

AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DO FEJJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) CULTIVADO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA, COM VARIAÇÃO NO FORNECIMENTO DE N, P e K

R. CAMACHO¹; A.M. CALVACHE²; N. FALCÃO³; F. FERNANDEZ⁴; J.A.M. DEMATTÊ⁴;
E. MALAVOLTA⁵

¹Universidad Rómulo Gallegos, "El Castrero", San Juan de los Morros, Guárico, Venezuela. Bolsista do Programa CONICIT-BID.

²Universidad Central del Ecuador - C.P. 2520, Quito - Ecuador. Bolsista da CAPES.

³Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia-INPA/MCT, C.P. 478, CEP: 69083-000, Manaus, AM.

⁴Departamento de Ciência do Solo - ESALQ/USP, C.P. 9, CEP: 13418-900, Piracicaba, SP.

⁵Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP, C.P. 96, CEP: 13400-970, Piracicaba, SP.

RESUMO: O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) foi cultivado em solução nutritiva na presença das seguintes concentrações de N, P e K, respectivamente em milimoles por litro: 16-2-6; 4-2-6; 1,6-2-6; 16-0,5-6; 16-0-6; 16-2-3; 16-2-0,6. Os outros macronutrientes e os micronutrientes foram fornecidos em doses iguais a todas as plantas. O estado nutricional foi avaliado através das seguintes técnicas: diagnose foliar (determinação dos teores totais de N, P e K e da concentração de nitrato e fosfato solúvel), atividade da redutase do nitrato (RNO). Todos os métodos utilizados refletiram bem o estado nutricional do feijoeiro, exceto para P, sendo que para a atividade da RNO, os teores totais de N e K e de N-nitrato foram os que apresentaram a melhor correlação positiva com a produção das vagens.

Descritores: feijoeiro, concentração de nutrientes, avaliação do estado nutricional, redutase do nitrato

EVALUATION OF THE NUTRITIONAL STATUS OF THE BEAN PLANT (*Phaseolus vulgaris* L.) GROWN IN NUTRIENT SOLUTION UNDER VARYING LEVELS OF N, P AND K

ABSTRACT: Bean plants (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Carioca) were grown in nutrient solution in the presence of the following concentrations of N, P and K, respectively, in millimoles per liter: 16-2-6; 4-2-6; 1,6-2-6; 16-0,5-6; 16-0-6; 16-2-3 and 16-2-0,6. The remaining macro and all micronutrients were supplied at the same rates to all plants. The nutritional status was assessed by the following techniques: foliar diagnosis (determination of total N, P and K and of the nitrate-N and soluble phosphate concentration) and nitrate reductase activity (RNO). All methods proved to be suitable, except in the case of P. Higher correlations with bean production, however, were obtained for total concentration of N and K, nitrate-N, and RNO activity.

Key Words: common bean, nitrate reductase, nutrient concentrations, evaluation of the nutritional status

INTRODUÇÃO

Muitos métodos têm sido desenvolvidos para avaliar o estado nutricional das plantas. Uma dessas técnicas em que se analisam determinadas folhas em períodos definidos de crescimento da planta, é a diagnose foliar, que consiste em analisar o solo usando a planta como solução extratora (MALAVOLTA *et al.*, 1989).

A redutase do nitrato, enzima induzida por molibdênio e pelo substrato, tem sido utilizada para avaliar o estado nutricional com respeito ao N (BAR-AKIVA & STERBAUM, 1965; BAR-AKIVA

et al., 1970). É que existe, dentro de limites, correlação positiva entre suprimento de nitrogênio, atividade da enzima e produção.

O presente trabalho teve como objetivos avaliar o estado nutricional do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca), cultivado em solução nutritiva, através da diagnose foliar e de um teste bioquímico para N (redutase do nitrato).

MATERIAL E MÉTODOS

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar carioca foi cultivado em solução de

JOHNSON *et al.* (1957) modificada por MALAVOLTA *et al.* (1993), de modo a fornecer 3 níveis de N, 3 de P e 3 de K. Os tratamentos foram os seguintes: (1) 16-2-6; (2) 4-2-6; (3) 1,6-2-6; (4) 16-0,5-6; (5) 16-0-6; (6) 16-2-3; (7) 16-2-0,6. Os três números se referem a milimoles respectivamente de N, P e K. As soluções eram constantemente arejadas e renovadas a cada 15 dias.

Os métodos de avaliação do estado nutricional usados foram: 1) diagnose foliar - teores solúveis de nitrato e fosfato - (adaptado de ULRICH, 1948) e teores totais de nitrogênio e fósforo (MALAVOLTA *et al.*, 1989). 2) teste bioquímico para N - determinação da atividade da enzima redutase do nitrato - segundo procedimento descrito por MALAVOLTA *et al.* (1993).

