

## CRESCIMENTO INICIAL DE FEIJOEIRO SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA<sup>1</sup>

Lindamir Hernandez Pastorini<sup>2</sup>  
Marcos Antonio Bacarin<sup>2</sup>  
Nei Fernandes Lopes<sup>2</sup>  
Maria da Graça de Souza Lima<sup>3</sup>

### RESUMO

Plântulas de feijão do cv. Ouro Negro, oriundas de sementes germinadas em bandejas plásticas com areia, foram transferidas para vasos contendo solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo: 35, 70 e 210 mmol m<sup>-3</sup>. Aos 7, 14 e 21 dias após o transplante determinaram-se área foliar, peso da matéria seca das raízes, caule e folhas, carboidratos solúveis totais e açúcares redutores e fósforo inorgânico. As produções de matéria seca da folha, do caule, da raiz e matéria seca total não foram afetadas pelas concentrações de fósforo, embora os mesmos sejam maiores nas plantas mantidas em solução nutritiva com 210 mmol m<sup>-3</sup>. Maior acúmulo de carboidratos solúveis totais e açúcares redutores foi observado nas plantas submetidas a dose mais alta de fósforo, enquanto o tratamento com 35 mmol m<sup>-3</sup> apresentou maior teor de carboidratos solúveis totais na raiz.

Palavras-chaves: *Phaseolus vulgaris*, fósforo, desenvolvimento da planta.

---

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado em Fisiologia Vegetal apresentada à UFPel, pelo primeiro autor, com auxílio da FAPERGS e CAPES. Aceito para publicação em 15.10.1999.

<sup>2</sup> Dep. de Botânica, UFPel, Campus Universitário, 96010-900, Pelotas, RS.

<sup>4</sup> Bolsista PIBIC/CNPq, Dep. de Botânica, UFPel, Campus Universitário, 96010-900, Pelotas, RS.

## ABSTRACT

### INITIAL GROWTH OF BEAN SUBMITTED TO DIFFERENT LEVELS OF PHOSPHORUS IN NUTRIENT SOLUTION

Plants of the bean cv. Ouro Negro, from seeds germinated in plastic trays with sand, were transferred to vases with nutritious solution with different levels of phosphorus: 35, 70 and 210 mmol m<sup>-3</sup>. At the 7, 14 and 21 days after the transplant, leaf area, weight of the dry matter of roots, stem and leaves, total soluble carbohydrates, sugar reducers and inorganic phosphate were determined. The values of dry weight to leaf area, stem, root and total dry were not affected by the phosphorus levels, although these levels were greater in the plants maintained in nutritious solution with 210 mmol m<sup>-3</sup>. A larger accumulation of total soluble carbohydrates and sugar reducers was observed in the plants submitted to the highest level of phosphorus, while under the treatment with 35 mmol m<sup>-3</sup> presented the highest content of total soluble carbohydrates in the root.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, phosphorus, plant development.

## INTRODUÇÃO

O fósforo é essencial, sobretudo nos processos metabólicos que envolvem consumo de energia, portanto um elemento limitante no desenvolvimento da cultura do feijoeiro. Em condições de baixa disponibilidade de fósforo no solo, a importância desse nutriente no crescimento das plantas manifesta-se nos primeiros estádios de desenvolvimento do feijoeiro.

A deficiência de fósforo como importante limitante que afeta a produção das plantas, particularmente o crescimento de leguminosas, é relatada por vários autores (6, 8, 15, 18).

Plantas de trigo sob deficiência desse nutriente apresentaram redução na produção de matéria seca do caule, associada à menor relação entre a matéria seca da parte aérea e da raiz (2). Föhse et al. (7) associaram a relação matéria seca da raiz e do caule, em diversas plantas, com a eficiência com que as mesmas absorviam o fósforo do solo, verificando redução desta relação em feijão com o aumento do teor de fósforo no solo. A área foliar, bem como a produção de matéria seca, correlacionam-se positivamente com os teores de fósforo no solo (9, 12).

Rychter e Randall (17) observaram em plantas de feijão sob estresse de fósforo decréscimo no teor de fosfato inorgânico e aumento nos teores de sacarose, glicose e frutose nas raízes.

A maior translocação de fotoassimilados para as raízes em plantas de milho sob moderado estresse de fósforo pode justificar a redução da relação matéria seca da parte aérea e da raiz (1).

