

## Morfologia do sistema radicular de genótipos de sorgo em função da concentração de fósforo na solução nutritiva

Karine D. Batista<sup>1</sup>, Michel C. da Rocha<sup>2</sup>, Maíra F. Pereira<sup>3</sup>, Maria J. V. de Vasconcelos<sup>4</sup>, Robert E. Schaffert<sup>4</sup> e Valdemar Faquin<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda em Ciência do Solo/UFLA karinediasb@yahoo.com.br, <sup>2</sup>Mestre em Fitotecnia/UFV, <sup>3</sup>Mestranda em Microbiologia Agrícola/UFV, <sup>4</sup>Pesquisadora Embrapa Milho e Sorgo, <sup>5</sup>Professor Titular do Departamento de Ciência do Solo/UFLA

Palavras-chave: sorgo, fósforo, morfologia de raiz, solução nutritiva.

### Introdução

Apesar dos elevados patamares da produção agrícola recentemente alcançados no Brasil, a produtividade de várias culturas encontra-se aquém do potencial genético dos materiais disponíveis. O sorgo é uma dessas culturas, com grande potencial produtivo e considerável importância social e econômica no país.

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é o quinto cereal mais importante do mundo, (SATO et al., 2004) e pode ser utilizado na alimentação humana, na produção de ração animal, silagem e combustível (JOGESWAR et al., 2007; SAWAZAKI, 1998), como alternativa para o uso no sistema de integração lavoura-pecuária e para a produção de massa verde, proporcionando maior proteção ao solo contra a erosão e maior quantidade de matéria orgânica disponível (RODRIGUES, 2007). Entretanto, a boa produtividade do sorgo é dependente de diversos fatores edafoclimáticos, como a disponibilidade de P no solo.

O P é um elemento de indiscutível essencialidade para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo um componente integral de nucleotídeos do metabolismo energético, ácidos nucléicos e fosfolipídeos de membrana (RICHARDS; JOHNSTON, 2001). Entretanto, o P encontra-se pouco disponível no solo para as plantas.

A expressiva fixação do P no solo torna esse elemento praticamente imóvel e o contato entre o P da solução e a raiz se faz quase que exclusivamente por difusão. Como o movimento do P do solo por difusão até as raízes é restrito, a difusão geralmente é considerada como fator limitante na absorção de P pelas plantas. Dessa forma, apenas o P que se encontra muito próximo das raízes está estrategicamente disponível para ser absorvido (GRANT et al., 2001).

Independente da natureza do solo, a concentração de P na solução é extremamente baixa, normalmente entre 0,1 e 1,0 kg/ha, já que o P é fortemente removido da solução, tanto por precipitação quanto por adsorção com compostos de Al, Fe e Ca (FURTINI NETO et al., 2001). A adubação fosfatada, apesar de ser uma solução para este problema, possui baixa eficiência agrônômica e aumenta significativamente os custos de produção (LYNCH, 2007). Além disso, o suprimento mundial de P para fabricação de fertilizantes constitui um recurso natural não renovável (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

No intuito de aumentarem a absorção de P no solo, as plantas desenvolvem vários mecanismos que favorecem o maior contato do elemento com as raízes. O crescimento em extensão e o aumento da ramificação provavelmente representam estratégias alternativas na exploração do volume do solo e na aquisição dos recursos encontrados pelo sistema radicular (HARPER et al., 1991). As plantas deficientes do nutriente tendem a aumentar o



comprimento de raiz, além das raízes tornarem-se mais finas, promovendo o aumento na área superficial do sistema radicular (MARSCHNER, 1995). Alves et al. (2002) verificaram que a omissão de P na solução nutritiva, por seis dias, aumentou significativamente o comprimento radicular em três genótipos de milho eficientes para P, indicando que a morfologia do sistema radicular pode ser um dos possíveis mecanismos para a eficiência para P.

