



Utilização do clorofilômetro para estimar teor de N e produtividade em feijoeiro submetido a inoculação com rizóbio e a adubações nitrogenadas⁽¹⁾.

Dâmiany Pádua Oliveira⁽²⁾; Marislaine Alves de Figueiredo⁽³⁾; Carlos Alberto Silva⁽⁴⁾; Maria Lígia de Souza Silva⁽⁵⁾; Fatima Maria de Souza Moreira⁽⁶⁾; Messias José Bastos de Andrade⁽⁷⁾

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos FAPEMIG, CAPES e CNPq.

⁽²⁾Pós-doutoranda em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras-UFLA, Lavras-MG, damiany.padua.oliveira@gmail.com; ⁽³⁾Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia, UFLA, Lavras-MG, marislaine_alves@yahoo.com.br; ⁽⁴⁾Professora Adjunta Depto. Ciência do Solo, UFLA, Lavras-MG, maria.silva@dcs.ufla.br; ⁽⁵⁾Professor Associado, Depto. Ciência do Solo, UFLA, Lavras-MG, casilva@dcs.ufla.br; ⁽⁶⁾Professora Titular, Depto. Ciência do Solo, UFLA, Lavras-MG, fmoreira@dcs.ufla.br; ⁽⁷⁾Professor Titular, Depto de Agricultura, UFLA, Lavras-MG, mandrade@dag.ufla.br

RESUMO: O uso de métodos que auxiliem na diagnose do estado nutricional de plantas é uma necessidade. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o uso de clorofilômetro na detecção de deficiência de nitrogênio (N) e na predição da produtividade do feijoeiro-comum submetido à inoculação com rizóbio e ao parcelamento de fertilizante nitrogenado. Para isso, um experimento de campo foi conduzido na primavera-verão 2012/13, em Lavras-MG. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com 4 repetições e 7 tratamentos: **1:** Testemunha sem N na semeadura e sem inoculação das sementes, **2:** Inoculação na semeadura, **3:** N na semeadura (20kg ha⁻¹ de N), **4:** Inoculação + N semeadura (20kg ha⁻¹ de N), **5:** Inoculação + N semeadura (20kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (20kg ha⁻¹ de N), **6:** Inoculação + N semeadura (20kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (40kg ha⁻¹ de N), **7:** Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (60kg ha⁻¹ de N). A cultivar foi a BRSMG Madrepérola, inoculada com a estirpe CIAT 899^T de *Rhizobium tropici* e a fonte de N foi ureia. Concluiu-se que: o clorofilômetro detecta com propriedade possíveis deficiências nutricionais de N no florescimento do feijoeiro, mas não permite predizer com alto grau de confiabilidade, o estado nutricional vinculado ao potencial produtivo da cultura; e com base nas leituras SPAD e nos índices de suficiência de N, que a inoculação complementada com adubações entre 60 e 80 kg ha⁻¹ de N-ureia, permite nutrição nitrogenada similar às proporcionadas pelos rizóbios nativos e introduzidos, mas que os incrementos em produtividade daqueles ficam abaixo dos obtidos com os demais tratamentos.

Termos de indexação: *Phaseolus vulgaris*, instrumento de medição de clorofila, *Rhizobium tropici*.

INTRODUÇÃO

Técnicas de manejo que possibilitem a maximização de absorção de N são de extrema importância, em razão do alto custo dos fertilizantes nitrogenados e das perdas de N, que podem representar grandes prejuízos aos produtores e ao ambiente. Nesse sentido, a estimativa de N pelo feijoeiro, mediante leitura indireta de clorofila com clorofilômetro portátil, e consequente predição da produtividade, pode ser alternativa viável. Contudo, poucos são os estudos que avaliam o emprego desse equipamento em feijoeiro inoculado com rizóbio, cuja fixação biológica de N₂ poderia contribuir na redução das aplicações de N-mineral. O objetivo do presente trabalho foi, portanto, avaliar o uso do clorofilômetro na detecção de deficiência de N e na predição da produtividade do feijoeiro-comum submetido à inoculação com rizóbio e ao parcelamento de fertilizante nitrogenado.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento foi conduzido em campo em um Latossolo Vermelho (Tabela 1), safra primavera-verão 2012/2013, em sistema convencional, no Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, na região Sul do Estado de Minas Gerais.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso com quatro repetições e sete tratamentos: 1: (TEST) - Testemunha (sem nitrogênio na semeadura e sem inoculação das sementes), 2: (INOC) - Só