Os dados foram submetidos à análise estatística (variância e regressão).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento e Produção: A maior produção de matéria seca total e nas vagens foram observadas no tratamento em que se forneceram os níveis mais altos de N, P e K. O menor rendimento ocorreu no tratamento com omissão de fósforo e com a menor dose de nitrogênio (TABELA 1). Observa-se que a produção foi mais limitada por P e N que por K, o que está de acordo com os resultados obtidos por MALAVOLTA *et al.* (1980). Percebe-se que o K, foi o nutriente que menos limitou a produção de

vagens. O potássio, na maioria das culturas, é um elemento tipicamente vegetativo, isto é, acumula-se nas raízes, caules e folhas, aparecendo em teores relativamente baixos nos órgãos reprodutivos. Além disso, a renovação periódica da solução e mais a facilidade de redistribuição do K na planta, devem ter contribuído para o observado.

Existe uma alta correlação entre produção de matéria seca das vagens e dose de N, P e K, apresentando coeficientes de: 0,96; 0,99 e 0,98, respectivamente.

Diagnose foliar: Na TABELA 2 encontram-se os conteúdos solúveis e totais de elementos nas folhas. Foram observadas diferenças altamente significativas entre a composição das plantas do tratamento 1 e as das plantas com deficiências de N, P e K, demonstrando a possibilidade do uso destas técnicas para a avaliação do estado nutricional do feijoeiro. Os valores de P (solúvel e total) foram relativamente mais altos no tratamento com ausência de P que no tratamento 0,5 milimol P, devido possivelmente ao efeito da diluição (MALAVOLTA *et al.*, 1989).

O teor de N nas folhas das plantas do tratamento 1 pode ser considerado como adequado (COBRA NETO *et al.*, 1971). Nos tratamentos com menor teor de N, os teores seriam considerados como deficientes. Por outro lado para MALAVOLTA *et al.* (1989), os teores de N nos 3 tratamentos seriam deficientes; o teor de P nas folhas das plantas do tratamento 1 seria considerado como alto;

TABELA 1 - Produção de matéria seca (g/vaso) em função dos tratamentos.

Tratamento	Matéria seca						
	Nº	N P K	Raiz	Ramos	Folhas	Vagens	Total
		mM l ⁻¹	g/vaso				
1	16-2-6		3,05a*	7,9ab	13,26ab	14,03a	38,23a
2	4-2-6		2,82a	5,24bc	6,22bc	6,45bcd	20,73c
3	1,6-2-6		2,44a	2,26cd	3,18cd	2,79de	10,56d
4	16-0,5-6		3,03a	10,57a	11,45a	5,22cde	30,26b
5	16-0-6		1,33a	1,17d	1,90d	2,12e	6,51d
6	16-2-3		2,53a	8,66ab	12,98ab	9,91b	34,07b
7	16-2-0,6		2,21a	5,92b	8,14b	7,41bc	23,66c

* Valores na mesma coluna acompanhados com a mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 2 -Teores de $N-NO_3^-$ e $P-H_2PO_4^-$ e totais de N, P e K em folhas de feijoeiro, em função dos tratamentos.

Tratamento Nº	N P K			N- NO_3^- mg/kg	N g/kg	P- $H_2PO_4^-$ mg/kg	P g/kg	K g/kg
	mM l ⁻¹							
1	16-2-6			1035 a*	25 a	4.748a	6 a	25 a
2	4-2-6			411 b	17 ab			
3	1,6-2-6			301 b	14 b			
4	16-0,5-6					1.006c	1 c	
5	16-0-6					2.285b	3 b	
6	16-2-3							16 b
7	16-2-0,6							2 c

* Valores na mesma coluna acompanhados com a mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

os teores observados nas plantas deficientes em P seriam baixos. No caso do K o valor obtido no tratamento com 0,6 mM, seria deficiente para COBRA NETO et al. (1971).

Testes bioquímicos: A Figura 1 mostra o efeito da concentração do substrato sobre a atividade da RNO_3^- . A produção de $N-NO_2^-$ aumenta rapidamente nas menores concentrações de nitrogênio, tendendo a ficar constante a partir de 16 mM de N na solução nutritiva. A partir dessa concentração, a enzima é considerada saturada com o seu substrato, sendo a atividade independente da concentração de nitrogênio exógeno. A equação de regressão para atividade da RNO_3^- (Y) em função da dose de nitrogênio (X) encontrada foi $Y = 7,8132 + 10,6647 X - 0,51272 X^2$, com $r^2 = 0,95$.