Objetivou-se neste trabalho a avaliação da morfologia radicular de genótipos de sorgo cultivados em solução nutritiva com diferentes concentrações de P.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Unidade da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, em câmara de crescimento. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, com três repetições e cinco plantas por repetição. As parcelas foram constituídas por três concentrações de P e as subparcelas por nove genótipos de sorgo. Foram utilizados os seguintes genótipos de sorgo, pré-selecionados quanto à produtividade de grãos em condição de campo, sob dois níveis de P: BR005 (eficiente e resposta intermediária ao P); BR008 (eficiente e responsivo ao P); ATF40B (eficiente e responsivo ao P); SC283 (eficiente e não responsivo ao P); ATF54B (eficiente e responsivo ao P); BR007B (ineficiente e responsivo ao P); BR001B (ineficiente e não responsivo ao P); ATF06B (ineficiente e não responsivo ao P) (SCHAFFERT et al., 2001), além do genótipo P9401 (eficiência e resposta ao P indefinidas).

As sementes de sorgo foram desinfestadas em hipoclorito de sódio (5%), por cinco minutos, sob agitação. Após a desinfestação, as sementes foram enxaguadas seis vezes em água destilada e colocadas para germinarem em papel de germinação. Após três dias, cinco plântulas de cada genótipo foram transferidas para bandejas contendo 8 L de solução nutritiva completa ½ força Hoagland's modificada (LIU et al., 1998), com o pH ajustado para 5,65. Após quatro dias, as plântulas passaram a ser cultivadas em solução nutritiva com 0,162 e 807  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de P, por quinze dias. As soluções nutritivas foram trocadas a cada três dias e o pH mantido a 5,65. Após quinze dias, todas as plantas foram colhidas e a parte aérea foi separada da raiz. As raízes foram armazenadas em álcool 70% até o momento das análises.

As características do sistema radicular foram avaliadas com o analisador de imagens *WinRhizo* v. 4.0, Regent Systems, Quebec, (Canadá), acoplado a um scanner profissional *Epson XL 10000* equipado com unidade de luz adicional (TPU), seguindo os procedimentos de análise sugeridos por Bouma et al. (2000). Avaliaram-se: comprimento radicular total (CTR, cm); área superficial total (ATR,  $\text{cm}^2$ ); diâmetro médio de raiz (DMR, mm) e volume total de raiz (VTR,  $\text{cm}^3$ ). As raízes foram classificadas em três classes de diâmetro: raízes muito finas ( $\emptyset \leq 0,5$  mm), finas ( $0,5$  mm  $< \emptyset \leq 2,0$  mm) e grossas ( $\emptyset > 2,0$  mm) (BHOM, 1979). De acordo com essa classificação, obteve-se: comprimento de raiz muito fina (CRMF, cm); comprimento de raiz fina (CRF, cm); comprimento de raiz grossa (CRG, cm); área superficial de raiz muito fina (ASRMF,  $\text{cm}^2$ ); área superficial de raiz fina (ASRF,  $\text{cm}^2$ ); área superficial de raiz grossa (ASRG,  $\text{cm}^2$ ); volume de raiz muito fina (VRMF,  $\text{cm}^3$ ); volume de raiz fina (VRF,  $\text{cm}^3$ ) e área superficial de raiz grossa (VRG,  $\text{cm}^3$ ).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste Scott Knott (5%). Utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 1999).

