

EFEITOS DO AUMENTO DO TEOR DE FÓSFORO NA SEMENTE, OBTIDO VIA ADUBAÇÃO FOLIAR, NO CRESCIMENTO E NA NODULAÇÃO DO FEIJOEIRO⁽¹⁾

A. P. ARAÚJO⁽²⁾, M. G. TEIXEIRA⁽³⁾ & E. R. LIMA⁽⁴⁾

RESUMO

Sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com alto teor de P, obtidas de plantas que receberam adubação foliar, foram utilizadas em um experimento em casa de vegetação para avaliar os efeitos do teor de P na semente, no crescimento e na nodulação do feijoeiro no estágio vegetativo. O experimento tinha arranjo fatorial 2 x 2 x 3 x 3 em blocos ao acaso com quatro repetições: dois cultivares (Carioca e Rio Tibagi), dois teores de P na semente (baixo e alto, correspondentes a 4,3 e 5,6 mg g⁻¹, em Carioca, e 4,8 e 6,3 mg g⁻¹, em Rio Tibagi), três doses de P aplicado ao solo (0, 30 e 60 mg kg⁻¹, respectivamente, P₀, P₃₀ e P₆₀) e três épocas de coleta (20, 30 e 40 dias após emergência - DAE). O alto teor de P na semente aumentou a matéria seca das plantas de feijoeiro em P₀ nas três coletas, e em P₃₀, aos 40 DAE. Plantas originadas de sementes com alto teor de P mostraram menor dependência do suprimento de P no solo, quanto à produção de matéria seca, do que aquelas oriundas de sementes com baixo P. O alto teor de P na semente aumentou o número de nódulos em Carioca em P₀, aos 20 e 30 DAE, e aumentou a massa de nódulos em P₃₀, aos 20 DAE nos dois cultivares e, aos 40 DAE, em P₃₀ em Carioca e em P₆₀ em Rio Tibagi. A acumulação de N na parte aérea aos 20 DAE foi superior nas plantas originadas de sementes com alto teor de P. Segundo os resultados, sementes com alto teor de P obtido via adubação foliar podem aumentar o crescimento, a nodulação e a acumulação de N do feijoeiro em estádios iniciais de crescimento, particularmente sob baixas doses de P aplicado ao solo.

Termos de indexação: feijão, nitrogênio, *Phaseolus vulgaris*, raiz.

⁽¹⁾ Apresentado na XXIV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, em Santa Maria (RS), em outubro de 2000. Recebido para publicação em setembro de 2000 e aprovado em setembro de 2001.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. CEP 23890-000 Seropédica (RJ). Bolsista do CNPq. E-mail: aparaujo@ufrj.br

⁽³⁾ Pesquisador da Embrapa Agrobiologia. CEP 23851-970 Seropédica (RJ). E-mail: grandi@cpab.embrapa.br

⁽⁴⁾ Mestrando em Fitotecnia, UFRRJ. Bolsista da CAPES. E-mail: elvis@ruralnet.com.br

SUMMARY: *EFFECTS OF INCREASED SEED PHOSPHORUS CONCENTRATION OBTAINED BY FOLIAR FERTILIZATION ON GROWTH AND NODULATION OF COMMON BEAN*

Seeds of common bean (Phaseolus vulgaris L.) with high P concentration, obtained from plants which had received foliar fertilization, were used in a greenhouse experiment to evaluate the effects of seed P concentration on growth and nodulation of common bean during the vegetative stage. The experiment had a 2 x 2 x 3 x 3 factorial randomized block design with four replicates: two cultivars (Carioca and Rio Tibagi), two seed P concentrations (low and high, corresponding to 4.3 and 5.6 mg g⁻¹ for Carioca, and 4.8 and 6.3 mg g⁻¹ for Rio Tibagi), three levels of P applied to the soil (0, 30 and 60 mg kg⁻¹, respectively, P₀, P₃₀ and P₆₀) and three times of harvesting (20, 30 and 40 days after emergence - DAE). The high seed P concentration increased the dry matter of bean plants at P₀ at the three harvests, and at P₃₀ at 40 DAE. Plants originating from high P seeds showed a lower dependence of soil P supply, in regard to dry matter production, than those originating from low P seeds. The high seed P concentration increased the number of nodules in Carioca at P₀ by 20 and 30 DAE, and increased nodule mass at P₃₀ by 20 DAE in both cultivars, and by 40 DAE at P₃₀ in Carioca and at P₆₀ in Rio Tibagi. The accumulation of N by shoots at 20 DAE was greater in plants originating from high P seeds. The results demonstrate that seeds with high P concentration obtained by foliar fertilization can enhance growth, nodulation and N accumulation of bean plants at early growth stages, particularly at low P levels applied to the soil.