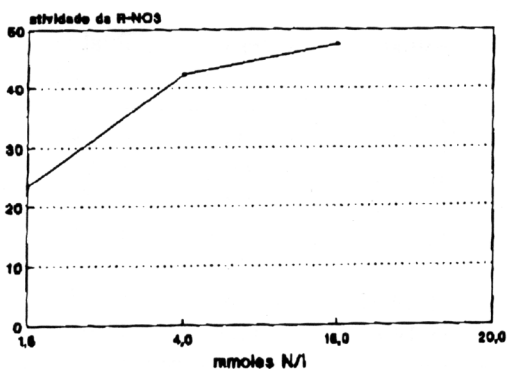


Figura 1 -Efeito da concentração do substrato (milimoles N/l), sobre a atividade da redutase do nitrato ($g N-NO_2^- \cdot g^{-1} mf.h^{-1}$).

Avaliação do estado nutricional: Para verificar a eficiência dos métodos de avaliação do estado nutricional, fizeram-se correlações entre a produção de matéria seca nas vagens (Y) e: teor de N total (X_1), teor de $N-NO_3^-$ (X_2), atividade da redutase do nitrato (x_3), teor de P total (X_4), teor de $H_2PO_4^-$ (X_5) e teor de K total (X_6).

Na TABELA 3 verifica-se que a diagnose foliar (para nitrogênio total e solúvel e potássio total) foi o melhor método para avaliar o estado nutricional do feijoeiro, devido a apresentar coeficientes de determinação mais altos.

TABELA 3 -Coeficientes de determinação (r^2) entre a produção de matéria seca nas vagens (MS_v) e a diagnose foliar e atividade da redutase do nitrato.

Variável	r^2
MS_v x N total	0,997
MS_v x N - NO_3^-	0,967
MS_v x R - NO_3^-	0,766
MS_v x P total	0,622
MS_v x P - $H_2PO_4^-$	0,699
MS_v x K total	0,94

CONCLUSÕES

- 1) As plantas deficientes em N, P e K apresentaram baixa produção de matéria seca nas vagens e planta toda.

2) Os teores solúveis de N e totais de N e K, apresentaram a melhor correlação positiva com a produção de vagens, mostrando que a diagnose foliar é um excelente método de avaliação do estado nutricional do feijoeiro.

3) A determinação de atividade da redutase do nitrato foliar mostrou-se capaz de descrever a influência do nível de N no substrato com a produção.

AGRADECIMENTOS

Participaram da elaboração e execução deste trabalho: A.A.C. Salviano, A.C.C. Bernardi, A.L.M. Menck, E.C. Brasil, E.P. Neto, F. Broetto, F.C. Oliveira, H.S. Pereira, J.A. Scarpore Filho, J.A.A. Silva, J.S. Holanda, M.C.S. Carvalho, M.R.L. Rodrigues, R.R. Beltran, R.J.M. Hernandez, S.R. Penteado, U. Gabe, V.M. Silva, I.M.T. Piza, M.Y. Nishimura e A.A. Gallego.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAR-AKIVA, A.; STERBAUM, J. Possible use of the nitrate reductase activity of leaves as a measure of the nitrogen requirement of *Citrus* trees. *Plant and Cell Physiology*, v.6, p.575-577, 1965.
- BAR-AKIVA, A.; SAGIV, J.; LESHEM, J. Nitrate reductase activity as an indicator for assessing the nitrogen requirement of grass crops. *Journal of Science and Food Agriculture*, v.21, p.405-407, 1970.
- COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. roxinho). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, v.28, p.257-279, 1971.
- JOHNSON, C.M.; STOUT, P.R.; BROYER, T.C.; CARLTON, A.B. Comparative chlorine requirement of different plant species. *Plant and Soil*, v.8, n.3, p.337-353, 1957.
- MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T. Avaliação do estado nutricional do arroz e feijoeiro. Piracicaba: USP/CENA, 1993. 28P. (Apostila mimeografada).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201p.
- MALAVOLTA, E.; DAMIÃO FILHO, C.F.; VOLPE, C.A.; MACHADO JUNIOR, G.R.; VELHO, L.M.S.; ROSA, P.R.F.; LAURENTIZ, S. Deficiência e excessos minerais no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Carioca). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, v.37, n.2, p.701-718, 1980.
- ULRICH, A. Plant analysis: methods and interpretation of results. In: KITCHEN, H.B. ed. *Diagnostic techniques for soils and plants*. Washington: American Potash Institute, 1948. p.157-198.

Entregue para publicação em 18.05.95
Aceito para publicação em 23.08.95