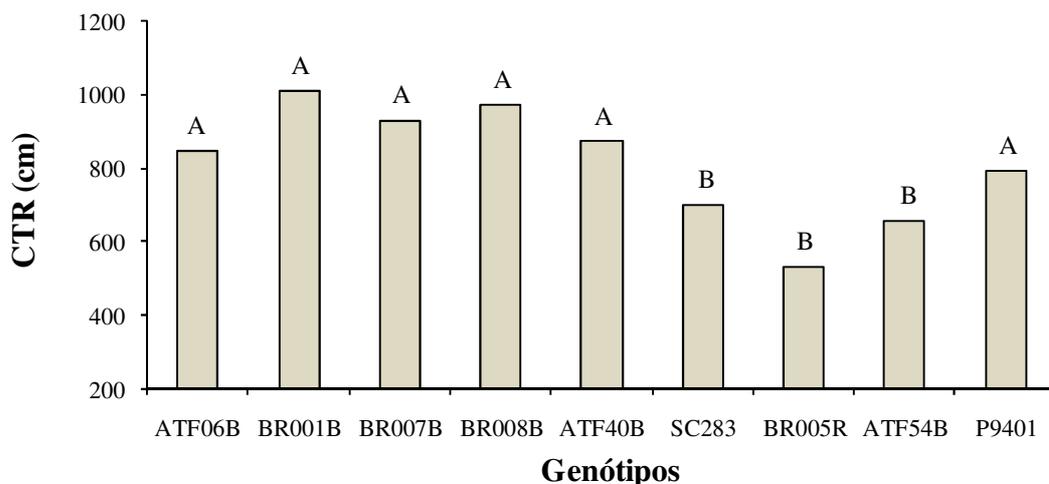


## Resultados e Discussão

Independente da variável e dos genótipos estudados, houve pouca diferença significativa entre os resultados obtidos nas concentrações de 162 e 807  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de P. Portanto, serão apresentados e discutidos somente os resultados obtidos das plantas cultivadas com 0 e 162  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de P.

Todas as variáveis estudadas apresentaram interação significativa (Teste F, a 5% de probabilidade) entre as concentrações de P e os genótipos, à exceção do comprimento total de raiz (CTR). Em outros trabalhos, como Brasil (2003) e Rocha et al. (2008), não foram observadas significâncias nessas interações.

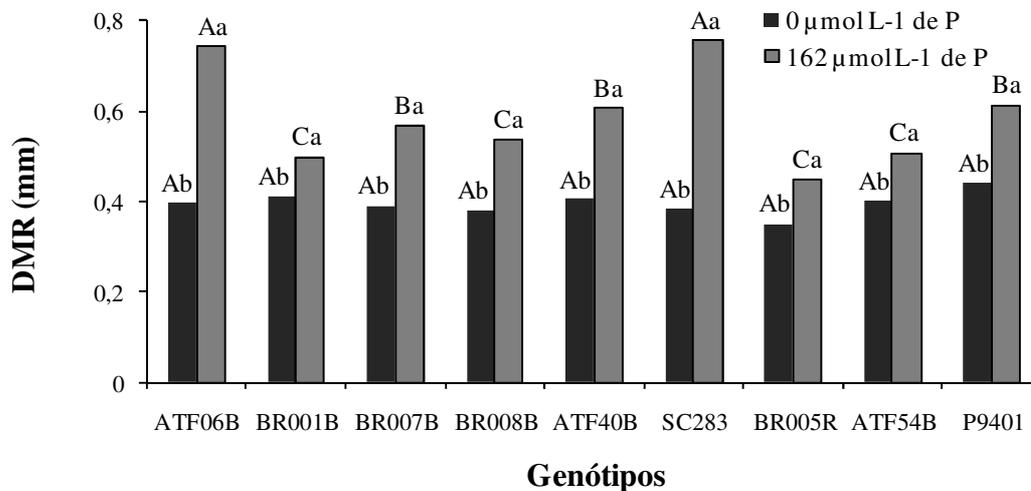
O CTR (Figura 1) e a ATR apresentaram resultados semelhantes. As diferenças significativas para essas variáveis ocorreram apenas entre os genótipos, independente das duas concentrações de P. Os genótipos ATF54B, BR005R e SC283, eficientes, desenvolveram um sistema radicular com os menores CTR. Rocha et al. (2008), avaliando os mesmos nove genótipos apresentados neste trabalho, cultivados em solo, também observaram menores valores de CTR para alguns genótipos eficientes. Essa característica radicular não explicou a maior produtividade de alguns genótipos de sorgo cultivados em ambiente com baixa disponibilidade de P.