Index terms: nitrogen, Phaseolus vulgaris, root.

INTRODUÇÃO

A deficiência de P é generalizada nas regiões produtoras de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil, e talvez este seja o fator nutricional mais limitante à fixação de N₂ em pequenos cultivos. Como a fixação biológica de N₂ é um processo de grande demanda energética, e como o P tem um papel relevante no metabolismo energético das células, a deficiência de P tem um impacto negativo no estado energético dos nódulos (Sa & Israel, 1991). Desta forma, o P teria um efeito benéfico na fixação de N₂, tanto atuando diretamente sobre a iniciação, crescimento e funcionamento dos nódulos (Israel, 1987), aumentando sua atividade (Graham & Rosas, 1979; Pereira & Bliss, 1987), quanto estimulando o crescimento do hospedeiro (Gates & Wilson, 1974).

Plantas de soja (*Glycine max* L. Merr.), quando dependentes da fixação biológica de N₂, apresentaram maior requerimento de P para obtenção de crescimento ótimo do que plantas supridas com nitrato em solução nutritiva (Israel, 1987). Os parâmetros associados à fixação de N₂ são mais dependentes do suprimento de P do que o próprio crescimento vegetal (Cassman et al., 1980; Israel, 1987). Em soja sob fixação simbiótica de N₂, o estresse de P influenciou no equilíbrio entre a biomassa de nódulos e de raízes de forma mais intensa que na partição de biomassa entre raízes e parte aérea (Cassman et al., 1980). Além disto, os nódulos de feijoeiro constituem um forte dreno de P, com grandes respostas às doses do nutriente (Graham & Rosas, 1979).

O feijoeiro tem sido considerado uma espécie com baixa fixação simbiótica de N₂, quando comparado a outras leguminosas de grão, em parte em virtude da susceptibilidade da espécie a estresses ambientais e nutricionais e ao curto período vegetativo (Piha & Munns, 1987; Chaverra & Graham, 1992).

Como o suprimento limitado de P causa atrasos no desenvolvimento da nodulação no feijoeiro (Araújo & Teixeira, 2000), o maior teor de P em sementes de feijão poderia aumentar a disponibilidade do nutriente em estádios iniciais de infecção e formação dos nódulos, particularmente sob condições de baixa disponibilidade de P. Plantas de feijoeiro originadas de sementes com alta concentração de P não só produziram maior massa seca de parte aérea e número e massa de nódulos, mas também mostraram-se menos dependentes do suprimento de P no solo do que plantas oriundas de sementes com baixo teor de P (Teixeira et al., 1999). Altos teores de P nas sementes aumentaram a massa seca de parte aérea, bem como o número e massa seca de nódulos de tremoço (*Lupinus angustifolius* L.) sob todas as doses de suprimento externo de P, sobretudo sob deficiência de P (Thomson et al., 1991).

A adubação foliar com P pode constituir uma alternativa tecnológica para elevar o teor de P nas sementes. Como sais fertilizantes podem ser rapidamente absorvidos e metabolizados pelas folhas, é possível aplicar nutrientes em cultivos em estádios de alta demanda de nutrientes, como durante o rápido crescimento vegetativo e o desenvolvimento dos frutos (Sesay & Shibles, 1980).

A adubação foliar com solução com 10 g L⁻¹ de P aumentou o teor de P nas sementes de feijoeiro, e as aplicações no estágio de formação das vagens mostraram-se mais efetivas no aumento do teor de P nas sementes (Teixeira & Araújo, 1999).

