

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO EM RESPOSTA À PROFUNDIDADE DE APLICAÇÃO DE ADUBO FOSFATADO¹

SÉRGIO L. CHAIB², EDUARDO A. BULISANI³ e LUCIA HELENA S. M. CASTRO⁴

RESUMO - Foram estudados os efeitos de diversas profundidades (0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 cm) de aplicação de adubo fosfatado, no crescimento e desenvolvimento de raízes e partes aéreas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em um Latossolo Roxo (Haplortox), textura argilosa. Na avaliação das partes aéreas das plantas notaram-se valores maiores nos tratamentos de 10 a 25 cm de profundidade de aplicação do adubo. Contudo, as produções de grãos se igualaram nos tratamentos, graças ao regime hídrico satisfatório, ocorrido, inclusive, no período da seca. O crescimento das raízes, que foi avaliado em casa de vegetação, em tubos de PVC com uma abertura a cada 5 cm até 30 cm, acusou aumento de peso nas secções adubadas.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris* L., raízes, partes aéreas, grãos, solos.

BEAN GROWTH AND YIELD AS AFFECTED BY DEPTH OF PHOSPHATE FERTILIZER APPLICATION

ABSTRACT - Several depths (0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 cm) of fertilizer application were studied to observe the growth and development of roots and aerial parts of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) in a clayey texture Purple Latosol (Haplortox). Aerial parts were enhanced by fertilizer placed from 10 to 25 cm of depth. Grain yield, however, was equal in all of the treatments, due to an adequate water supply even in the dry season. Root weight, which was evaluated in greenhouse in PVC tubes with openings each 5 cm up to 30 cm, was influenced by the fertilizer, being increased in those layers where it was applied.

Index terms: *Phaseolus vulgaris* L., roots, aerial parts, grains, soils.

INTRODUÇÃO

O feijão é uma das culturas mais importantes para a alimentação dos brasileiros, principalmente na zona rural, onde seu consumo é praticamente diário, constituindo-se fonte primeira de proteína.

O Brasil é o maior produtor mundial desta leguminosa, mas limitado por uma produtividade média baixa, de cerca de 550 kg/ha; entretanto, esta planta possui um potencial bem superior, podendo alcançar mais de 4.000 kg/ha (Centro Internacional de Agricultura Tropical 1979).

Sendo uma planta de ciclo curto, o feijão é sensível às adversidades climáticas que, eventualmente, ocorrem no período de seu desenvolvimento. Tem-se observado queda de produção acentuada pela falta de água em fases críticas de seu desenvolvimento, principalmente, na floração, formação e granação das vagens. Tal susceptibilidade se deve

principalmente ao já conhecido sistema radicular superficial de que é dotado, com cerca de 75% de raízes nos primeiros 10 cm e 85% nos primeiros 20 cm (Inforzato & Miyasaka 1963).

A produtividade do feijoeiro das regiões mais sujeitas a estiagem (veranicos), ou no plantio do chamado feijão da seca, geralmente é mais baixa, no entanto, estes cultivos são responsáveis por parte ponderável da produção brasileira. Várias práticas culturais foram e estão sendo desenvolvidas com a finalidade de elevar tal desempenho, como: métodos apropriados de irrigação, fertilizações adequadas, manejos fitossanitários. Um dos aspectos a merecer maior estudo é o referente à modernização dos implementos convencionais, que incorporam fertilizantes à pouca profundidade. O adubo assim aplicado, aliado à escassez de água, mesmo que temporária, fatalmente trará resultados inferiores ao esperado.

Um dos manejos promissores que deve ser testado mais amiúde é a aplicação de adubo à profundidade, atuando como estímulo ao desenvolvimento das raízes, favorecendo a captação de água disponível nas camadas mais profundas do solo e pro-

¹ Aceito para publicação em 4 de maio de 1984

² Eng.^o Agr.^o, Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Caixa Postal 28, CEP 13100 Campinas, SP. Bolsista do CNPq.

³ Eng.^o Agr.^o, MS, Seção de Leguminosas do IAC.

⁴ Bióloga, Seção de Fisiologia do IAC.

piciando às plantas um melhor aproveitamento dos nutrientes ao longo do perfil do solo.

Roo (1956), trabalhando com subsolador acoplado com mecanismo de adubação, avaliou dois níveis de profundidade de fertilização, um logo abaixo do solo arado, outro 10 cm mais baixo e relatou um bom desenvolvimento de raízes nestas regiões adubadas. Futral (1956) conduziu experimentos em solos barro-argilosos e arenoso, e relatou que a localização mais apropriada de adubo para o amendoim está entre 20 e 25 cm abaixo da semente.

