

## PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E CINÉTICOS DA ABSORÇÃO DE FÓSFORO PELAS CULTURAS DE MILHO, REPOLHO E TOMATE

Mussa Mamudo Salé<sup>1</sup>; Juliana Brito da Silva Teixeira<sup>2</sup>;  
Miguel David Fuentes Guevara<sup>2</sup>; Alexssandra Soares Campos<sup>2</sup>;  
Marlon Rodrigues<sup>2a</sup>; Ledemar Carlos Vahl<sup>3</sup>;

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – mussa\_sale@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – julianabrit@gmail.com;  
alexssandra1.sc@yahoo.com.br; miguelfuge@hotmail.com

<sup>2a</sup>Universidade Estadual de Maringá - marlon\_ratm@hotmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – ledovahl@hotmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um dos nutrientes mais limitantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas, especialmente em solos ácidos das regiões tropicais e subtropicais. Embora seja o macronutriente menos absorvido pelas culturas, este é um dos que propicia respostas mais expressivas em termos de aumento de produtividade e rendimento (MENDES, 2006). O aumento na eficiência da absorção de fósforo favorece a redução das doses de fertilizantes fosfatados empregues nas adubações, bem como o aproveitamento imediato do P antes de ser fixado na matriz do solo, com reflexos favoráveis na sustentabilidade agrícola, renda líquida do produtor rural, aproveitamento de áreas marginais em termos de fertilidade de solo, e na economia dos fertilizantes a nível mundial (MENDES, 2006).

Existe uma significativa variação genética das plantas em tolerar o stress por deficiência de P, caráter denominado por eficiência no uso, que pode ser baseada na habilidade das plantas em adquirir P do solo através de alterações na morfologia ou arquitetura das raízes, na exsudação de componentes mobilizadores de P, ou de alterações nos transportadores de P orgânico da membrana plasmática (KOCHIAN et al. 2004), além de que a eficiência pode contribuir com menores quantidades requeridas de P em nível celular, ou remobilização mais eficaz de P dentro da planta (YAN et al. 2001). Trabalhando com sete espécies FOHSE et al. (1988) verificaram que a eficiência das plantas para P, estava relacionada com a eficiência de absorção deste elemento, a qual foi determinada pela razão raiz/parte aérea e pela taxa de absorção de P por unidade de massa de raiz, observaram ainda que as espécies com baixa eficiência, como cebola, tomate e feijão apresentaram baixas taxas de influxo e menor razão raiz/parte aérea; por outro lado, espécies com eficiência de média a alta, apresentaram alta taxa de influxo (espinafre) e alta razão raiz/parte aérea (trigo e centeio).

A eficiência de absorção de nutrientes não é somente determinada pelos atributos morfológicos, é também influenciada pelos parâmetros cinéticos como o influxo máximo ( $I_{max}$ ), afinidade dos carregadores pelo íon a ser transportado (constante de Michaelis-Menten,  $K_m$ ) e a concentração mínima na solução do solo próximo às raízes onde o influxo para de ocorrer ( $C_{min}$ ) (SCHONINGER et al. 2013). As variações na morfologia radicular e nos parâmetros cinéticos entre genótipos das espécies foram observadas evidenciando a importância da manipulação destes nos programas de melhoramento genético para a obtenção de cultivares mais eficientes na absorção de nutrientes (SCHENK & BARBER, 1979). Diante disto, objetivou-se com este trabalho comparar os parâmetros cinéticos e morfológicos relacionados à absorção de P nas culturas de milho, tomate e repolho em solução nutritiva.

## 2. METODOLOGIA

Foi conduzido um ensaio de cinética de absorção de P na casa de vegetação da Universidade Federal de Pelotas (Campus Capão do Leão), Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, onde previamente foram produzidas mudas de tomate, milho e repolho em bandejas de isopor flutuantes com substrato comercial a base de vermiculita durante 30 dias. Depois de selecionadas as mudas quanto à uniformidade, foram transplantadas 3 destas para vasos de 2,4 litros vedados com tampa de isopor, contendo solução nutritiva (segundo CQFS-RS/SC; 2016) constantemente aerada; para cada tipo de cultura se estabeleceram 6 repetições. O valor da condutividade elétrica (CE) da solução situou-se ao redor de 1,8 mS e o pH 5,5 – 6,0 respectivamente.