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do maior teor de P nas sementes, obtido via adubação foliar, no crescimento e nodulação do feijoeiro no estágio vegetativo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um experimento em casa de vegetação na Embrapa Agrobiologia, em Seropédica (RJ), no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 2 x 3 x 3: dois cultivares de feijoeiro (Carioca e Rio Tibagi), dois níveis de P na semente (baixo e alto), três doses de P aplicadas ao solo (0, 30 e 60 mg kg⁻¹, respectivamente, P₀, P₃₀ e P₆₀) e três épocas de coleta (aos 20, 30 e 40 dias após emergência - DAE). Foram utilizadas as sementes obtidas por Teixeira & Araújo (1999) em condições de campo, sendo as sementes com alto teor de P colhidas de parcelas que receberam adubação foliar com 10 g P L⁻¹ aos 45 e 60 dias após emergência, e as sementes com baixo teor de P colhidas de parcelas sem adubação foliar com P. As características das sementes utilizadas estão no quadro 1. Cabe ressaltar que Teixeira & Araújo (1999) buscaram reproduzir as condições usuais em um cultivo para produção de sementes, aplicando no plantio 40 kg ha⁻¹ de P, o que resultou em sementes com adequado teor de P mesmo nas parcelas que não receberam adubação foliar (Quadro 1).

Utilizou-se como substrato o horizonte A de um Argissolo, passado em peneira de 6 mm e colocado em vasos de 3 kg. As análises do solo (EMBRAPA, 1997) apresentaram: pH em água 4,8, 5 mmol_c dm⁻³ de Al, 11 mmol_c dm⁻³ de Ca, 12 mmol_c dm⁻³ de Mg, 1,3 mmol_c dm⁻³ de K, 3 mg dm⁻³ de P. O solo de cada vaso recebeu 1,5 g de CaCO₃ e, 10 dias após, adubação na forma de produtos p.a., diluídos em

água; posteriormente, o material de cada vaso foi homogeneizado. As seguintes doses foram aplicadas (em mg kg⁻¹ de solo): 10 Mg (como MgSO₄.7H₂O), 2 Cu (como CuSO₄.5H₂O), 1 Zn (como ZnSO₄.7H₂O), 0,05 B (como H₃BO₃), 0,2 Mo (como Na₂MoO₄.2H₂O), 1 Fe (como Fe-EDTA), 0, 30 e 60 P (como KH₂PO₄), nos diferentes tratamentos com P. Nas doses mais baixas de P, o K foi complementado com KCl para homogeneizar a dose de K. A semeadura foi efetuada sete dias após a adubação, sendo as sementes inoculadas com as estirpes BR266, BR281 e BR322 de *Rhizobium spp.*, da coleção da Embrapa Agrobiologia. Foram cultivadas quatro plantas por vaso após desbaste.

Nas coletas, os caules e folhas foram separados, determinando-se a área foliar (Li-Cor 3100 Area Meter). As raízes foram lavadas sobre uma peneira, e os nódulos foram separados e contados. As folhas, caules, raízes e nódulos foram secos em estufa a 70°C e pesados. Na parte aérea (folhas + caules), foram determinadas: a concentração de P após digestão nitro-perclórica, e dosagem colorimétrica pelo molibdato de amônio, e a concentração de N pelo método semimicro Kjeldahl (Malavolta et al., 1989).

A homogeneidade das variâncias dos dados obtidos nas três coletas foi verificada pelo teste de Hartley (Neter et al., 1990). Por ter a maioria dos caracteres apresentado variâncias heterocedásticas, inclusive após transformação em logaritmo natural, a análise de variância foi efetuada para cada coleta separadamente, avaliando os efeitos dos fatores (cultivar, P do solo e P da semente) e suas interações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma geral, os cultivares Carioca e Rio Tibagi responderam de forma similar aos aumentos no teor de P na semente e nas doses de P no solo. O cultivar Carioca produziu maior área foliar, massa seca de folha e de caule e número de nódulos que Rio Tibagi, nas três épocas avaliadas (Quadro 2). Por outro lado, Rio Tibagi apresentou maior massa de raiz e razão raiz:parte aérea que Carioca nas três coletas, confirmando seu potencial de produção de biomassa radicular (Araújo et al., 2000).