Plantas adaptadas a meio deficiente em fósforo aumentam a concentração de açúcares não-fosfatados, disponibilizando, dessa forma, maior quantidade de fosfatos inorgânicos para a fotossíntese e outros processos metabólicos (16).

Este trabalho teve por objetivo verificar a relação entre a concentração de fósforo na solução nutritiva e o crescimento inicial do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)

## MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de feijão do cv. Ouro Negro foram colocadas para germinar em bandejas plásticas com areia lavada. Após sete dias da sementeira, as plântulas foram transferidas para vasos plásticos com capacidade de três litros, contendo solução nutritiva de Clark (4), com diferentes concentrações de fósforo (35, 70 e 210 mmol m<sup>-3</sup>), contendo cada vaso uma plântula. A solução nutritiva foi mantida sob aeração contínua, sendo trocada duas vezes por semana, completando-se o volume entre os intervalos com água destilada.

Aos 7, 14 e 21 dias após o transplante (DAT) foram realizadas as amostragens que consistiram na determinação da área foliar, da produção de matéria seca das raízes, do caule e das folhas. A área foliar foi medida por planimetria, e as produções de matéria seca das raízes, do caule e das folhas, determinadas gravimetricamente após secagem em estufa a 70°C, com ventilação forçada por 72 horas. Em cada amostragem foram realizadas análises de carboidratos solúveis totais e açúcares redutores a partir da matéria seca de folhas, caule e raízes. Entretanto, a determinação do teor de fósforo inorgânico foi realizada a partir da matéria fresca das partes das plantas.

A partir dos dados primários de área foliar, matéria seca total e matéria seca das folhas foram calculadas as características de crescimento, segundo Hunt (11), que foram: taxa de produção de matéria seca (C<sub>t</sub>), taxa de crescimento relativo (R<sub>w</sub>), taxa de crescimento relativo de área foliar (R<sub>A</sub>), taxa assimilatória líquida (E<sub>A</sub>), razão de área foliar (F<sub>A</sub>), razão de peso foliar (F<sub>w</sub>) e área foliar específica (S<sub>A</sub>).

A quantificação dos teores de carboidratos solúveis totais e açúcares redutores foi realizada conforme descrito por Clegg (5) e Nelson (13), respectivamente. Os teores de fósforo foram obtidos de acordo com a metodologia de Hogue et al. (10), modificada por Pereira (14).

O experimento foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 3 x 3, sendo três concentrações de fósforo na solução nutritiva e três épocas de coleta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes concentrações de fósforo não afetaram a produção de matéria seca total da planta (Quadro 1), observando-se apenas tendência de maiores valores de matéria seca total aos 14 e 21 dias após o transplante (DAT) nas plantas crescidas no nível mais alto de fósforo. Isso pode indicar que maior suprimento de fósforo pode induzir a um aumento da produção da matéria seca total da planta, confirmando o que foi observado por Israel e Rufty Jr. (12) e Halted e Lynch (9). Entretanto, Föhse et al. (7)

QUADRO 1 - Produção de matéria seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e total (MST), relação da matéria seca raiz:matéria seca da parte aérea (R/PA) e área foliar (AF) de feijoeiro crescido em solução de diferentes concentrações de fósforo, em função de dias após o transplante (DAT)

Concentração de P na solução	DAT	MSF	MSC	MSR	MST	R/PA	AF
mmol m <sup>-3</sup>	Dias	.....g planta <sup>-1</sup>	.....g planta <sup>-1</sup>	.....g planta <sup>-1</sup>	.....g planta <sup>-1</sup>	.....g planta <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup>
35	7	0,198	0,111	0,075	0,384	0,242	0,015B <sup>(1)</sup>
	14	0,644	0,302	0,176	1,123	0,186	0,049
	21	1,293	0,545	0,378	2,517	0,177	0,119
70	7	0,240	0,127	0,111	0,478	0,302	0,019A
	14	0,597	0,299	0,176	1,072	0,196	0,053
	21	1,488	0,590	0,354	2,442	0,170	0,115
210	7	0,229	0,122	0,115	0,467	0,328	0,017AB
	14	0,715	0,334	0,218	1,268	0,208	0,058
	21	1,736	0,667	0,401	2,800	0,167	0,135
F (Concentração de P aos 7 DAT)		NS <sup>(2)</sup>	NS	NS	NS	-	5,16*
F (Concentração de P aos 14 DAT)		NS	NS	NS	NS	-	NS
F (Concentração de P aos 21 DAT)		NS	NS	NS	NS	-	NS

(1) Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, na coluna para os tratamentos em cada época, pelo teste de Tukey, a 5%. (2) NS: teste F não-significativo.

observaram que o acréscimo no teor de fósforo no solo não influenciou o crescimento no feijoeiro.

