas negativamente pelas estirpes nativas, indicando que o baixo desempenho dos feijões cultivados no campo não pode ser atribuído ao efeito da competição com as estirpes de rizóbio nativo pelos sítios de nodulação na planta. Assim, a nodulação encontrada no tratamento  $T_1$  pode ser atribuída única e exclusivamente às estirpes nativas presentes no solo, e serviu como um excelente parâmetro para identificar o efeito da inoculação entre os tratamentos testados.

Considerando que na testemunha (tratamento  $T_1$ ), houve nodulação, o aumento na quantidade de nódulos encontrados nos tratamentos  $T_2$ ,  $T_4$  e  $T_6$  pode ser atribuído ao efeito da inoculação com RL, Co e Mo. Nota-se que houve uma redução na nodulação nos demais tratamentos, em relação aos tratamentos  $T_2$ ,  $T_4$  e  $T_6$ . Essa redução é explicada pela adubação nitrogenada e pela sua negativa influência sobre a nodulação. O tratamento  $T_9$  que recebeu adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura, apresentou em média 35,6 nódulos por planta, sendo essa a menor média entre os tratamentos testados.

Na Tabela 4, são apresentados os resultados referentes à massa seca das raízes e aos nódulos, ao número de vagens por planta, ao número de grãos por vagem e ao rendimento de grãos. Cabe salientar que houve diferença estatística entre os tratamentos. Quando a semente foi inoculada com Co e Mo ( $T_4$ ) ocorreu um incremento na massa seca das raízes, da ordem 59%, em relação à testemunha ( $T_1$ ). Quando a semente foi inoculada com Co e Mo e recebeu adubação nitrogenada em cobertura ( $T_6$ ), o incremento da massa seca das

**Tabela 4** - Massa seca de raízes (MSr) e de nódulos (MSn), número médio de vagens por planta (Nv) e de grãos por vagem (Ng), massa de 100 grãos ( $M_{100}$ ) e rendimento de grãos (Rg) do feijoeiro, cv. Pérola, inoculado com *Rhizobium leguminosrum* bv. *Phaseoly*, Co e Mo nos diferentes tratamentos.

Variável	Tratamento									
	<sup>1</sup> Un	<sup>2</sup> T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
MSr	<sup>3</sup> g pl <sup>-1</sup>	1,15 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,49 <sup>a</sup>	1,83 <sup>a</sup>	1,93 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	2,03 <sup>a</sup>	1,77 <sup>a</sup>	1,78 <sup>a</sup>
MSN	<sup>4</sup> mg pl <sup>-1</sup>	89,9 <sup>c</sup>	130,7 <sup>ab</sup>	16,5 <sup>d</sup>	164,9 <sup>a</sup>	37,4 <sup>d</sup>	162,0 <sup>a</sup>	23,2 <sup>d</sup>	119,0 <sup>bc</sup>	32,1 <sup>d</sup>
Nv	<sup>5</sup> vg pl <sup>-1</sup>	6,8 <sup>cd</sup>	6,3 <sup>d</sup>	7,3 <sup>bcd</sup>	10,8 <sup>a</sup>	9,2 <sup>abc</sup>	8,3 <sup>abcd</sup>	9,5 <sup>ab</sup>	8,77 <sup>abcd</sup>	8,0 <sup>bcd</sup>
Ng	<sup>6</sup> gr vg <sup>-1</sup>	6,1 <sup>a</sup>	6,2 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	6,3 <sup>a</sup>	6,4 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	6,6 <sup>a</sup>	5,7 <sup>a</sup>	5,7 <sup>a</sup>
M <sub>100</sub>	g	32,76 <sup>a</sup>	32,95 <sup>a</sup>	32,64 <sup>a</sup>	32,08 <sup>a</sup>	32,79 <sup>a</sup>	32,64 <sup>a</sup>	32,80 <sup>a</sup>	32,74 <sup>a</sup>	31,50 <sup>a</sup>
Rg	kg ha <sup>-1</sup>	3062 <sup>ab</sup>	2928 <sup>b</sup>	3322 <sup>ab</sup>	3626 <sup>ab</sup>	3670 <sup>a</sup>	3616 <sup>ab</sup>	3691 <sup>a</sup>	3193 <sup>ab</sup>	3493 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>unidade; <sup>2</sup>tratamentos (Tabela 2); <sup>3</sup>g.planta<sup>-1</sup>; <sup>4</sup>mg.planta<sup>-1</sup>; <sup>5</sup>vagens.planta<sup>-1</sup>; <sup>6</sup>grãos.vagem<sup>-1</sup>. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

raízes foi de 67% em relação a T<sub>1</sub>. Quando a semente foi inoculada com Co e Mo mais *Rhizobium* e recebeu adubação nitrogenada em cobertura (T<sub>7</sub>), o incremento foi de 76% em relação a T<sub>1</sub>. O destaque deve ser dado à presença do Co e Mo nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura.