Aos 20 DAE, não houve aumento significativo da área foliar e do peso de matéria seca de folha e total entre as doses P₃₀ e P₆₀, de forma diferente do observado aos 30 e 40 DAE (Quadro 3). Isto significa que o suprimento adicional de P no solo, na dose P₆₀, só foi convertido em biomassa da parte aérea após os 20 DAE. Em geral, não houve aumento significativo da massa seca de raiz e de caule entre as doses P₃₀ e P₆₀ nas três coletas (Quadro 3), indicando que as plantas de feijoeiro utilizaram o suprimento adicional de P do solo, na dose P₆₀, preferencialmente para a produção de folhas.

Quadro 1. Características das sementes utilizadas

Cultivar	Nível de P na semente	Peso de	Teor de P
		100 sementes	
		g	mg g ⁻¹
Carioca	Baixo	19,4	4,3
	Alto	19,0	5,6
Rio Tibagi	Baixo	13,6	4,8
	Alto	14,8	6,3

Quadro 2. Área foliar, peso de matéria seca de diferentes porções vegetais, número de nódulos e razão raiz:parte aérea de dois cultivares de feijoeiro em três épocas de coleta (médias de dois níveis de P na semente e de três doses de P no solo)

Cultivar	Matéria seca											
	Área foliar			Folha			Caulo			Raiz		
	20 DAE	30 DAE	40 DAE	20 DAE	30 DAE	40 DAE	20 DAE	30 DAE	40 DAE	20 DAE	30 DAE	40 DAE
	cm ² planta ⁻¹			mg planta ⁻¹								
Carioca	161 a	193 a	229 a	571 a	844 a	908 a	176 a	263 a	391 a	347 b	344 b	387 b
Rio Tibagi	131 b	151 b	186 b	482 b	686 b	819 b	142 b	201 b	296 b	380 a	377 a	476 a
	Matéria seca de nódulos			Matéria seca total			Número de nódulos			Razão raiz:parte aérea		
	20 DAE	30 DAE	40 DAE	20 DAE	30 DAE	40 DAE	20 DAE	30 DAE	40 DAE	20 DAE	30 DAE	40 DAE
	mg planta ⁻¹			mg planta ⁻¹			nº planta ⁻¹			mg g ⁻¹		
Carioca	43 a	65 a	62 a	1126 a	1516 a	1747 a	77 a	111 a	141 a	531 b	383 b	383 b
Rio Tibagi	36 b	59 a	63 a	1039 b	1323 b	1653 b	44 b	83 b	105 b	685 a	546 a	550 a

DAE: dias após emergência. Médias seguidas por letras diferentes, dentro da mesma coluna, diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Quadro 3. Área foliar, peso de matéria seca de diferentes porções vegetais e razão raiz:parte aérea de plantas de feijoeiro em três épocas de coleta, originadas de sementes com baixo e alto teor de P, e crescidas sob três doses de P no solo (médias de dois cultivares)

Coleta	Dose de P	Área foliar		Matéria seca de folha		Matéria seca de caule	
		Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P
	mg kg ⁻¹	cm ² planta ⁻¹		mg planta ⁻¹			
20 DAE	0	106 b	129 b*	366 b	479 b*	123 b	142 b*
	30	152 a	166 a*	552 a	623 a*	161 a	183 a*
	60	160 a	162 a	563 a	576 a	156 a	159 b
30 DAE	0	67 c	94 c*	310 c	452 b*	140 b	185 b*
	30	196 b	207 b	860 b	928 a	250 a	270 a
	60	235 a	232 a	1016 a	1024 a	272 a	278 a
40 DAE	0	73 c	89 c	300 c	398 c*	175 c	227 b*
	30	229 b	245 b	880 b	1112 b*	366 b	427 a*
	60	301 a	307 a	1207 a	1283 a	432 a	432 a
		Matéria seca de raiz		Matéria seca total		Razão raiz:parte aérea	
		Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P
		mg planta ⁻¹				mg g ⁻¹	
20 DAE	0	301 b	346 a	792 b	972 b*	638 a	592 a
	30	432 a	367 a*	1175 a	1215 a	665 a	514 a*
	60	400 a	337 a*	1190 a	1153 a	670 a	569 a*
30 DAE	0	247 b	309 c*	698 c	954 b*	596 a	529 a
	30	407 a	433 a	1586 b	1695 a	445 b	441 b
	60	391 a	376 b	1799 a	1784 a	399 b	376 b
40 DAE	0	294 b	345 b	772 c	974 b*	630 a	591 a
	30	487 a	523 a	1796 b	2136 a*	468 b	398 b*
	60	491 a	449 a	2239 a	2283 a	375 b	336 b

DAE: dias após emergência. Médias seguidas por letras diferentes, dentro da mesma coluna e da mesma coleta, diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. * Diferença significativa entre teor de P na semente pelo teste Tukey a 5%.