As produções de matéria seca foliar (MSF), do caule (MSC) e das raízes (MSR), bem como da matéria seca total (MST), não foram influenciadas significativamente pelas concentrações de fósforo (Quadro 1). Contudo, observa-se tendência de maiores valores da MSC, MSF, MSR e MST nas plantas crescidas em solução nutritiva contendo  $210 \text{ mmol m}^{-3}$  de fósforo. Os maiores valores da relação matéria seca raiz:parte aérea ocorreram aos sete DAT, sendo verificado que, neste período, o aumento nas concentrações de fósforo na solução causou elevação desta relação (Quadro 1). Entretanto, Buso e Bliss (3) e Föhse et al. (7) observaram redução na relação matéria seca raiz:parte aérea com o aumento na concentração de fósforo na solução do solo.

O crescimento da área foliar foi menor na concentração mais baixa de fósforo aos 7 DAT. Contudo, constatou-se recuperação do crescimento da área foliar nessa concentração de fósforo aos 21 dias, indicando que, aos 7 e 14 DAT, o crescimento da área foliar foi afetado pela concentração mais baixa de fósforo. Aos 14 e 21 dias foi observado maior crescimento da área foliar na concentração  $210 \text{ mmol m}^{-3}$  de fósforo, indicando que o incremento na concentração de fósforo na solução nutritiva aumentou a área foliar.

Entre as características de crescimento verificou-se que a taxa de produção de matéria seca ( $C_I$ ) e a taxa assimilatória líquida ( $E_A$ ) foram mais elevadas para a maior concentração de fósforo ( $210 \text{ mmol m}^{-3}$ ). As demais características de crescimento não foram influenciadas pelas concentrações de fósforo, embora os tratamentos com 35 e  $70 \text{ mmol m}^{-3}$  de P apresentaram menor  $E_A$  dos 14 aos 21 DAT (Quadro 2).

As plantas crescidas na concentração mais alta de fósforo tiveram maior teor de carboidratos solúveis totais (Quadro 3) e açúcares redutores no caule (Quadro 4) aos 7 DAT. No mesmo período, observou-se maior acúmulo de carboidratos solúveis totais nas folhas de plantas crescidas em concentração intermediária de fósforo. Durante a segunda semana, ocorreu nítida redução no teor de carboidratos solúveis totais no caule do tratamento  $210 \text{ mmol m}^{-3}$  de P (Quadro 3), enquanto o teor de açúcares redutores no caule aumentou (Quadro 4). No mesmo período, ocorreu redução no teor de carboidratos solúveis totais e açúcares redutores nas folhas das plantas crescidas em 35 e  $70 \text{ mmol m}^{-3}$  de P. Entretanto, na concentração mais baixa de fósforo verificou-se aumento no teor de carboidratos solúveis totais nas raízes. Isso parece indicar que as concentrações mais baixas de fósforo não tenham afetado o teor e a translocação de carboidratos solúveis totais para outros órgãos da planta.

QUADRO 2 - Taxa de produção de matéria seca ( $C_t$ ), taxa de crescimento relativo ( $R_w$ ), taxa de crescimento relativo da área foliar ( $R_A$ ), taxa assimilatória líquida ( $E_A$ ), razão de área foliar ( $F_A$ ), razão de peso foliar ( $F_w$ ) e área foliar específica ( $S_A$ ) de plantas de feijoeiro crescidas em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo

Concentração de P na solução	$C_t$	$R_w$	$R_A$	$E_A$	$F_A$	$F_w$	$S_A$
(mmol m <sup>-3</sup> )	g planta <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	d <sup>-1</sup>	d <sup>-1</sup>	g m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	g g <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
	7-14 dias						
35	0,097	0,133	0,171	3,73	0,041	0,544	0,076
70	0,077	0,101	0,147	2,57	0,044	0,534	0,084
210	0,117	0,145	0,169	3,38	0,042	0,538	0,079
	14 - 21 dias						
35	0,232	0,127	0,127	2,53	0,045	0,602	0,084
70	0,219	0,128	0,111	2,45	0,048	0,594	0,086
210	0,248	0,122	0,165	4,63	0,047	0,594	0,079