A massa seca dos nódulos (MSn) está numa relação direta com o número de nódulos na planta, que, por sua vez está numa relação inversa com a adubação nitrogenada.

Observam-se, nos tratamentos T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>6</sub>, os maiores valores de MSn (130,7; 164,9 e 162,0 mg pl<sup>-1</sup>), que, por sua vez, tiveram maior número de nódulos (157,70, 161,95, 164,60) e não receberam adubação nitrogenada. O número de nódulos não significa necessariamente maior quantidade de N fixado na planta já que a quantidade de nódulos não é diretamente proporcional ao acúmulo de N na planta, reforçando a idéia de que a FBN pelo feijoeiro não é linear.

Isso reforça a idéia de que a atividade da nitrogenase é um processo flexível, que se ajusta à demanda da planta por N, e que a quantidade de N<sub>2</sub> fixada está mais relacionada à demanda da planta por N do que à intrínseca capacidade do rizóbio em fixar N<sub>2</sub> (Mengel, 1994). Assim, se o solo atender à demanda da planta

por nitrogênio, esta poderá utilizar primeiramente o N disponível no solo e, posteriormente, flexibilizará o sistema em busca de N, que poderá vir da simbiose entre a planta e o rizóbio. Considerando que o número de grãos por vagens e a massa de 100 grãos (semente botânica) foram estatisticamente iguais nos diferentes tratamentos, o número de vagens por planta é a variável responsável pela diferença, obtida nos diferentes tratamentos, entre rendimento de grãos, coincidindo com os tratamentos que tiveram maior biomassa na raiz e na parte aérea (Tabelas 3 e 4).

As boas condições do solo e as estirpes nativas de rizóbios foram suficientes para suprir parte das necessidades da planta por nitrogênio, porém não garantiram a produtividade máxima da variedade cultivada utilizada. O teor de nitrogênio, obtido através da diagnose foliar em todos os tratamentos, esteve acima do nível crítico, o que permite concluir que esse elemento não foi limitante, seja para o desenvolvimento da planta, seja para o rendimento de grãos. Nota-se que os tratamentos que atingiram os maiores rendimentos apresentaram também os maiores índices de utilização de nitrogênio, obtidos pelo teor de nitrogênio fixado, presentes na massa seca da planta no período de florescimento.

A linha de tendência da curva (Figura 1), caso fosse significativa, indicaria que o IUN tem uma correlação positiva com o rendimento de grãos, sugerindo que maiores teores de N fixados no florescimento poderão resultar em maiores rendimentos. Nota-se, na Figura 1, que os tratamentos T<sub>7</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>6</sub> e T<sub>9</sub> tiveram as maiores médias para rendimento de grãos e que o IUN do T<sub>7</sub> foi de 50,00%; T<sub>5</sub>, de 52,04%; do T<sub>4</sub>, de 51,06%; do T<sub>6</sub>, de 44,47% e do T<sub>9</sub>, de 32,73%, sendo obtida uma média de 46,06% para os tratamentos.

Se considerarmos que o IUN é o produto entre a massa seca da parte aérea e o teor de nitrogênio na planta, fica claro que a planta está numa dependência direta da biomassa da parte aérea para ter um alto IUN, o que pode possibilitar um maior rendimento de grãos. Assim, o desenvolvimento inicial da planta nos estádios fenológicos (V<sub>0</sub> a R<sub>5</sub>) é de fundamental importância para atingir o estágio fenológico R<sub>6</sub> (florescimento), com alta biomassa da parte aérea.