O alto teor de P na semente estimulou a expansão foliar do feijoeiro, com aumentos na área foliar e na matéria seca de folha em P₀ e P₃₀, aos 20 DAE, e em P₀, aos 30 DAE (Quadro 3). Aos 40 DAE, o alto teor de P na semente aumentou a matéria seca de folha em P₀ e P₃₀, sem, no entanto, influir significativamente na área foliar. A acumulação de biomassa apresentou comportamento similar: o alto teor de P na semente aumentou a matéria seca de caule e total em P₀, nas três coletas, e em P₃₀, aos 40 DAE (Quadro 3).

Estes resultados demonstram que o maior teor de P na semente estimulou o crescimento vegetativo do feijoeiro, mas apenas nas doses mais baixas de P aplicadas ao solo. Resultados com trigo (*Triticum aestivum* L.) (Bolland & Baker, 1988; De Marco, 1990), tremoço (Thomson et al., 1991), leguminosas forrageiras (Bolland & Paynter, 1990) e feijoeiro (Teixeira et al., 1999) também fornecem evidências de que os efeitos do maior teor de P da semente no estímulo ao crescimento da parte aérea diminuem com a maior disponibilidade de P no solo. Este maior crescimento de plantas de feijoeiro, acarretado pelas sementes com alto teor de P, manteve-se durante todo o estágio vegetativo, como observado em tremoço (Thomson et al., 1991).

O maior crescimento inicial do feijoeiro, oriundo de sementes com alto teor de P, pode assumir impactos positivos na produção de grãos, particularmente sob condições de estresse ambiental. Sementes de feijão produzidas sob altas doses de fertilizante propiciaram maior número de plantas em condições adversas à germinação (Vieira, 1986). Sementes de trigo obtidas de sítios com aplicação de P garantiram melhor estabelecimento das plântulas e maior produção de matéria seca, que se refletiram no incremento do rendimento de grãos, mas apenas sob condições de cultivo na época seca (Burnett et al., 1997).

Nas plantas oriundas de sementes com baixo teor de P, houve aumentos significativos na matéria seca total da dose P₃₀ para P₆₀ aos 30 e 40 DAE; já nas plantas originadas de sementes com alto teor de P, estes aumentos não foram significativos (Quadro 3). Isto indica que plantas de feijoeiro originadas de sementes com alto teor de P são menos dependentes do suprimento de P no solo para produção de biomassa do que plantas oriundas de sementes com baixo P, confirmando observações de Teixeira et al. (1999). Sementes de trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum* L.) com alta concentração de P reduziram a resposta ao P aplicado ao solo, modificando o requerimento para a obtenção do crescimento máximo (Paynter, 1993).

As respostas do crescimento radicular ao aumento do teor de P na semente foram mais complexas. Aos 20 DAE, o alto teor de P na semente diminuiu a matéria seca de raiz em P₃₀ e P₆₀ (Quadro 3), em comparação ao baixo teor de P na semente, indicando que, sob condições de adequado

suprimento de P no solo, o fornecimento adicional de P da semente foi utilizado preferencialmente para produção de biomassa de parte aérea. Isto causou uma redução concomitante da razão raiz:parte aérea nas plantas oriundas de sementes com alto teor de P (Quadro 3). Já aos 30 DAE, o maior teor de P na semente aumentou o crescimento radicular em P₀ (Quadro 3), ou seja, sob deficiência de P, o suprimento adicional de P da semente foi utilizado no crescimento radicular. Em trigo, o crescimento radicular também foi estimulado pelo alto teor de P da semente, mas em menor extensão que o crescimento da parte aérea, o que reduziu a razão raiz:parte aérea em plantas originadas de sementes com alto teor de P (De Marco, 1990).