Inoculação na semeadura, 3: (20N) - 20 kg ha⁻¹ de N-ureia na semeadura, 4: (I + 20N) - Inoculação 20 kg ha⁻¹ de N-ureia na semeadura, 5: (I + 40N) - Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (20 kg ha⁻¹ de N), 6: (I + 60N) - Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (40 kg ha⁻¹ de N), 7: (I + 80N) - Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (60 kg ha⁻¹ de N). A fonte de nitrogênio foi sempre ureia. As adubações de cobertura foram fracionadas em duas vezes no caso do tratamento 6 (20 + 20 kg ha⁻¹ de N) e três vezes (20 + 20 + 20 kg ha⁻¹ de N) no tratamento 7, iniciando as aplicações a partir do aparecimento do 1º par de folhas trifoliadas, com intervalo de 10 dias, sucessivamente.

A estirpe utilizada para a inoculação foi a CIAT 899^T (SEMIA 4077) de *Rhizobium tropici* (Graham & Halliday, 1976), aprovada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento como inoculante para cultura do feijoeiro-comum. O inoculante foi preparado com turfa esterilizada em autoclave, na proporção 3:2 turfa: cultura em meio semissólido 79 (Fred & Waksman, 1928) e empregado na base de 10 g por kg de semente. A qualidade do inoculante foi monitorada por meio de contagem de unidades formadoras de colônias, sendo observado na semeadura o número mínimo legal de células viáveis, em torno de 10⁹ células de *Rhizobium* por grama de inoculante.

Cada parcela experimental foi composta por 6 linhas de 4 m de comprimento e espaçamento de 0,5 m entre linhas. A semeadura, utilizando a cv. BRS MG Madrepérola, foi efetuada imediatamente após a inoculação das sementes. Todas as parcelas receberam adubação fosfatada e potássica de base equivalente a 110 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (fonte superfosfato simples) e 40 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). Os tratamentos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região. O controle das plantas daninhas foi realizado com mistura de fomesafem (Flex 0,9 L ha⁻¹ p.c) e fluazifop-butil (Fusilade 1,7 L ha⁻¹ p.c.), complementados por uma capina manual. Preventivamente, no início do florescimento, fez-se uma aplicação do inseticida lambda-cialotrina (Karatê Zeon 50 CS 150 mL ha⁻¹), em volume de calda equivalente a 400 L ha⁻¹.

Na plena floração (estádio R6) foram realizadas leituras indiretas de clorofila na última folha trifoliolada completamente desenvolvida (5 leituras por folíolo, totalizando 15 leituras por folha, em 5 plantas por parcela, nas linhas 2 e 3), com o aparelho Minolta SPAD-502 ("Soil plant analysis development") (Minolta, 1989). Para obtenção do índice de suficiência de nitrogênio (ISN), as leituras foram comparadas a parcelas de referência com 80

kg ha⁻¹ de N (fonte ureia) em cada repetição. Nas parcelas referência, a adubação nitrogenada foi fracionada (40 kg ha⁻¹ de N na semeadura + 40 kg ha⁻¹ de N entre os estádios V3 e V4 aplicadas manualmente). O ISN foi calculado com base nos valores das leituras SPAD do tratamento referência (ISN=100%).

Na maturação dos grãos (R9), foram determinados o rendimento de grãos, além do teor (%) e acúmulo de N (kg ha⁻¹) nos grãos. A produtividade, corrigida a 130 g kg⁻¹ de umidade, foi o resultado da trilha das vagens de todas as plantas da parcela útil. O teor de N na planta e no grão foi determinado pelo método semi-microkjedhal (nitrogênio total), de acordo com Sarruge & Haag (1979). Já o N acumulado (kg ha⁻¹) foi calculado multiplicando-se a produtividade pela percentagem de N, e dividindo-se por 100.