**QUADRO 3 - Teor de carboidratos solúveis totais nas folhas, no caule e nas raízes de feijoeiro crescido em soluções de diferentes concentrações de fósforo, em função de dias após o transplante (DAT)**

Concentração de P na solução	DAT	Folha	Caule	Raízes
(mmol m <sup>-3</sup> P)	dias	mg g <sup>-1</sup> de glicose na matéria seca		
35	7	15,48	15,28B <sup>(1)</sup>	14,55
	14	12,42	13,54	15,90
	21	10,99	6,63	11,33A
70	7	19,96	14,16B	14,91
	14	15,13	13,11	13,98
	21	12,68	8,43	10,21A
210	7	17,60	23,47A	11,24
	14	14,21	11,15	12,11
	21	11,01	8,63	7,15B
F (Concentração de P aos 7 DAT)		NS <sup>(2)</sup>	5,62*	NS
F (Concentração de P aos 14 DAT)		NS	NS	NS
F (Concentração de P aos 21 DAT)		NS	NS	4,28*

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, na coluna para os tratamentos em cada época, pelo teste de Tukey, a 5%; <sup>(2)</sup> NS: teste F não-significativo.

QUADRO 4 - Teor de açúcares redutores nas folhas, no caule e nas raízes de feijoeiro crescido em soluções de diferentes concentrações de fósforo, em função de dias após o transplante (DAT)				
Concentração de P na solução	DAT	Folha	Caule	Raízes
(mmol m <sup>-3</sup> P)	dias	mg g <sup>-1</sup> de glicose na matéria seca		
35	7	1,72	1,61	1,57AB
	14	1,01B <sup>(1)</sup>	1,48B	1,55
	21	1,35	0,66	0,98
70	7	1,94	1,23	2,21A
	14	1,35AB	0,75C	1,70
	21	1,25	0,94	1,38
210	7	1,68	1,98	1,04B
	14	1,61A	2,09A	1,04
	21	1,50	0,80	0,70
F (Concentração de P aos 7 DAT)		NS <sup>(2)</sup>	NS	4,89*
F (Concentração de P aos 14 DAT)		5,34*	7,53*	NS
F (Concentração de P aos 21 DAT)		NS	NS	NS

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, na coluna para os tratamentos em cada época, pelo teste de Tukey a 5%; <sup>(2)</sup> NS: teste F não-significativo.

Verificou-se aumento no acúmulo de carboidratos solúveis totais nas folhas em todas as concentrações de fósforo aos 21 DAT, sendo encontrado maior teor de carboidratos solúveis totais na concentração de 70 mmol m<sup>-3</sup> de P (Quadro 3). Entretanto, foi observado, na concentração mais baixa de fósforo, maior teor de carboidratos solúveis totais na raiz durante esse período, indicando que o estresse de fósforo causou maior translocação de fotoassimilados para as raízes, fato que justifica a redução na relação parte aérea/raiz (Quadro 1), potencializando a capacidade da planta de absorver fosfato, o que também foi observado por Rychter e Randall (17) e Alves et al. (1). O teor de açúcares redutores teve nítida diminuição no caule do tratamento 210 mmol m<sup>-3</sup> de P em relação aos períodos anteriores (Quadro 4), ocorrendo maior acúmulo de açúcares redutores nas folhas das plantas cultivadas nas soluções de concentrações de fósforo 35 e 210 mmol m<sup>-3</sup>.



O caule apresentou maior teor de fósforo total em todos os tratamentos, porém não houve diferenças significativas entre os mesmos aos 7 DAT (Quadro 5). Observou-se também maior alocação de fósforo para as folhas primárias no tratamento com 210 mmol m<sup>-3</sup> de P nesse período. Nas raízes ocorreu aumento no acúmulo de fósforo em todos os tratamentos aos 14 e 21 DAT (Quadro 5). Também observou-se maior translocação de fósforo para a parte aérea na concentração de 210 mmol m<sup>-3</sup> de P. Ao mesmo tempo, houve maior acúmulo de fósforo nas raízes e no caule nas concentrações de fósforo 35 e 70 mmol m<sup>-3</sup>, respectivamente, fato também descrito por Barrett-Lennard et al. (2) na cultura do trigo.