De forma geral, o número e o peso de nódulos aumentaram com o incremento das doses de P no solo nas três épocas avaliadas (Quadro 4). Enquanto a matéria seca total das plantas de feijoeiro aumentou em média 2,6 vezes entre as doses P₀ e P₆₀ aos 40 DAE (Quadro 3), o peso de nódulos aumentou mais de 30 vezes (Quadro 4), confirmando que os caracteres associados à nodulação mostraram-se mais dependentes do suprimento de P do que o crescimento do hospedeiro (Israel, 1987).

O alto teor de P da semente aumentou significativamente o número de nódulos do cultivar Carioca na dose P₀, aos 20 e 30 DAE; já em Rio Tibagi, o P da semente não influenciou o número de nódulos (Quadro 4). O alto teor de P da semente aumentou a matéria seca de nódulos em P₃₀, aos 20 DAE nos dois cultivares, em P₃₀, aos 40 DAE, em Carioca, e em P₆₀ aos 40 DAE, em Rio Tibagi (Quadro 4). Na menor dose de P no solo, a nodulação foi bastante limitada, e o suprimento adicional de P da semente foi utilizado preferencialmente no crescimento do hospedeiro, com aumento na biomassa total das plantas oriundas de sementes com alto teor de P (Quadro 3). Já sob maior disponibilidade de P no solo, o suprimento adicional de P das sementes com alto teor de P pôde ser destinado ao crescimento de nódulos, com aumentos da massa de nódulos em P₃₀ e P₆₀ (Quadro 4). O alto teor de P da semente aumentou o peso de cada nódulo aos 20 e 30 DAE (dados não apresentados), ou seja, sementes com alto teor de P estimularam a nodulação do feijoeiro através principalmente do aumento do tamanho do nódulo.

Os efeitos do aumento do teor de P da semente na nodulação do feijoeiro não foram tão pronunciados quanto os registrados por Teixeira et al. (1999). Entretanto, estes autores trabalharam com sementes com uma mais ampla variação da concentração de P, obtidas pela modificação das doses de P aplicadas a um solo de baixa fertilidade natural. A menor amplitude de variação na concentração de P das sementes utilizadas no atual experimento (Quadro 1) pode ter reduzido os efeitos do P da semente na nodulação do feijoeiro.

O cultivar Carioca acumulou mais N e P na parte aérea que Rio Tibagi nas três épocas de coleta, em virtude principalmente de seu maior crescimento, pois os teores de N e de P foram similares nos dois cultivares (Quadro 5). Considerando a média dos cultivares e doses de P no solo, o alto teor de P da semente aumentou o teor de N na parte aérea aos 20 DAE (Quadro 5). Esta maior acumulação de N foi atribuída, principalmente, ao maior crescimento das plantas originadas de sementes com alto teor de P, já que o teor de N na parte aérea não foi modificado neste estágio (Quadro 5). O alto teor de P da semente causou redução dos teores de N e de P da parte aérea aos 40 DAE, em virtude de efeitos de

diluição causados por um estímulo ao crescimento da parte aérea verificados neste estágio, sem concomitantes aumentos da acumulação destes nutrientes (Quadros 3 e 5). Em leguminosas forrageiras, o teor de P na parte aérea não foi alterado pela concentração de P nas sementes, mas o teor de P aumentou em consequência da maior produção de biomassa (Bolland & Paynter, 1990).

O suprimento adicional das sementes com alto teor de P foi de 0,23 mg de P por planta, na média dos dois cultivares (Quadro 1), valor superior ao aumento do teor de P na parte aérea das plantas oriundas de sementes com alto teor de P (Quadro 5). Sendo assim, o estímulo do alto teor de P da semente

Quadro 4. Número e peso de matéria seca de nódulos de dois cultivares de feijoeiro em três épocas de coleta, originados de sementes com baixo e alto teor de P e crescidos sob três doses de P no solo