Rogers & Head (1968), trabalhando com raízes de plantas perenes, observaram que solos ricos em matéria orgânica, com alta concentração de íons, ou com fertilizações localizadas, têm as ramificações das raízes estimuladas.

Roo (1968), em experimentos de preparo de solo com arações profundas, testou duas profundidades de adubações, 0-10 cm e 30-40 cm, e constatou que o peso das raízes entre 16 e 60 cm de profundidade era três vezes maior nas adubações profundas. Porém constatou que a produção foi acrescida somente de um quarto nestes tratamentos, o que revela a baixa atividade das raízes profundas em condições satisfatórias, quando comparadas com raízes superficiais. Mas quando em condições secas, as raízes profundas podem superar em atividade as raízes superficiais.

Kramer (1974) cita que a classe de concentração de íons tem importantes efeitos sobre o crescimento das raízes. Uma abundância de certos elementos essenciais, especialmente fósforo e nitrogênio, estimula o crescimento das raízes, mas ainda da parte aérea, de modo que a produção raiz/parte aérea é geralmente mais baixa em um solo fértil do que em um solo que não o seja.

Kluthcowski et al. (1982) trabalharam com quatro variedades de feijão e verificaram um aumento médio na produção de 34% em todas as variedades, quando se aprofundou a incorporação de adubos de 10 cm para 15 cm.

Guimarães & Castro (1981) estudaram o sistema radicular do feijoeiro, observando que os efeitos da aplicação de fertilizantes em profundidade ocasionou 127% de aumento médio do sistema radicular no perfil do solo até 90 cm, sendo que os maiores incrementos foram verificados entre 45 e

90 cm de profundidade. Além disto, observaram que, quando o solo se encontra em condições hídricas satisfatórias, o efeito da profundidade de aplicação de adubos não tem qualquer efeito significativo.

O presente trabalho tem como principal objetivo verificar a profundidade ideal de incorporação de fertilizante para obtenção de melhores resultados de produção, em função de um maior desenvolvimento do sistema radicular do feijoeiro, em solo Latossolo Roxo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados no Centro Experimental de Campinas, do Instituto Agrônomo, no ano agrícola de 1982/83.

As atividades foram divididas em:

– experimentação em campo, com plantio das águas (novembro de 1982) e plantio da seca (fevereiro de 1983).

– experimentos em casa de vegetação, visando um melhor estudo do desenvolvimento do sistema radicular da planta.

Experimentos em campo

Os experimentos foram instalados em área de Latossolo Roxo Distrófico, a qual permaneceu por dois anos em alqueivo. Os resultados das análises químicas e físicas, realizadas, respectivamente, pelas Seções de Fertilidade do Solo e Pedologia do Instituto Agrônomo, são dados a seguir:

Análise física

profund. da amostra (cm)	0-20	20-40
argila (%)	61,2	67,5
limo (%)	5,0	5,0
areia fina (%)	17,1	14,3
densid. aparente (g/cm ³)	1,22	1,11
densid. (g/cm ³)	2,73	2,76
classif.	muito argil.	muito argil.

Análise química

pH	5,8
C %	3,0
PO ₄ ³⁻ (1)	0,05
K ⁺ (1)	0,45
Ca ²⁺ (1)	3,6
Mg ²⁺ (1)	0,8
Al ³⁺ (1)	0,1
H ⁺ (1)	5,1

(1) meq/100 ml TFSA.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcelas de 3 m x 5 m, com cinco repetições. Cada parcela constituiu-se de cinco linhas espaçadas por 0,6 m, usando-se quinze sementes por metro de sulco. As diferentes profundidades de aplicação de adubo foram:

- 2 - adubo a 10 cm de profundidade;
- 3 - adubo a 15 cm de profundidade;
- 4 - adubo a 20 cm de profundidade;
- 5 - adubo a 25 cm de profundidade;
- 6 - adubo a 30 cm de profundidade;
- 7 - testemunha sem adubo;
- 8 - testemunha com semeadeira-adubadeira convencional.

A área total do experimento sofreu uma aração profunda e duas gradagens afim de facilitar as operações de sulcamento. Os sulcos foram abertos com trator, espaçamento de 60 cm e profundidade de 40 cm. Nos tratamentos com aplicação profunda de adubo, houve necessidade de retirar à enxada a terra amontoada, para obter a profundidade desejada.

A adubação foi feita manualmente, na base de 70 kg de P_2O_5 /ha, formulado como superfosfato simples.

Utilizaram-se sementes da cultivar de feijão carioca, usada com maior frequência, e que mostra acréscimo de produção, conforme são aumentadas as quantidades de fertilizantes aplicados (Bulisan et al. 1982).