Durante o crescimento da cultura a solução foi trocada semanalmente. Diariamente fazia-se o controle do nível da solução, completando com água o volume de 2,4 litros quando estivesse abaixo deste, homogeneizava-se e em seguida fazia-se a leitura do pH e CE. Vinte e um dias após o transplante, procedeu-se a determinação dos parâmetros cinéticos de absorção, pelo método proposto por CLAASSEN e BARBER (1974), baseado na velocidade de esgotamento do íon da solução nutritiva, estabelecendo a curva de decréscimo da quantidade (Q) do íon da solução com o tempo (t) de absorção, obtendo-se o  $I_{max}$  pelo ajuste de equações lineares e o  $K_m$  por equações do tipo polinomial. Na véspera da medição, foi trocada a solução nutritiva omitindo-se o P com a finalidade de aumentar a absorção do mesmo. No dia seguinte, colocou-se 7.098, 8.517 e 1.425 mg P/vaso no milho, tomate e repolho na forma de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , a primeira coleta foi realizada 30 minutos após a colocação do P e as subsequentes em intervalo de 15 minutos, perfazendo um total de 26 amostras de 20 ml de solução nutritiva cada. No dia seguinte realizou-se a última coleta para garantia de obtenção do C mínimo.

Os teores de fósforo na solução foram determinados pelo método de MURPHY & RILEY descrito por TEDESCO et al. (1995). O ajuste das curvas de depleção do P e os cálculos dos parâmetros cinéticos foram feitos segundo RUIZ (1985). As plantas foram colhidas no dia após a medição, sendo a parte aérea seca em estufa de ventilação forçada a 65 °C até peso constante para determinação da matéria seca. As raízes foram conservadas para a determinação dos parâmetros morfológicos conforme SCHENK & BARBER (1979). O comprimento (L) foi medido pelo método descrito por TENNANT (1975). O raio médio (R) da raiz calculado pela fórmula  $R=(Pf/L)^{1/2}$ , sendo Pf o peso fresco da raiz. A área superficial (S) foi calculada pela fórmula:  $S=(2\pi RL)$ . A matéria seca das raízes foi determinada após secagem do material em estufa de ventilação forçada a 65 °C até peso constante.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Massa seca da parte aérea, raiz e relação raiz/parte aérea

O milho bandeirante (22,00 mg) e tomate (20,45 mg) acumularam aproximadamente 60 % mais massa seca na parte aérea do que o repolho (8,93 mg). Quanto a massa seca da raiz e relação raiz/parte aérea, o milho bandeirante (4,79 e 0,24 mg) destacou-se, seguido do tomate (2,22 e 0,11 mg). Uma alta relação raiz/parte aérea pode ser benéfica em condições de baixo nível de fertilidade do solo, pois haverá maior área de raiz para suprir as necessidades da planta (HORN et al. 2006). Por outro lado, a maior translocação de fotoassimilados para o sistema radicular pode limitar o desenvolvimento vegetativo da parte aérea, diminuindo a área fotossintética ativa (HORN et al. 2006).

## Parâmetros morfológicos

O milho bandeirante apresentou maior L e S da raiz, o repolho apresentou menor valor em todas as variáveis morfológicas (tabela 1), o que é indesejável principalmente para solos com baixa fertilidade, sendo que a absorção dos nutrientes é proporcional ao volume de solo ocupado pelas raízes (ERNANI et al. 1994). A exploração de um grande volume de solo pelas raízes é importante principalmente para a absorção dos nutrientes que se deslocam pelo mecanismo de difusão decorrente da alta relação entre demanda pela planta e concentração na solução do solo. Diferenças entre genótipos de milho no tocante à área e ao volume de raízes foram reportadas por ANGHINONI et al. (1989).

**Tabela 1.** Parâmetros morfológicos da raiz

Cultura	L (cm)	S (Cm <sup>2</sup> )	R (Cm)
Milho (bandeirante)	52553 a	8296 a	0,02 a
Milho (GSS 40000 Thunder)	44493 a	5647 b	0,02 a
Repolho (Blue Canyon)	17962 b	2098 c	0,02 a
Tomate (Santa cruz kada)	38793 ab	5185 b	0,02 a

Medias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

## Parâmetros cinéticos

De acordo com HORN et al. (2006) uma planta ideal em termos de absorção deveria ter alto Imax e baixos valores de Km e Cmin, onde no presente estudo a espécie de repolho apresenta estas características (tabela 2). Segundo SCHONINGER et al. (2013), uma planta com maior Imax pode absorver grandes quantidades do determinado nutriente (caso do repolho tabela 2). A eficiência de absorção de um nutriente pode ser medido pelo poder de absorção ( $\alpha$ ), onde o  $\alpha$  será maior quando o Imax for maior que o Km (VAHL & LOPES, 1996). No experimento, as culturas mais eficientes para  $\alpha$  foram milho Thunder e repolho (tabela 2), ainda segundo HORN et al. (2006) em situações de baixa disponibilidade de P próxima às raízes o menor Km passa a ser o parâmetro mais importante. Pelos resultados o milho Thunder e repolho apresentaram melhor absorção de fósforo em condições onde a disponibilidade encontra-se de media a baixa, pela afinidade do elemento à raiz (HORN et al., 2006).