Coleta	Dose de P no solo	Número de nódulos				Matéria seca de nódulos			
		Carioca		Rio Tibagi		Carioca		Rio Tibagi	
		Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P
	mg kg ⁻¹	n° planta ⁻¹				mg planta ⁻¹			
20 DAE	0	23 c	44 b*	15 b	23 b	3 c	6 c	3 c	5 c
	30	83 b	88 a	45 a	55 a	36 b	48 b*	26 b	39 b*
	60	114 a	112 a	66 a	58 a	78 a	87 a	68 a	75 a
30 DAE	0	24 c	52 c*	13 b	25 c	3 c	10 c	2 c	7 c
	30	129 b	128 b	108 a	83 b	70 b	70 b	68 b	59 b
	60	174 a	160 a	133 a	137 a	121 a	108 a	110 a	108 a
40 DAE	0	30 c	58 c	12 b	18 c	4 c	9 b	2 c	3 c
	30	139 b	158 b	141 a	118 b	54 b	81 a*	73 b	69 b
	60	229 a	230 a	178 a	163 a	118 a	109 a	102 a	127 a*

DAE: dias após emergência. Médias seguidas por letras diferentes, dentro da mesma coluna e da mesma coleta, diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. * Diferença significativa entre teor de P na semente pelo teste Tukey a 5%.

Quadro 5. Teores e conteúdos de N e de P na parte aérea de dois cultivares de feijoeiro em três épocas de coleta, originados de sementes com baixo e alto teor de P e crescidos sob três doses de P no solo

Tratamento	Teor de N na parte aérea			Teor de N na parte aérea			Teor de P na parte aérea			Teor de P na parte aérea		
	20 DAE	30 DAE	40 DAE	20 DAE	30 DAE	40 DAE	20 DAE	30 DAE	40 DAE	20 DAE	30 DAE	40 DAE
Cultivar	mg g ⁻¹			mg planta ⁻¹			mg g ⁻¹			mg planta ⁻¹		
Carioca	31,7 a	28,0 a	27,6 a	23,6 a	31,8 a	37,7 a	1,59 a	1,47 b	1,62 a	1,20 a	1,75 a	2,28 a
Rio Tibagi	29,5 b	26,0 b	27,8 a	18,3 b	22,9 b	30,9 b	1,64 a	1,60 a	1,73 a	1,07 b	1,54 b	2,04 b
Dose de P no solo (mg kg⁻¹)												
0	28,6 b	25,7 b	25,1 b	15,7 c	13,7 c	13,4 c	0,87 c	0,99 c	1,16 c	0,47 c	0,51 c	0,62 c
30	28,3 b	24,3 b	27,0 b	21,6 b	27,9 b	37,4 b	1,50 b	1,48 b	1,75 b	1,12 b	1,67 b	2,37 b
60	34,9 a	31,0 a	31,0 a	25,5 a	40,4 a	52,1 a	2,49 a	2,13 a	2,10 a	1,81 a	2,74 a	3,49 a
Teor de P na semente												
Baixo P	30,6 a	27,4 a	29,5 a	19,7 b	26,6 a	33,7 a	1,66 a	1,57 a	1,79 a	1,11 a	1,63 a	2,15 a
Alto P	30,6 a	26,6 a	26,0 b	22,2 a	28,1 a	34,9 a	1,58 a	1,50 a	1,56 b	1,16 a	1,66 a	2,18 a

DAE: dias após emergência. Médias seguidas por letras diferentes, dentro da mesma coluna e do mesmo fator (cultivar, dose de P no solo ou teor de P na semente), diferem pelo teste Tukey a 5%.

ao crescimento vegetal não pode ser atribuído apenas ao maior fornecimento de P, mas também ao estímulo ao crescimento inicial das plântulas. Na verdade, o aumento da área foliar em plantas oriundas de sementes com alto teor de P logo no início do ciclo (Quadro 3) pode provocar efeitos cumulativos nas taxas de crescimento posteriores, mesmo admitindo taxas de assimilação líquidas similares (De Marco, 1990).

CONCLUSÕES

1. Sementes com maior teor de P, obtidas de plantas que receberam adubação foliar com P, podem aumentar o crescimento da parte aérea, a nodulação e a acumulação de N em plantas de feijoeiro no estágio vegetativo de crescimento, particularmente sob baixas doses de P aplicadas ao solo.