**Figura 1:** Comprimento total de raiz de nove genótipos de sorgo cultivados em solução nutritiva. Letras distintas diferem estatisticamente entre si (Teste Scott Knott, 5%).

Todos os genótipos desenvolveram raízes mais finas quando cultivados em ambiente com baixa disponibilidade de P (Figura 2). Alguns trabalhos têm relatado a maior absorção de nutrientes pelas plantas quando essas desenvolvem raízes mais finas (ROSOLEM et al., 1994; SCHENK; BARBER, 1979; BRASIL, 2003). Entretanto, houve distinção entre os genótipos apenas com alto suprimento de P, com os menores valores de DMR apresentados pelos genótipos eficientes ATF54B, BR005R e BR008B, além do ineficiente BR001B. Quando as plantas se desenvolvem em ambiente desfavorável quanto ao suprimento de nutrientes, as raízes podem apresentar alta plasticidade fenotípica (FITTER, 1991; MARSCHNER, 1995). Os genótipos de sorgo podem ter modificado a expressão fenotípica do DMR e não apresentaram diferença estatística entre si quando cultivados sob baixo suprimento de P.



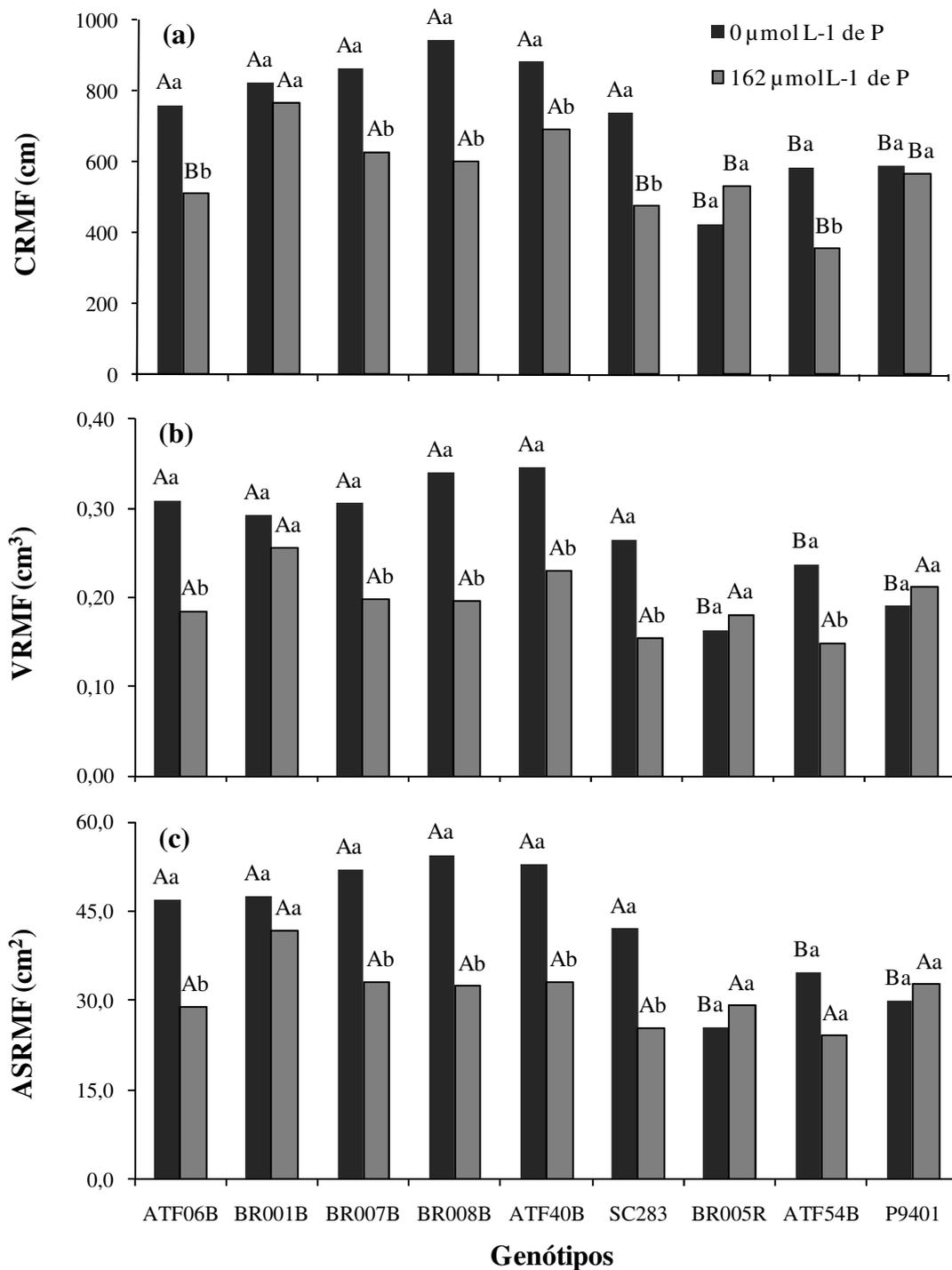


**Figura 2:** Diâmetro médio de raiz de nove genótipos de sorgo cultivados em solução nutritiva com 0 e 162  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de P. Letras maiúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os genótipos em cada concentração de P e, minúsculas, entre as concentrações de P para cada genótipo (Teste de Scott Knott, 5%).

As respostas dos genótipos de sorgo estudados foram semelhantes para as variáveis CRMF, VRMF e ASRMF (Figura 3). As raízes muito finas se desenvolveram mais em ambiente com baixo suprimento de P, à exceção dos genótipos BR001B, BR005R E P9401. Para as variáveis VRMF e ASRMF, os genótipos se diferenciaram apenas quando cultivados com 0  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de P.

