

Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro⁽¹⁾

Pedro Marques da Silveira⁽²⁾, Antônio Joaquim Braga Pereira Braz⁽⁴⁾ e Agostinho Dirceu Didonet⁽³⁾

Resumo – A adubação nitrogenada é uma prática cultural normalmente utilizada pelos produtores de feijão. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do clorofilômetro como instrumento indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro, cultivado no inverno, irrigado por aspersão, pelo sistema pivô central. A primeira etapa, realizada em 2000, consistiu no cultivo das cultivares de feijão, Pérola e Jalo Precoce, submetidas a 0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N aplicados em cobertura, com a finalidade de estabelecer curvas de resposta entre as leituras do clorofilômetro, modelo Minolta SPAD-502, em cada dose de N, e a produtividade de grãos. A segunda etapa, realizada em 2001, consistiu em validar, no campo, os valores de leitura do medidor indicativos de nível adequado de N na planta. As produtividades das duas cultivares e as leituras do clorofilômetro aumentaram com o aumento da dose de nitrogênio. Na mesma dose de N, os valores de leitura foram maiores na cultivar Pérola. O clorofilômetro se mostrou eficaz como instrumento indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, irrigação por aspersão, clorofila, instrumento de medição, adubação de cobertura.

Chlorophyll meter to evaluate the necessity of nitrogen in dry beans

Abstract – Nitrogen fertilization is a cultural practice usually used by common bean farmers. The objective of this study was to evaluate the use of chlorophyll meter as an instrument of indicating the necessity of topdressing nitrogen fertilization in winter common bean crop irrigated by sprinkler irrigation with central pivot. The study was conducted in two stages, at Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, Brazil. The first stage, in 2000, consisted in planting two bean cultivars, Pérola and Jalo Precoce, submitted to four rates of nitrogen topdressing, i.e., 0, 30, 60 and 120 kg ha⁻¹ of N, with the purpose to establish response curves between chlorophyll reading obtained with the model Minolta SPAD-502, in each N rate, and grain yield. The second stage, in 2001, verified, in the field, if the established reading values were an indicative of adequate N level in the plant. Cultivar productivity and chlorophyll reading increased with the increase in N rates. At the same N rate, values of reading were higher in the cultivar Pérola. Chlorophyll meter showed efficiency in indicating the necessity of N fertilization as topdressing for common bean.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, sprinkler irrigation, chlorophylls, measuring instruments, topdressing.

Introdução

O feijoeiro comum é a principal cultura que integra os sistemas agrícolas irrigados nas regiões Centro-

Oeste e Sudeste no Brasil, com rendimentos de grãos da ordem de 2.500 kg ha⁻¹. Entre as técnicas de manejo necessárias para atingir esta produtividade está a adubação nitrogenada. Embora o feijoeiro supra parte da sua demanda de N pela associação com bactérias do gênero *Rhizobium* a quantidade fornecida por esse processo normalmente é insuficiente, necessitando ser completada, o que via de regra é feito por meio da adubação mineral (Silva, 1998). Pelo fato de os agricultores não disporem de resultados da análise da planta ou de outro método de orientação, a adubação nitrogenada mineral é

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 16 de julho de 2003.

⁽²⁾ Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. Bolsista do CNPq E-mail: pmarques@cnpaf.embrapa.br

⁽³⁾ Embrapa - CNPAF. E-mail: didonet@cnpaf.embrapa.br

⁽⁴⁾ Fundação do Ensino Superior de Rio Verde - FESURV, Caixa Postal 104, CEP 75901-970 Rio Verde, 60. E-mail: antoniobraz@cultura.com.br

quantificada pela análise visual da lavoura ou baseada numa recomendação tradicional. Se a adubação nitrogenada for subestimada, ocorre redução no rendimento de grãos e se superestimada, ocorre aumento dos custos, pelo uso desnecessário de adubo e, conseqüentemente, prejuízos ao meio ambiente pela lixiviação de nitrato.

O desenvolvimento do medidor portátil de clorofila, que proporciona leituras instantâneas, de uma maneira não destrutiva de folhas, surge como alternativa de indicação do nível de N na planta. As leituras efetuadas pelo clorofilômetro correspondem ao teor de clorofila presente na folha da planta (Takebe & Yoneyama, 1989). O conteúdo de clorofila correlaciona-se com a concentração de N na planta e também com o rendimento das culturas (Schepers et al., 1992; Blackmer & Schepers, 1995).