Os dados foram submetidos à análise de variância com o emprego do software Sisvar versão 4.0 (Ferreira, 2011). Para atender aos pressupostos da análise de variância, os dados de número e massa seca de nódulos foram previamente transformados em (x+0,5)^{0,5}. Nos casos de efeito significativo dos tratamentos, a comparação das médias foi feita pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As leituras indiretas de clorofila (LIC) situaram-se próximas a 40, e, portanto, dentro da faixa esperada para plantas com boa nutrição de N em feijoeiro do grupo carioca no estágio de florescimento (Silveira et al., 2003). Furlani Júnior et al. (1996) e Silveira et al. (2003) fizeram leituras com clorofilômetro em folhas de feijoeiro tratado com doses crescentes de N e obtiveram correlações positivas entre leitura e doses de N fornecidas. No presente trabalho, ainda que alguns tratamentos tenham recebido doses adicionais de N, não foram constatadas diferenças entre as leituras de clorofila (Tabela 2).

De acordo com Hussain et al. (2000), índices de suficiência de nitrogênio (ISN) abaixo de 90% apontam deficiência de N, a qual deve ser corrigida para que não ocorra redução significativa de produtividade. Os tratamentos apresentaram altos ISN, bem acima do constatado no tratamento com adubação padrão (80 kg ha⁻¹ N). As testemunhas sem adubação nitrogenada excederam os valores mínimos requeridos à cultura, atingindo índices similares aos dos tratamentos com fornecimento adicional de N ureia (Tabela 2).

As respostas em produtividade, contudo, não foram proporcionais às leituras de clorofila ou aos



índices de suficiência de N, como sugere a literatura (Blackmer & Schepers, 1995; Furlani Junior et al. 1996; Silveira et al., 2003, Sant'Ana et al., 2010). Pelo contrário, o fornecimento de altas doses de N-mineral, entre 60 e 80 kg ha⁻¹, em feijoeiro inoculado com rizóbio, proporcionou menor rendimento de grãos.

É importante ponderar que as razões para essa baixa correlação entre as medidas dos teores relativos de clorofila e de suficiência de N e as respostas do feijoeiro em produtividade, não ficaram claras. Descarta-se a possibilidade de toxidez por nitrogênio, haja vista que os teores de N verificados na planta em R6 estiveram dentro da faixa adequada a esse estágio de desenvolvimento (Oliveira et al., 1996), da ordem de 2,9%, e se mantiveram equivalentes entre os tratamentos (Tabela 2).

Os resultados levam a suspeitar de algum desequilíbrio nutricional ou distúrbio fisiológico não detectado pelo equipamento na época de avaliação ou de ocorrência posterior ao florescimento, cuja ação tenha comprometido a produção por área. Dentro desse pressuposto, ainda que as folhas tenham expressado semelhante intensidade de verde e teor de N por ocasião do florescimento, é possível que, após R6, desbalanços entre nutrientes ou alterações na relação fonte-dreno, tenham reduzido o potencial de formação de flores e/ou o vingamento e retenção final de vagens no feijão, com conseqüente diminuição na produtividade dos tratamentos que receberam mais N. Nesse caso, o clorofilômetro atuaria com propriedade da detecção de deficiência nutricional de N, mas não permitiria prever com alto grau de confiabilidade, o estado nutricional vinculado ao potencial produtivo da cultura.

Os resultados deixam claro ainda, a importante contribuição dos rizóbios nativos e introduzidos, cujos valores médios foram tão expressivos quanto os dos tratamentos com N-mineral (Tabela 2).

CONCLUSÕES

O clorofilômetro detecta com propriedade possíveis deficiências nutricionais de N no florescimento do feijoeiro, mas não permite prever com alto grau de confiabilidade, o estado nutricional vinculado ao potencial produtivo da cultura.