De maneira geral, os genótipos eficientes BR005R e ATF54B, além do P9401, apresentaram uma morfologia radicular semelhante entre si. Os resultados apresentados não diferenciaram muito bem os genótipos eficientes daqueles ineficientes quanto à produtividade de grãos em ambientes com alto e baixo suprimento de P. Entretanto, além das alterações na morfologia radicular, as plantas podem desenvolver outros mecanismos que aumentem a absorção de P, tais como produção de pelos radiculares, alterações na arquitetura radicular e produção de exsudados radiculares. Outros estudos são necessários para uma melhor distinção entre os sistemas radiculares dos genótipos de sorgo estudados.





**Figura 3:** Comprimento (CRMF) (a), volume (VRMF) (b) e área superficial de raiz (ASRMF) (c) muito fina de genótipos de sorgo cultivados em solução nutritiva com 0 e 162  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de P. Letras maiúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os genótipos em cada concentração de P e, minúsculas, entre as concentrações de P para cada genótipo (Teste de Scott Knott, 5%).



## Referências

ALVES, V. M. C.; PARENTONI, S. N.; VASCONCELLOS, C. A.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, C. C. M. Cinética de absorção de fósforo e crescimento do sistema radicular de genótipos de milho contrastantes para eficiência a fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 85-92, 2002.

ARAÚJO, P. A.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 253-280.

BHOM, W. **Methods of studying root systems**. New York: Springer-Verlag, 1979. 189 p.

BOUMA, T. J.; NIELSON, K. L.; KOUTSTAAL, B. A. S. Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. **Plant and Soil**, The Hague, v. 218, p. 185-196, 2000.

BRASIL, E. D. **Mecanismos envolvidos na eficiência de aquisição de fósforo em genótipos de milho**. 2003. 161 p. Tese (Doutorado) - Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 4.3**: sistema de análises estatísticas. Lavras: UFLA, 1999.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA, 2001. 261 p.