Segundo Peng et al. (1993) e Chapman & Barreto (1997), o clorofilômetro é um método rápido e barato da estimativa da concentração de N nas folhas de plantas. Furlani Júnior et al. (1996) correlacionaram as leituras observadas com o clorofilômetro nas folhas de feijoeiro, cultivar Carioca, cultivado em seis doses de N, em dois ensaios em casa de vegetação, um em solução nutritiva e outro em solo, e obtiveram correlações positivas entre a leitura e as doses de N fornecidas, bem como a leitura e os teores de N nas folhas. Concluíram que havia boas perspectivas quanto ao uso desse equipamento para detectar deficiências de N em feijoeiro.

Blackmer et al. (1993) observaram que outros fatores, além da disponibilidade de N, como idade e teor de água na planta, densidade de plantas, cultivar, disponibilidade de outros nutrientes, estresse ambiental ou fatores biótipos, podem afetar as medições de intensidade da cor verde da folha pelo medidor de clorofila.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do clorofilômetro como instrumento indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura, na cultura do feijoeiro.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, na Fazenda Capivara, da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão,

em Santo Antônio de Goiás, GO. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, com cinco repetições. As parcelas foram constituídas por duas cultivares de feijão, Pérola e Jalo Precoce, e as subparcelas por quatro doses de nitrogênio, 0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹, na forma de uréia, aplicadas em cobertura, metade aos 15 dias e, a outra metade, aos 25 dias após emergência. As subparcelas foram constituídas por cinco linhas de feijão de cinco metros de comprimento.

Antes da semeadura, aplicou-se o herbicida glifosate (1,92 kg ha⁻¹ de i.a.). Em 20/6/2000 foi efetuada a semeadura do feijão a 4 cm de profundidade, em plantio direto. As sementes foram tratadas com carboxin (0,180 kg de i.a. por 100 kg de sementes). Regulou-se a semeadora para distribuir 16 sementes por metro no espaçamento entre linhas de 0,45 m. Por ocasião da semeadura, aplicaram-se, no sulco, 400 kg ha⁻¹ da fórmula 4-28-20.

Foram realizadas leituras com o clorofilômetro (SPAD-502) aos 23, 30, 36 e 43 dias após emergência (DAE) na cultivar Jalo Precoce, enquanto na cultivar Pérola, por ser de ciclo mais longo, foi feita ainda uma leitura aos 50 DAE.

O medidor de clorofila, modelo Minolta SPAD-502, usa diodos que emitem luz na faixa de 650 a 940 nm através da folha. O comprimento de onda de 650 nm situa-se próximo ao dos dois comprimentos primários de onda associadas com a atividade da clorofila (645 e 663 nm). O comprimento de onda de 940 nm serve como referência interna para compensar diferenças na espessura da folha e no teor de água. O clorofilômetro mede a diferença de atenuação da luz entre 650 e 940 nm como um índice de intensidade de cor ou de concentração de clorofila (Yadava, 1986). No controle da irrigação, foram usados três tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade e as irrigações foram feitas quando a média das leituras se situava na faixa de 30 a 40 kPa.

A colheita da cultivar Jalo Precoce foi feita em 11/9/2000 e da Pérola em 23/9/2000. Efetuou-se a trilha das vagens e a massa dos grãos foi expressa em kg ha⁻¹, com 13% de umidade.

Os dados de produtividade do feijoeiro foram submetidos às análises de variância e de regressão. Em cada dose de N, foi feita análise de regressão dos valores das leituras obtidas com o clorofilômetro (SPAD) com as datas (DAE) das leituras SPAD.

Na validação dos dados do clorofilômetro foram feitos sete testes no campo, seis com a cultivar Pérola e um com a Jalo Precoce, em diferentes áreas cultivadas com feijão, em que acompanhou-se a data de plantio, a adubação de base e de cobertura empregadas e a idade (DAE) em que a planta se encontrava na ocasião das leituras com o clorofilômetro. Cada teste consistiu em obter o valor de

SPAD e registrar a probabilidade de resposta à adubação nitrogenada. Independentemente do valor de SPAD, foi feita nova adubação nitrogenada em cobertura em cinco parcelas da área de cada teste, com quantidades que variaram de 25 a 60 kg ha⁻¹, deixando outras cinco sem adubação. No final do ciclo das duas cultivares, foram avaliadas as produtividades das parcelas adubadas e não adubadas.