O plantio das águas foi feito em 2 de novembro de 1982, um pouco atrasado em relação ao tempo ideal previsto, devido às condições climáticas não favoráveis a um bom preparo do solo. O plantio da seca foi feito em 24 de fevereiro de 1983, na mesma área do plantio do período das águas sem que houvesse novas aplicações de adubo, ou seja, com aproveitamento do adubo residual dos tratamentos.

A semeadura foi feita com plantadeira manual (catraca), com três a cinco sementes a cada 20 cm, à profundidade de 3 a 5 cm. Após germinadas, foi feito o desbaste, deixando-se duas plantas a cada 20 cm. O tratamento n.º 8 foi feito com uma semeadeira-adubadeira conjugada Sans de tração animal.

Aos quinze dias da germinação do feijão das águas, foi feita uma aplicação do herbicida Basagran, na dose recomendada, devido à grande infestação de ervas daninhas de folhas largas no local.

A adubação em cobertura foi feita aos 20 dias da germinação, com nitrogênio formulado como uréia, na base de 40 kg/ha de N.

Para o plantio das águas não houve necessidade de efetuar aplicações de inseticidas e fungicidas, embora tenha sido observada leve infestação de trips e incidência também leve dos agentes da antracnose e da mancha angular. No plantio da seca, foram efetuadas duas aplicações de acaricida e inseticida, aos 20 e 35 dias, para o controle de ácaros e coleópteros, respectivamente, que normalmente ocorrem nesta época do ano.

Foi feita uma avaliação visual do feijoeiro, aos 45 dias de germinação. Tomou-se como critério, notas no valor

de 1 a 5 para as características de porte e cor de folha. Esta avaliação foi feita, independentemente, por três pessoas distintas. Foi coletado, na mesma ocasião, um metro de linha (dez plantas), ao acaso, por parcela, para averiguação do peso da parte aérea seca das plantas, em cada tratamento.

As produções de grãos foram obtidas das três linhas centrais de cada parcela, com contagem do stand final.

Experimento em casa de vegetação

O experimento feito na casa de vegetação foi conduzido simultaneamente com o experimento de campo da época da seca.

Foi coletado solo no local do ensaio de campo; após ter sido destorroado e peneirado, foi posto em tubos de PVC 6 polegadas, seccionados a cada 5 cm, com sete segmentos unidos com fita adesiva. O tubo inteiro totaliza 35 cm de solo para o desenvolvimento das raízes.

A localização do adubo fosfatado constituiu os seguintes tratamentos: adubo superficial (1), a 10 cm (2), 20 cm (3) e 30 cm (4) de profundidade e testemunha sem adubo (5), com três repetições cada tratamento.

A superfície à qual o adubo foi aplicado, foi ligeiramente concavada para que o adubo não percolasse pelas bordas internas dos tubos, por ocasião das irrigações.

Foram semeadas quatro sementes em cada tubo; após germinadas foram desbastadas, deixando-se três plantas. As irrigações foram feitas assim que a terra dos tubos se apresentava seca à superfície. No decorrer do experimento, foram diminuídas as irrigações pela parte superior dos tubos e suprida de água a parte inferior, representando o lençol freático, com a água servindo as plantas por capilaridade.

Após o florescimento e no começo da granação, as plantas foram cortadas, os anéis separados e as raízes lavadas e pesadas em cada seção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação visual para cor, porte e stand, efetuada no período das águas, mostrou normalidade de desenvolvimento, sendo observados valores médios de notas variando de 3,5 a 4,2 numa escala de 1 a 5. A análise de variância efetuada não mostrou significância, apontando que, do ponto de vista visual, os tratamentos não afetaram o desenvolvimento das plantas.

Na Tabela 1 estão os dados de matéria seca das plantas, coletados aos 50 dias após a germinação. Observa-se que não foram afetados os pesos de folhas e de hastes pela profundidade de aplicação do fertilizante, enquanto que o de vagens mostrou tendência de maiores valores quando o fertilizante estava colocado de 10 a 25 cm de profundidade. A

TABELA 1. Produção em gramas de matéria seca de parte aérea da planta de feijão, aos 50 dias após germinação, no cultivo das águas. Dez plantas tiradas ao acaso.