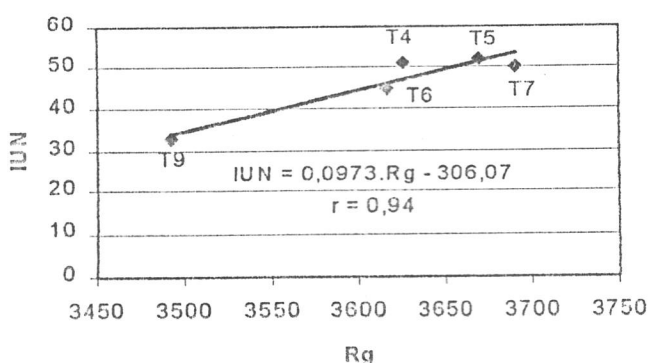


Figura 1 - Índice de utilização de nitrogênio (IUN, %) (valor médio: 46,06%) e rendimento de grãos (Rg, kg.ha<sup>-1</sup>) observados nos diferentes tratamentos.

## CONCLUSÃO

Pela evidência dos resultados alcançados, conclui-se que: (a) a adição de Co e Mo à semente, a inoculação de sementes com *Rhizobium leguminosarum* bv.

*Phaseoly* e a adubação nitrogenada em cobertura constituem uma alternativa no sentido de disponibilizar nitrogênio para a cultura de feijão comum, dentro do sistema de semeadura direta; (b) a adubação nitrogenada na semeadura inibiu a nodulação com rizóbios (nativos e/ou inoculados) e, quando aplicada em cobertura, aumentou a produtividade; (c) o sistema de semeadura direta foi eficiente na manutenção do teor de matéria orgânica no solo, mas não supriu totalmente a demanda da planta por nitrogênio; (d) a quantidade total de nitrogênio fixada na planta está mais relacionada à dependência de sua demanda por N do que à capacidade do rizóbio em fixar nitrogênio e (e) a prática da inoculação da semente com Co, Mo e rizóbio, quando comparada à aplicação de N na semeadura e em cobertura, propicia aumento na produtividade de grãos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMANE, M.V.I.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A.A.; ARAÚJO, G.A. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenadas e molibdicas. *Revista Ceres*, v.41, n.234, p.202-216, 1994.
- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo; Fundação IAC, 1996. p.187-199.
- BLEVINS, R. L.; THOMAS, G.W.; CORNELLIUS, P.L. Influence of no-tillage; nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. *Agronomy Journal*, v.69, p.383-386, 1977.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Annual report of the bean production program*. Cali, 1978. 75p.

- DERPERSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops; no-tillage techniques in Paraná, Brazil. *Soil Tillage Research*, v.8, p.253-263, 1986.
- FRIZZONE, J.A.; CASSIANO SOBRINHO, F.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Efeito da irrigação e da adubação fosfatada sobre a produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., Goiânia, 1982. *Anais*. Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1982. p.169-172.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Matemática e Estatística, 1976. 430p.
- KINSELLA, J. Improving soil, water, air quality with no-tillage. In: CONGRESSO NACIONAL DE AAPRESID, 5., Mar Del Plata, 1997. Mar del Plata: AAPRESID, 1997. p.91-93.
- MONDARDO, A. Resultados de pesquisa. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. *Anais*. Passo Fundo: EMPRAPA Trigo, 1978. p.249-252.
- MENGEL, K. Symbiotic dinitrogen fixation: its dependence on plant nutrition and its ecophysiological impact. *Dodenk*, v.157, p.233-241, 1994.
- PIHA, M.I.; MUNNS, D.N. Nitrogen fixation potential of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) compared with other grain legumes under controlled conditions. *Plant and Soil*, v.98, p.169-182, 1987.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Química, 1974. 56p.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no nível de fertilidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, p.541-547, 1994.
- SILVA, S.L.B.F.; SILVA, J.L.; TEIXEIRA, T.D. Análise de produtividade marginal dos insumos na cultura de feijão na região de Viçosa, Zona da Mata, Minas Gerais, em 1968-1969. *Revista Ceres*, v.23, p.83-98, 1976.
- THOMAS, G.T. **Labranza zero, resultados en Estados Unidos de la America y observaciones en campos argentinos**. Rosario: AAPRESID, 1990. 16p.
- VARGAS, A.A.T.; SILVEIRA, J.S.M.; ATHAYDE, J.T.; ATHAYDE, A.; PACOVAB, E.V. Comparação entre genótipos de feijão quanto a capacidade nodulante e produtividade com inoculação com rizóbios e/ou adubação de N-mineral. *Fertilizer Research*, v.15, p.267-272, 1991.