Resultados e Discussão

A análise de variância revelou efeito significativo dos tratamentos sobre a produtividade da cultura. Na cultivar Jalo Precoce, o efeito da adubação nitrogenada, com as doses empregadas, foi linear, e para a Pérola, quadrático (Tabela 1). Diversos trabalhos mostram o efeito positivo da adubação nitrogenada sobre a cultura do feijoeiro (Frizzone et al., 1987; Silveira & Damasceno, 1993; Silva, 1998).

A eficiência da adubação, em particular da adubação nitrogenada, é baixa, e isto reforça em parte a razão da resposta do feijoeiro a altas doses desse nutriente. Essa baixa eficiência pode justificar a resposta linear da cultivar Jalo Precoce, ou seja, a maior dose (120 kg ha⁻¹ de N) não foi suficiente para proporcionar produtividade máxima. Cardoso et al. (1978) obtiveram aumentos lineares na produtividade de grãos com a aplicação de até 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Quanto à cultivar Pérola, a produtividade máxima estimada foi de 2.449 kg ha⁻¹, com a dose de 62 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Silveira & Damasceno (1993) obtiveram, com 72 kg ha⁻¹ de N, produtividade máxima do feijoeiro irrigado, num Latossolo Vermelho-Amarelo com textura franco-argilo-arenosa, de alta fertilidade, já cultivado por muitos anos.

Silva (1998), em estudo sobre a influência de sistemas agrícolas na resposta do feijoeiro irrigado à adubação nitrogenada em cobertura, relatou que a

resposta varia com o preparo do solo e com a rotação de culturas, e observou valores de 93 e 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura, como as doses de máxima eficiência técnica, respectivamente, na rotação milho-feijão com preparo do solo empregando arado de aiveca no plantio do milho e grade aradora no de feijão, e na rotação arroz-feijão empregando arado de aiveca no preparo do solo para as duas culturas. O autor observou também que o feijoeiro necessitou de mais N no sistema plantio direto, em relação aos sistemas que envolveram maior movimentação do solo.

De modo geral, os valores de SPAD cresceram com o incremento da dose de N, ou seja, os valores da leitura SPAD cresceram com o incremento da produtividade do feijoeiro (Tabela 2). Piekielek et al. (1995), trabalhando com milho, observaram que a leitura SPAD aumentou linearmente à medida que aumentou a produtividade de grãos.

As leituras SPAD foram maiores em maiores DAE do feijoeiro, fato mais evidente na cultivar Pérola. Cada valor de SPAD foi média de 120 repetições, o que fez com que todos os valores de R² fossem significativos.

Em relação à cultivar Pérola, as produtividades aumentaram com o incremento da dose de N até 62 kg ha⁻¹. Portanto, existe alta probabilidade de resposta do feijoeiro na dose 0 de N, média probabilidade na dose 30 e baixa probabilidade na dose 60 kg ha⁻¹. Com as equações de regressão das doses 0, 30 e 60 kg ha⁻¹, elaborou-se, para as cultivares Jalo Precoce e Pérola, a Tabela 3. Para a primeira, considerou-se como média probabilidade de resposta as médias das leituras obtidas com as doses 30 e 60 kg ha⁻¹ de N e baixa probabilidade, as leituras obtidas na dose 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Em relação aos mesmos DAE, os valores de SPAD para a cultivar Pérola foram maiores que para a cultivar Jalo Precoce (Tabela 3). A cultivar Pérola possui as folhas com um verde mais escuro quando comparada com a cor das folhas da Jalo Precoce. Quanto a Jalo Precoce, considerou-se um período menor que o da Pérola, até 35 DAE, por ela ser de ciclo precoce e porque uma adubação nitrogenada em cobertura após esse tempo não teria mais efeito sobre a produtividade da cultura.

Em uma situação específica, conhecendo o valor de DAE e da leitura do clorofilômetro, é possível

Tabela 1. Produtividade de grãos de feijão das cultivares Jalo Precoce e Pérola em razão das doses de N aplicadas.

Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Grãos (kg ha ⁻¹) ⁽¹⁾	
	Jalo Precoce	Pérola
0	1.140	1.685
30	1.532	2.313
60	1.698	2.430
120	1.832	1.745

⁽¹⁾Equação de regressão: Jalo Precoce $Y = 1.269,69 + 5,34N$ ($R^2 = 0,8326^{**}$); Pérola $Y = 1.701,24 + 25,08N - 0,21N^2$ ($R^2 = 0,9921^{**}$).

saber se existe alta, média ou baixa probabilidade de resposta à adubação nitrogenada, em cobertura, para as cultivares estudadas (Tabela 3). Esta é uma informação importante para orientação dos produtores de feijão na tomada de decisão sobre a necessidade da adubação nitrogenada.

Na validação dos dados da Tabela 3, foram utilizados os dados dos sete testes de campo

Tabela 2. Leituras do clorofilômetro nas cultivares de feijão, Jalo Precoce e Pérola, em razão das doses de N aplicadas e dos dias após emergência (DAE) da cultura⁽¹⁾.

Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	DAE	Leitura clorofilômetro
0	23	21,175
	30	28,875
	36	31,650
	43	31,850
	Y = 0,5279X + 10,968	
30	23	24,575
	30	30,350
	36	34,925
	43	33,725
	Y = 0,4827X + 14,965	
60	23	24,975
	30	30,425
	36	35,125
	43	34,200
	Y = 0,4878X + 15,082	
120	23	25,200
	30	31,475
	36	35,950
	43	35,400
	Y = 0,5295X + 14,534	
0	23	32,425
	30	37,050
	36	37,550
	43	38,050
	50	41,950
	Y = 0,3006X + 26,464	
30	23	33,150
	30	38,650
	36	42,375
	43	41,550
	50	43,725
	Y = 0,357X + 26,895	
60	23	35,775
	30	40,400
	36	43,300
	43	41,950
	50	44,575
	Y = 0,2846X + 30,842	
120	23	36,200
	30	41,175
	36	43,725
	43	43,735
	50	48,025
	Y = 0,3911X + 28,334	

⁽¹⁾Equação obtida com todos os valores das repetições dos tratamentos.

(Tabela 4), implantados para esse fim. A validação consistiu em obter o valor de SPAD e, em conformidade com a Tabela 3, registrar a probabilidade de resposta à adubação nitrogenada.

Entre os sete testes, seis validaram positivamente o clorofilômetro como instrumento indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. Os valores de SPAD dos testes 1, 5, e 7 indicavam baixa probabilidade de resposta à adubação nitrogenada (Tabela 3). Para confirmar essa indicação, foi realizada nova adubação com N nestes testes e, as produtividades de grãos das parcelas adubadas e não adubadas com N foram estatisticamente iguais, confirmando a indicação (Tabela 4). Nos testes 2, 3 e 4, os valores de SPAD indicavam média a alta probabilidade de resposta a N e, também, pela análise das produtividades obtidas, confirmou-se que realmente houve resposta, pela cultura, à adubação nitrogenada em cobertura.

Tabela 3. Leituras do clorofilômetro (SPAD) nas cultivares de feijão, Jalo Precoce e Pérola, em razão da probabilidade de resposta à adubação nitrogenada, de 25 a 40 dias após emergência (DAE) da cultura.

DAE	Probabilidade de resposta à adubação nitrogenada em cobertura		
	Alta	Média	Baixa
Jalo Precoce			
25	24,6	27,6	28,1
26	25,0	28,0	28,6
27	25,5	28,4	29,0
28	25,9	28,8	29,5
29	26,3	29,2	29,9
30	26,8	29,6	30,4
31	27,2	30,0	30,9
32	27,7	30,3	31,3
33	28,1	30,7	31,8
34	28,6	31,1	32,2
35	29,0	31,5	32,7
Pérola			
25	34,0	35,8	38,0
26	34,3	36,2	38,2
27	34,6	36,5	38,5
28	34,9	36,9	38,8
29	35,2	37,2	39,1
30	35,5	37,6	39,4
31	35,8	38,0	39,7
32	36,1	38,3	39,9
33	36,4	38,7	40,2
34	36,7	39,0	40,5
35	37,0	39,4	40,8
36	37,3	39,7	41,1
37	37,6	40,1	41,4
38	37,9	40,5	41,7
39	38,2	40,8	41,9
40	38,5	41,2	42,2

Tabela 4. Testes para validação do clorofilômetro⁽¹⁾.