LITERATURA CITADA

- ARAÚJO, A.P. & TEIXEIRA, M.G. Ontogenetic variations on absorption and utilization of phosphorus in common bean cultivars under biological nitrogen fixation. *Plant Soil*, 225:1-10, 2000.
- ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G. & ALMEIDA, D.L. Growth and yield of common bean cultivars at two soil phosphorus levels under biological nitrogen fixation. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:809-817, 2000.
- BOLLAND, M.D.A. & BAKER, M.J. High phosphorus concentrations in seed of wheat and annual medic are related to higher rates of dry matter production of seedlings and plants. *Aust. J. Exp. Agric.*, 28:765-770, 1988.
- BOLLAND, M.D.A. & PAYNTER, B.H. Increasing phosphorus concentration in seed of annual pasture legume species increases herbage and seed yields. *Plant Soil*, 125:197-205, 1990.
- BURNETT, V.F.; COVENTRY, D.R. & NEWTON, P.J. Effect of seed source and seed phosphorus content on the growth and yield of wheat in north-eastern Victoria. *Aust. J. Exp. Agric.*, 37:191-198, 1997.
- CASSMAN, K.G.; WHITNEY, A.S. & STOCKINGER, K.R. Root growth and dry matter distribution of soybean as affected by phosphorus stress, nodulation, and nitrogen source. *Crop Sci.*, 20:239-244, 1980.
- CHAVERRA, M.H. & GRAHAM, P.H. Cultivar variation in traits affecting early nodulation of common bean. *Crop Sci.*, 32:1432-1436, 1992.
- DE MARCO, D.G. Effect of seed weight, and seed phosphorus and nitrogen concentrations on the early growth of wheat seedlings. *Aust. J. Exp. Agric.*, 30:545-549, 1990.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- GATES, C.T. & WILSON, J.R. The interaction of nitrogen and phosphorus on the growth, nutrient status and nodulation of *Stylosanthes humilis* H.B.K. (townsville stylo). *Plant Soil*, 41:325-333, 1974.
- GRAHAM, P.H. & ROSAS, J.C. Phosphorus fertilization and symbiotic nitrogen fixation in common bean. *Agron. J.*, 71:925-926, 1979.
- ISRAEL, D.W. Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation. *Plant Physiol.*, 84:835-840, 1987.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- NETER, J.; WASSERMAN, W. & KUTNER, M.H. Applied linear statistical models. 3.ed. Burr Ridge, Richard D. Irwin, 1990. 1181p.
- PAYNTER, B.H. Effect of external phosphorus and seed phosphorus supply on the shoot and root growth of yellow serradella, burr medic, and subterranean clover. *J. Plant Nutr.*, 16:2313-2331, 1993.
- PEREIRA, P.A.A. & BLISS, F.A. Nitrogen fixation and plant growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at different levels of phosphorus availability. *Plant Soil*, 104:79-84, 1987.
- PIHA, M.I. & MUNNS, D.N. Nitrogen fixation potential of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) compared with other grain legumes under controlled conditions. *Plant Soil*, 98:169-182, 1987.
- SA, T.M. & ISRAEL, D.W. Energy status and functioning of phosphorus-deficient soybean nodules. *Plant Physiol.*, 97:928-935, 1991.
- SESAY, A. & SHIBLES, R. Mineral depletion and leaf senescence in soybean as influenced by foliar nutrient application during seed filling. *Ann. Bot.*, 45:47-55, 1980.
- TEIXEIRA, M.G. & ARAÚJO, A.P. Aumento do teor de fósforo em sementes de feijoeiro através da adubação foliar. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., Salvador, 1999. Resumos expandidos. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.756-759.
- TEIXEIRA, M.G.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; ARAÚJO, A.P. & FRANCO, A.A. Effect of seed phosphorus concentration on nodulation and growth of three common bean cultivars. *J. Plant Nutr.*, 22:1599-1611, 1999.
- THOMSON, B.D.; BELL, R.W. & BOLLAND, M.D.A. Low seed phosphorus concentration depresses early growth and nodulation of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* cv. Gungurru). *J. Plant Nutr.*, 14:1355-1367, 1991.
- VIEIRA, R.F. Desempenho de sementes de feijão provenientes de diferentes níveis de adubação. *Pesq. Agropec. Bras.*, 21:1161-1168, 1986.