FITTER, A. H. The ecological significance of root system architecture: an economic approach. In: ATKINSON, D. (Ed.). **Plant root growth: an ecological perspective**. Oxford: Blackwell, 1991. p. 229-243.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 95, p. 1-5, 2001.

HARPER, J. L.; JONES, M.; SACKVILLE-HAMILTON, N. R. The evolution of roots and the problems of analysing their behaviour. In: ATKINSON, D. (Ed.). **Plant root growth: an ecological perspective**. Oxford: Blackwell, 1991. p. 3-22.

JOGESWAR, G.; RANADHEER, D.; ANJIAH, V.; KAVIKISHOR, P. B. High frequency somatic embryogenesis and regeneration in different genotypes of *Sorghum bicolor* L. Moench from immature inflorescence explants. **In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant**, New York, v. 43, p. 159-166, 2007.

LIU, C.; MUCHHAL, U. S.; UTHAPPA, M.; KONOWICZ, A. K.; RAGHOTHAMA, K. G. Tomato phosphate transporter genes are differentially regulated in plant tissue by phosphorus. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 116, p. 91-99, 1998.

LYNCH, J. P. Roots of the second green revolution. **Australian Journal of Botany**, Victoria, v. 55, p. 493-512, 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition in plants**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1995.



RICHARDS, I. R.; JOHNSTON, A. E. **The effectiveness of different precipitated phosphates as sources of phosphorus for plants.** 2001. Disponível em <<http://www.nhm.ac.uk/mineralogy/phos/2001>>. Acesso em: 1 dez. 2008.

ROCHA, M. C.; MIRANDA, G. V.; SOARES, M. O.; CANTAO, F. R. O.; SILVA, L. A.; RODRIGUES, F.; MAGALHAES, P. C.; TARDIN, F. D.; RODRIGUES, J. A. S.; VASCONCELOS, M. J. V.; SCHAFFERT, R. E. Caracterização da morfologia radicular de linhagens de sorgo contrastantes para eficiência no uso de fósforo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPER5DA, 3.; WORKSHOP SOBRE MANEJO E ETIOLOGIA DA MANCHA BRANCA DO MILHO, 2008, Londrina. **Agroenergia, produção de alimentos e mudanças climáticas: desafios para milho e sorgo: resumos.** Londrina: Associação Brasileira de Milho e Sorgo: IAPAR; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 3. ed. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2). Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_4\\_ed/index.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/index.htm)>. Acesso em: 10 nov. 2008.

ROSOLEM, C. A.; ASSIS, J. S.; SANTIAGO, A. D. Root grown and mineral nutrition of corn. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 25, p. 2491-2499, 1994.

SATO, S.; CLEMENTE, T.; DWEIKAT, I. Identification of an elite sorghum genotype with high in vitro performance capacity. **In Vitro Cellular Development Biology Plant**, New York, v. 40, p. 57-60, 2004.

SAWAZAKI, E. Sorgo forrageiro ou misto, sorgo granífero, sorgo vassoura – *Sorghum bicolor* L. Moench. In: FALH, J. L. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas.** 6. ed. Campinas: IAC, 1998. p. 44-49. (IAC. Boletim, 200).

SCHAFFERT, R. E.; ALVES, V. M. C.; PITTA, G. V. E.; BAHIA FILHO, A. F. C.; SANTOS, F. G. Genetic variability in sorghum for P efficiency and responsiveness. In: HORST, W. J.; SCHENK, M. K.; BURKERT, A.; CLAASSEN, N.; FLESSA, H.; FROMMER, W. B.; GOLDBACH, H.; OLFS, H.-W.; ROMHELD, V.; SATTELMACHER, B.; SCHMIDHALTER, U.; SCHUBERT, S.; WIREN, N. V.; WITTENMAYER, L. (Ed.). **Plant nutrition: food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. p. 72-73.

SCHENK, M. K.; BARBER, S. A. Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, p. 921-924, 1979.