Teste	Cultivar	Data de semeadura	DAE	Leitura SPAD	Probabilidade resposta a N	Nova adubação nitrogenada (kg ha ⁻¹)	Produtividade sem aplicação de N (kg ha ⁻¹)	Produtividade com aplicação de N (kg ha ⁻¹)	Resposta à adubação	Conclusão
1	Pérola	24/4/2001	40	46,6	Baixa	25	1.515a	1.524a	Não	Confirmado
2	Pérola	29/5/2001	34	38,4	Alta-média	50	1.820b	2.570a	Sim	Confirmado
3	Pérola	29/5/2001	40	38,1	Alta	60	2.326b	2.891a	Sim	Confirmado
4	Pérola	29/5/2001	40	39,4	Alta-média	60	2.415b	2.820a	Sim	Confirmado
5	Pérola	28/6/2001	40	43,2	Baixa	30	2.501a	2.567a	Não	Confirmado
6	Pérola	3/7/2001	36	41,5	Baixa	30	1.787b	2.209a	Sim	Não confirmado
7	Jalo Precoce	16/7/2001	35	36,7	Baixa	30	2.419a	2.310a	Não	Confirmado

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; adubação no plantio: Teste 1: 300 kg ha⁻¹ da fórmula 4-30-16; Testes 2, 3 e 4: 600 kg ha⁻¹ da fórmula 5-30-15; Testes 5, 6 e 7: 400 kg ha⁻¹ da fórmula 4-30-16; Adubação em cobertura: Teste 1: 30 kg ha⁻¹ de N aplicado no dia 18/5/2001; Testes 2, 3 e 4: sem aplicação de N em cobertura; Teste 5: 90 kg ha⁻¹ de N aplicado no dia 23/7/2001; Teste 6: 50 kg ha⁻¹ de N aplicado no dia 27/7/2001; Teste 7: 60 kg ha⁻¹ de N aplicado no dia 13/8/2001.

Conclusões

1. Há resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada em cobertura.
2. Os valores de leitura do clorofilômetro são crescentes para as cultivares Pérola e Jalo Precoce até o início de florescimento da cultura.
3. A cultivar Pérola apresenta valores de leitura do clorofilômetro maiores que os da cultivar Jalo Precoce em plantas de mesma idade.
4. O clorofilômetro é eficiente na indicação da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro.

Referências

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 8, n. 1, p. 56-60, 1995.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S.; VIGIL, M. F. Chlorophyll meter reading in corn as affected by plant spacing. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 24, n. 17/18, p. 2507-2516, 1993.

CARDOSO, A. A.; FONTES, L. A. N.; VIEIRA, C. Efeito de fontes e doses de adubo nitrogenado sobre o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 25, n. 139, p. 292-295, 1978.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 4, p. 557-562, 1997.

FRIZZONE, J. A.; OLITTA, A. F. L.; PEREIRA, G. T. Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação - II: maximização da receita líquida. **ITEM Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 30, p. 27-31, 1987.

FURLANI JÚNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L. J.; MOREIRA, J. A. A.; GRASSI FILHO, H. Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 171-175, 1996.

PENG, S.; GARCIA, F. V.; LAZA, R. C.; CASSMAN, K. G. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter estimate of rice leaf nitrogen concentration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 5, p. 987-990, 1993.

PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H.; TOTH, J. D.; MacNEAL, K. E. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 3, p. 403-408, 1995.

SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D.; VIGIL, M.; BELOW, F. E. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter reading. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 23, n. 17/20, p. 2173-2178, 1992.

SILVA, C. C. da. **Influência de sistemas agrícolas em características do solo e na resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado à adubação nitrogenada em cobertura**. 1998. 116 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1998.

SILVEIRA, P. M. da; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 11, p. 1269-1276, nov. 1993.

TAKEBE, M.; YONEYAMA, T. Measurement of leaf color scores and its implication to nitrogen nutrition of rice plants. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Tokyo, v. 23, n. 1, p. 86-93, 1989.

YADAVA, U. L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 6, p. 1449-1450, 1986.