**Tabela 2.** Parâmetros cinéticos da raiz

Culturas	Imax	Km	Cmin	$\alpha$
	$\times 10^{-5}$ mg/cm <sup>2</sup> /min	mg/L	mg/L	$\times 10^{-4}$
Milho (bandeirante)	0,708 c	0,241 a	0,146 a	0,293 b
Milho (GSS 40000 Thunder)	2,353 b	0,097 ab	0,092 a	2,425 a
Repolho (Blue Canyon)	3,831 a	0,095 b	0,000 a	4,032 a
Tomate (Santa cruz kada)	2,312 b	0,141 ab	0,141 a	1,639 a

Medias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

## 4 CONCLUSÕES

Os parâmetros morfológicos do sistema radicular que afetam a absorção de nutrientes variam em função da cultura e do genótipo. Espécies de plantas como Milho (GSS 40000 Thunder) e Repolho (Blue Canyon) apresentam maior poder de absorção ( $\alpha$ ), devido aos altos valores de Imax e baixos valores de Km que definem

a alta afinidade de absorção de fósforo pelas raízes, sendo as espécies com maior eficiência de absorção do fósforo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGHINONI, I.; VOLKART, K.; FATTORE, C. & ERNANI, P.R. Morfologia de raízes e cinética da absorção de nutrientes em diversas espécies e genótipos de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 355-361, 1989.
- CLAASSEN, N.; BARBER, S.A. A method for characterizing the relation between nutrient concentration and flux into roots of intact plants. **Plant Physiology, Rockville**, v.54, p.564-568, 1974.
- ERNANI P.R.; SANTOS, J.P.; KAMINSKI, J. & RHEINHEIMER, D. Prediction of phosphorus uptake by a mechanistic model in a low phosphorus highly weathered soil as affected by mycorrhizae inoculation. **J. Plant Nutr.**, v. 17, p. 1067-1078, 1994.
- FOHSE, D.; CLAASSEN, N.; JUNGK, A. Phosphorus efficiency of plants. I. External and internal P requirement and P uptake efficiency of different plant species. **Plant and Soil**, The Hague, v.110, p.101-109, 1988.
- HORN, D., ERNANI, P., SANGOI, L., SCHWEITZER, C., CASSOL, P. parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em cultivares de milho com variabilidade genética contrastante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** , v. 30, p. 77-85, 2006.
- KOCHIAN L.V; HOEKENG A.O; PIÑEROS M.A. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of Aluminum tolerance and Phosphorus efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 459-93, 2004.
- MENDES, F. L. **Efeito do volume de terra no desenvolvimento das plantas de feijão e milho, na absorção do fósforo e no valor L (<sup>32</sup>P)**. 124 f. Dissertação (Mestre em Ciências), Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2006.
- RUIZ, H. A. Estimativa dos parâmetros cinéticos Km e Vmáx por uma aproximação gráfico-matemática. **Revista Ceres**, Viçosa, v.32, n.179, p. 79-84, 1985.
- SCHENK, M.K.; BARBER, S.A. Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, p.921- 926, 1979.
- SCHONINGER, E. L.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, P. R. Fertilização com fosfato natural e cinética de absorção de fósforo de soja e plantas de cobertura do cerrado. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 95-106, 2013.
- TEDESCO, J. M., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H., VOLKWEISS, S. J. **Análise de Solo, Plantas e Outros Materiais**, Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995.
- TENNANT, A. A test of modified line intersect method of estimating root length. **J. Appl. Ecol.**, London, v.63, n.3, p.995–1001, 1975.
- VAHL, L.C. & LOPES, S. I. Nutrição de plantas. In: PESKE, S. T.; NEDEL, J.L.; BARROS, A.C.S.A. **Produção de arroz**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 655 p. 1996.
- YAN, X.; LIAO, H.; CAO, A.; HE, Y. The role of root architecture in P acquisition efficiency of efficiency of different root systems: a case study with common bean and rice. In: HORST et al. (Eds). **Plant Nutrition: Food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research**. Dordrecht Kluwer Academic Publishers, p. 90-591, 2001.