Com base nas leituras SPAD e nos índices de suficiência de N, a inoculação complementada com adubações entre 60 e 80 kg ha⁻¹ de N-ureia permite nutrição nitrogenada similar às proporcionadas pelos rizóbios nativos e introduzidos, mas seus

incrementos em produtividade ficam abaixo dos obtidos com os demais tratamentos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, CAPES e CNPq pelo financiamento do estudo e pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

- BLACKMER, T. M. & SCHEPERS, J. S. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 8, n. 1, p. 56-60, Jan./Mar. 1995.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.
- FRED, E. B. & WAKSMAN, S. A. **Laboratory manual of general microbiology**. New York: McGraw-Hill, 1928. 143 p.
- FURLANI JÚNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L. J. et al. . Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 171-175, 1996
- GRAHAM, P. H. & HALLIDAY, J. Inoculation: nitrogen fixation in the gender *Phaseolus*. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE *RHIZOBIUM*, 8., 1976, Cali. **Anais...** Cali: CIAT, 1976. p. 313-337.
- HUSSAIN, F.; BRONSON, K. F.; YADYINDER-SING et al. Use of chlorophyll meter sufficiency indices for nitrogen management of irrigated rice in Asia. **Agronomy Journal**, Madison, v.92. n.5, p.875-879, 2000.
- MINOLTA. **Chlorophyll meter SPAD-502: instruction manual**. Osaka, 1989. 22 p.
- OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, SP: Potafós, 1996. p. 169-221.
- SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B.; SILVEIRA, P. M. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 491-496, out./dez. 2010.
- SARRUGE, J. R. & HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1979. 27 p.
- SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro.



Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, set. 2003.



Tabela 1. Características químicas de amostra de material do solo, coletada na profundidade de 0 a 20 cm. Lavras-MG.

Características											
pH (H ₂ O)	P disp. mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	SB	T	T	M	V	MO
		-----cmol _c dm ⁻³ -----							-----%-----		dag kg ⁻¹
5,9	5,81	0,33	3,5	1,1	0,1	4,93	5,03	8,97	1,99	55,0	2,61

*Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. ¹SB: Soma de bases trocáveis; t: Capacidade efetiva de trocas de cátions; T: Capacidade de troca de cátions a pH 7; m: Índice de saturação por alumínio trocável; V: Índice de saturação por bases; MO: Matéria Orgânica.

Tabela 2. Coeficientes de variação e valores médios de leitura indireta de clorofila (LIC), índice de suficiência de nitrogênio (ISN), produtividade, teor de N na planta (TNP) e teor (TNG) e acúmulo de N no grão (ANG) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola.

Tratamentos ¹	LIC ²	ISN (%) ²	PRODUTIVIDADE (kg ha ⁻¹)	TNP (%)	TNG (%)	ANG (kg ha ⁻¹)
TEST	39,8 A	107,33 A	2.356 A	2,94 A	4,13 B	97,5 B
INOC	38,9 A	106,52 A	2.795 A	2,10 A	4,65 B	130,6 A
20 N	39,4 A	107,84 A	2.805 A	2,38 A	4,32 B	120,0 A
I + 20N	40,4 A	110,56 A	2.413 A	3,08 A	5,07 A	124,1 A
I + 40N	40,2 A	110,26 A	2.371 A	2,36 A	4,16 B	98,6 B
I + 60 N	40,8 A	111,71 A	1.800 B	2,94 A	5,43 A	98,5 B
I + 80 N	38,3 A	105,01 A	1.612 B	3,08 A	4,62 B	72,7 B
Média	34,76	108,46	2.307	2,94	4,62	106,0
CV%	5,91	5,04	22,16	23,60	9,88	25,57

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade

¹TEST - Testemunha sem nitrogênio na semeadura e sem inoculação das sementes; INOC - Inoculação na semeadura; 20N - 20 kg ha⁻¹ de N-ureia na semeadura; I + 20N - Inoculação 20 kg ha⁻¹ de N-ureia na semeadura; I + 40N - Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (20 kg ha⁻¹ de N); I + 60N - Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (40 kg ha⁻¹ de N); I + 80N - Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (60 kg ha⁻¹ de N).

²Valores obtidos com base no tratamento referência cultivado em área contígua (LIC=38,5; ISN=100%).