Profundidade de aplicação de fertilizante (cm)	Matéria seca		
	Folhas	Hastes	Vagens
	-----g-----		
5	41,6	25,0	30,6 bc
10	39,2	28,6	37,2 ab
15	45,6	24,0	34,4 ab
20	52,2	24,4	38,4 a
25	37,8	23,2	32,4 abc
30	37,6	22,0	25,0 cd
Sem adubo	38,4	24,8	21,5 d
Convencional	36,4	22,4	26,5 cd
CV%	24,2	20,4	18,1

Obs.: Valores médios seguidos de mesma letra na coluna não diferem, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

baixa produção de vagens no tratamento com fertilizante a 30 cm, provavelmente, deve-se ao fato de que o sistema radicular da planta, na fase de desenvolvimento na qual foi avaliada, não encontrou tempo suficiente para ampliar-se na região do adubo de forma a suprir adequadamente a planta. Este fato deve ser também considerado com relação à produção final, pois, quando há nutrientes necessários desde a fase jovem da planta, certamente ter-se-á uma melhor resposta de produção, inclusive, um maior crescimento do sistema radicular, quando em comparação com as plantas que devem crescer até captar o adubo à distância.

Por outro lado, com o fertilizante muito próximo da planta ou semente, o sistema radicular, estimulado a crescer no local de aplicação do adubo, possuirá uma menor área de exploração no solo, limitando a absorção de água e nutrientes, o que poderia justificar a baixa produção de vagens nos tratamentos com fertilizante superficial e a 5 cm de profundidade.

Um dado interessante a observar seria a profundidade que as raízes de feijão atingem nas fases de desenvolvimento da planta. Inforzato & Miyasaka (1963) apontam que as plantas apresentam o máximo desenvolvimento do sistema radicular duran-

te a fase de florescimento. Entretanto, estudos em casa de vegetação sobre o desenvolvimento do sistema radicular, em três variedades de feijão, relatam que a planta leva de doze a quinze dias após a germinação para atingir a quase totalidade do comprimento da raiz principal, até a fase de preflorescimento (Paulo 1983). A adubação profunda, embora seja somente nos primeiros quinze dias que a planta se abstém do adubo, é de considerável importância para o seu desenvolvimento, pois é na fase jovem da planta que se faz necessário o suprimento adequado para o crescimento sadio, ainda que, segundo Malavolta et al. (1974), o fósforo é um nutriente que não apresenta época preferencial, sendo absorvido por todo o ciclo da planta de feijão.

A Tabela 2 mostra as produções em médias de kg/ha e gramas/planta das épocas da seca e das águas. Nota-se, de uma maneira geral, que não houve influência direta da profundidade do adubo nas produções. Estatisticamente, as diferenças devem-se mais aos tratamentos sem fertilizantes e à testemunha de plantio convencional, o qual apresentou baixo stand. Considerando-se a relação gramas/planta, as diferenças das médias de produção não são muito amplas. Tal fato confirma as afirmações de Guimarães & Castro (1981) e Roo (1968) de que as plantas com regime hídrico satisfatório não sofrem influência da profundidade da adubação. Tanto o feijão das águas como o da seca sofreram um regime hídrico muito elevado, acima da média dos outros anos, principalmente para o feijão da seca. Observou-se uma precipitação de 224 mm e 285 mm, respectivamente, ou seja, uma média de quase 10 mm diários na época da seca. Em abril, quando o florescimento da planta atingiu o máximo, constou de 115 mm de chuva, enquanto a média do mês situa-se em torno de 30-40 mm de água.

Nestas condições, porém, cabe a ressalva de que, até certo ponto, o efeito da profundidade do fertilizante, se não foi mais produtor, também não ocasionou menores produções de grãos para a cultura.

O comportamento das raízes perante o adubo e a profundidade foi avaliado pelo peso da matéria verde e seca, tirados a cada 5 cm de solo, na fase

TABELA 2. Média de produção de grãos em kg/ha e gramas/plantas do feijão das águas e da seca, colhido em 1.83 e 5.83, respectivamente.

Profundidade de aplicação de fertilizante (cm)	Média de produção			
	Feijão da seca		Feijão das águas	
	kg/ha	g/planta	kg/ha	g/planta
5	568	3,35	861 a	4,90
10	541	3,46	821 ab	4,85
15	680	4,26	811 ab	4,70
20	603	3,69	637 abc	3,85
25	605	3,90	693 abc	4,50
30	600	3,81	635 bc	3,60
Sem adubo	469	3,30	429 cd	2,68
Convencional	349	3,55	253 d	3,00
CV%	19,9			

Obs.: Números seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente no teste de Tukey, ao nível de 5%.

TABELA 3. Peso em grama de matéria verde e seca do total das raízes de nove plantas, aos 45 dias.