QUADRO 5 - Teor de fósforo inorgânico nas folhas, no caule e nas raízes de feijoeiro crescido em soluções de diferentes concentrações de fósforo, em função de dias após o transplante (DAT)				
Concentração na solução	DAT	Folha	Caule	Raízes
(mmol m <sup>-3</sup> P)	dias	mg kg <sup>-1</sup> de P na matéria fresca		
35	7	0,72	1,03	0,63
	14	0,57B <sup>(1)</sup>	1,21	1,31
	21	0,68B	0,98B	1,42B
70	7	0,75	1,13	0,77
	14	0,77B	0,79	0,94
	21	0,79B	1,44A	1,10B
210	7	1,01	1,11	0,72
	14	1,11A	1,11	1,43
	21	1,46 <sup>A</sup>	1,95A	2,25A
F (Concentração de P aos 7 DAT)		NS <sup>(2)</sup>	NS	NS
F (Concentração de P aos 14 DAT)		8,88*	NS	NS
F (Concentração de P aos 21 DAT)		19,97**	18,78**	18,90**
<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, na coluna para os tratamentos em cada época, pelo teste de Tukey a 5%; <sup>(2)</sup> NS: teste F não-significativo.				

## REFERÊNCIAS

1. ALVES, V. M. C.; NOVAIS, R. F.; OLIVEIRA, A. F. G. & MOSQUIM, P. R. Açúcares solúveis em quatro híbridos de milho sob omissão e sob ressuprimento de fósforo. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 7:97-105, 1995.
2. BARRET-LENNARD, E.G.; ROBSON, A.D. & GREENWAY, H. Effect of phosphorus deficiency and water deficit on phosphatase activities from wheat leaves. *Journal of Experimental Botany*, 33:682-93, 1981.
3. BUSO, G.S.C. & BLISS, F.A. Variability among lettuce cultivars grown at two levels of available phosphorus. *Plant and Soil* 111:67-73, 1988.
4. CLARK, R. B. Nutrient growth of sorghum and corn in nutrition studies. *Journal of Plant Nutrition*, 5:1039-57, 1982.
5. CLEGG, K. M. The application of the anthrone reagent to the estimation of starch in cereals. *Journal of Science Food Agronomy*, 7: 40-4, 1956.
6. FERNANDEZ, D.S. & ASCENIO, J. Acid phosphatase activity in bean and cowpea plants grown under phosphorus stress. *Journal of Plant Nutrition*, 17:229-41, 1994.
7. FÖHSE, D.; CLAASSEN, N. & JUNGK, K. A. Phosphorus efficiency of plants. *Plant and Soil* 110:101-9, 1988.
8. GARCÍA-SÁNCHEZ, M. J.; FERNÁNDEZ, J. A. & NIELL, F. X. Photosynthetic response of deficient *Gracilaria tenuistipitata* under two phosphate treatments. *Physiology Plantarum*, 96:601-6, 1996.
9. HALSTED, M. & LYNCH, J. Phosphorus responses of C3 and C4 species. *Journal of Experimental Botany*, 47:497-505, 1996.
10. HOGUE, E.; WILCOK, G.E. & CANTILIFFE, D.J. Effect of soil phosphorus levels on phosphate fractions in tomato leaves. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 95:174-6, 1970.
11. HUNT, R. *Plant growth analysis*. London, Edward Arnold Limited, 1978. 67p.
12. ISRAEL, D.W. & RUFTY Jr., T.W. Influence phosphorus nutrition on phosphorus and nitrogen utilization efficiencies and associated physiological responses in soybean. *Crop Science*, 28:954-60, 1988.
13. NELSON, N.A. A photometric adaptation of the somogy method for the determination of glucose. *Journal of Chemical Biology*, 153:375-80, 1944.
14. PEREIRA, P.R. Eficiência de utilização de frações de fósforo na soja e regulação da colonização micorrízica. Viçosa, UFV, 1992. 174p. (Tese de Doutorado).
15. RADAGLOU, K.M. & JARVIS, P.G. The effects of CO<sub>2</sub> enrichment and nutrition supply on growth morphology and anatomy of *Phaseolus vulgaris* L. seedling. *Annals of Botany*, 70:245-56, 1992.
16. RAO, M. The role of phosphorus in photosynthesis. In: Pessarakli, M. (ed.). *Handbook of photosynthesis*. N. York, Marcel Dekker, 1997. p.173-94.
17. RYCHTER, A.M. & RANDALL, D.D. The effect of phosphate deficiency on carbohydrate metabolism in bean roots. *Physiology Plantarum*, 91:383-8, 1994.
18. USUDA, H. Phosphate deficiency in maize. V. Mobilization of nitrogen and phosphorus within shoots of young plants and its relationship to senescence. *Plant and Cell Physiology*, 36:1041-9, 1995.