Profundidade de aplicação do fertilizante (cm)	Peso total das raízes	
	Matéria verde	Matéria seca
	g	
Superfície	24,1 b	2,28 b
10	23,0 b	2,61 b
20	27,8 b	2,59 b
30	35,4 a	4,17 a
Sem adubo	30,3 b	2,75 b
CV%	14,8	14,5

Obs.: Números seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente no teste de Tukey, ao nível de 5%.

TABELA 4. Acúmulo percentual de raízes do feijoeiro em profundidade segundo localização do adubo.

Profundidade de aplicação de fertilizante (cm)	Porcentagem de raízes nas diversas camadas do solo (cm) em valores acumulados						
	0-5	0-10	0-15	0-20	0-25	0-30	0-35
	%						
Superfície	36	60	73	80	86	93	100
10	25	43	67	76	84	92	100
20	25	46	55	65	80	91	100
30	29	44	52	59	68	78	100
Sem adubo	34	53	63	72	79	89	100

de florescimento da planta. Os valores estão nas Tabelas 3 e 4 que representam, respectivamente, o peso total em gramas das raízes, a percentagem dos pesos e os valores acumulados nas diversas camadas do solo.

Nota-se uma relação direta entre a profundidade do adubo e o aumento do peso do sistema radicular. À medida que se aprofundou a aplicação do fertilizante, notou-se um aumento no peso tanto de matéria verde quanto de matéria seca das raízes; entretanto, diferença significativa em relação aos demais tratamentos só foi observada para a posição a 30 cm de profundidade.

Observa-se que os tratamentos (Tabela 4) que receberam adubo superficial, a 10 cm, e testemunha sem adubo mostraram valores acumulados de raízes acima de 72%, chegando a 80% até os primeiros 20 cm de solo. Com o fertilizante localizado a 20 cm e 30 cm de profundidade, de 59% a 65% do total de raízes concentraram-se nos primeiros 20 cm de profundidade, apontando, portanto, um acúmulo muito diferente daquele anteriormente observado.

Tais medidas mostram claramente a redistribuição da massa radicular das plantas do feijoeiro no solo devido ao aumento do peso das raízes, ativada nas proximidades das secções fertilizadas.

CONCLUSÕES

1. A produção de grãos na seca não variou, quando se variou a profundidade de adubação de 5 cm a 30 cm.

2. Com o aumento da profundidade de adubação houve um acréscimo da quantidade total de raízes de feijão.

3. Nas secções fertilizadas, houve aumento do peso bruto das raízes, independente da profundidade, até 30 cm.

4. Em condições hídricas satisfatórias, o aumento do sistema radicular do feijoeiro não implica aumento da produção de grãos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Eng.^o Agr.^o Reinaldo Forster pelas sugestões apresentadas nos trabalhos, e a Eng.^a Agr.^a Elza de Vinhas Ribeiro pela ajuda nas análises efetuadas.

REFERÊNCIAS

- BULISANI, E.A.; ALMEIDA, L.D. & ALVES, S. Resposta de cinco cultivares de feijão a níveis crescentes de N, P₂O₅ e K₂O em condições de campo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, 1982. Anais... Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1982. p.187-9.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, Cali, Colômbia. Informe anual frijol. Cali, Colômbia, 1979. 115p.
- FUTRAL, J.G. The placement of fertilizers of peanuts. Crops Plant Food, Washington, 40(5):11-2, 42-3, 1956.
- GUIMARÃES, C.M. & CASTRO, T. de A.P. Sistema radicular do feijoeiro e profundidade de aplicação do adubo. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1981. 3p. (EMBRAPA-CNPAP. Pesquisa em Andamento, 31).
- INFORZATO, R. & MIYASAKA, S. Sistema radicular do feijoeiro em dois tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia*, 22:477-81, 1963.
- KLUTHCOVSKI, J.; AIDAR, H.; TEIXEIRA, M.G. & CHAGAS, J.M. Profundidade de incorporação de adubos, aspecto importante no cultivo do feijão. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1982. 6p. (EMBRAPA-CNPAP. Boletim Informativo).
- KRAMER, J.P. Relaciones hídricas de suelo y plantas; una síntesis moderna. México, Edutex, 1974. p.117-68.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. de & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. p.536-57.
- PAULO, E.M. Crescimento radicular de diferentes variedades de feijão. s.l., IAC, 1983.
- ROGERS, W.S. & READ, G.G. Factors affecting the distribution and growth of roots of perennial woody species. London, East Malling Research Station, 1968. 450p.
- ROO, H.C. de. Subsoiling, plowing and deep placement of line or fertilizer in one operation. *Agron. J.*, 40: 476-7, 1956.
- ROO, H.C. de. Tillage and root growth. London, Connecticut Agricultural Experiment Station New Haven, 1968. 450p.