

Eficiência agrônômica de cultivares de soja quanto ao uso de fósforo

Glauber Ronery dos Santos Ribeiro¹, Joênes Mucci Peluzio², Thiago Ferreira Barbosa³,
Flávio Sérgio Aférri² e Rodrigo Ribeiro Fidelis^{2(*)}

¹Engenheiro Agrônomo, Mestre em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins Gurupi-TO, Brasil (glauber_rr@hotmail.com) ²Professor, Doutor, Universidade Federal do Tocantins (joenesp@mail.uft.edu.br; flavio@uft.edu.br; fidelisrr@uft.edu.br) (*) autor para correspondência ³ Estudante do curso de Agronomia - Universidade Federal do Tocantins, Rua Badejós, chácaras 69 e 72, Lt. 07, CEP 77402-970, Gurupi-TO, Brasil (Thiago-uft@hotmail.com)

Resumo – O uso de cultivares de soja eficientes na absorção e utilização de fósforo se mostra como uma alternativa para contornar a deficiência deste elemento em solos de cerrado. Objetivou-se com este trabalho selecionar genótipos de soja eficientes e responsivos a utilização de fósforo. Para a realização da pesquisa foram utilizados dez genótipos de soja, cultivados em ambientes de baixo e alto nível de fósforo com 30 e 150 kg ha⁻¹ no plantio, respectivamente. O delineamento foi o de blocos casualizados, com três repetições. Concluiu-se que existe variabilidade quanto à eficiência e resposta à aplicação de fósforo entre os cultivares. Os genótipos P99R03, M-SOY 8527, P98Y51 e M-SOY 9056 RR foram identificados como eficientes quanto à absorção de fósforo e responsivos a sua aplicação, sendo, portanto, recomendados para cultivo em baixa, média e alta tecnologia. Os genótipos M-SOY 8867 e P99R01 foram classificados como não eficientes e não responsivos, não sendo recomendados para cultivo.

Palavras-chave: *Glycine max*, estresse mineral, produtividade.

Agronomic efficiency of soybean cultivars in the use of phosphorus

Abstract - The use of soybean cultivars efficient in the absorption and use of phosphorus appears as an alternative to avoid the deficiency of this element in Cerrado soils. This work had objective to select soybean genotypes that are efficient and responsive to the use of phosphorus. Ten soybean genotypes grown in high and low phosphorus environments with 30 kg ha⁻¹ and 150 kg ha⁻¹ were used in planting, respectively. The statistical design was of randomized blocks with three replicates. It was concluded that there is variability regarding the efficiency and response to phosphorus application among the cultivars. The genotypes P99R03, M-SOY 8527, P98Y51 and M-SOY 9056 were identified as efficient for phosphorus absorption and sensitive to their application, being, therefore, recommended for low, medium and high technology cultivation. The M-SOY 8867 and P99R01 genotypes were classified as non-efficient and non-responsive and were not recommended for cultivation.

Keywords: *Glycine max*, mineral stress, yield.

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), é uma espécie de grande interesse socioeconômico, em função dos elevados teores de proteína (40%) e óleo (20%), da produtividade de grãos e da possibilidade de adaptação a ambientes diversos. É uma cultura anual de autopolinização, pertencente à família Leguminosae e subfamília Fabaceae (Rocha et al., 2009). Nas últimas décadas, em virtude da criação de um mercado internacional sólido relacionado aos produtos do complexo soja, fez com que a cultura destaque-se no agronegócio mundial (Lazzarotto & Hirakuri, 2010).

Dentro deste contexto, o estado do Tocantins têm se destacado no cenário nacional de produção de grãos, apresentando relevante expansão de área de 451,2 mil/ha cultivadas na safra 2011/12 para 540,5 mil/ha na safra 2012/13, crescendo em 19,9% sua área e com produtividade média de 3.050 kg ha⁻¹, superior à média brasileira de 3.033 kg ha⁻¹ (Conab, 2012). Além disso,

possui boa localização geográfica funcionando como corredor de exportação da cultura para as regiões Centro-Norte e Leste-Nordeste (Pires et al., 2012). A vegetação predominante observada no estado é o Cerrado, com características marcantes como, o alto grau de intemperismo e lixiviação, acidez, carência de elementos essenciais, baixa CTC e matéria orgânica. Nessas condições há grande necessidade em se fazer melhor uso dos recursos envolvidos na produção, especialmente se tratando do P, uma vez que este se encontra em baixa concentração nos solos de cerrado (Piaia et al., 2002; Rezende et al., 2009).

Nas plantas o P é constituinte de moléculas simples as mais complexas, ocupando papel chave em metabólicos relacionados com a aquisição e utilização de energia. A determinação da dose de fósforo aplicada à cultura interfere diretamente na produtividade, pois sob baixos níveis de fósforo, ocorre queda acentuada na produtividade devido à redução do porte da planta (Prado et al., 2010; Valadão Junior et al., 2008). Vários

autores têm relatado existência de variabilidade genética para a característica uso e eficiência de P em arroz, trigo, feijão, milho, soja dentre outras (Parentoni et al., 2010; Fidelis et al., 2010; Zhang et al., 2009; Ochoa et al., 2006; Furlani et al., 2002; Cicarelli et al., 1998).

A busca por cultivares de soja que utilizam mais eficiente o P apresenta razões básicas como o fato da produção de fertilizantes fosfatados dependerem da extração de recursos naturais não renováveis e, o uso indiscriminado de fertilizantes em altas doses causarem grande impacto ambiental, podendo contaminar os mananciais hídricos (Fritsche Neto & Borém, 2011). Segundo Fageria (1998) a recomendação de cultivares que utilizam mais eficientemente o fósforo é uma prática que reduz os custos de produção nas condições de Cerrado.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho selecionar genótipos de soja eficiente e responsivos a aplicação do fósforo em solos de Cerrado.

Material e Métodos

No ano agrícola 2009/10, foram realizados dois ensaios de competição de cultivares de soja na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas (220 m de altitude, 10°45' S e 47°14' W). As cultivares foram semeadas em condições de alto e baixo fósforo (150 e 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅), respectivamente, no dia 17 de dezembro de 2009. Para a definição de uso das doses de alto e baixo fósforo foi realizada, inicialmente, a análise de solo que apresentou os seguintes resultados: pH 4,9; K 35,2 mg dm⁻³; P 6,0 mg dm⁻³; M.O. 0,6%; CTC 4,7 e SB 33,3%. Em seguida, foi realizada a indicação de adubação, que resultou em uma dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A partir dessa dose, procurou-se utilizar uma dose abaixo e uma acima da recomendada, ou seja, de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As condições climáticas da região encontram-se na Figura 1.

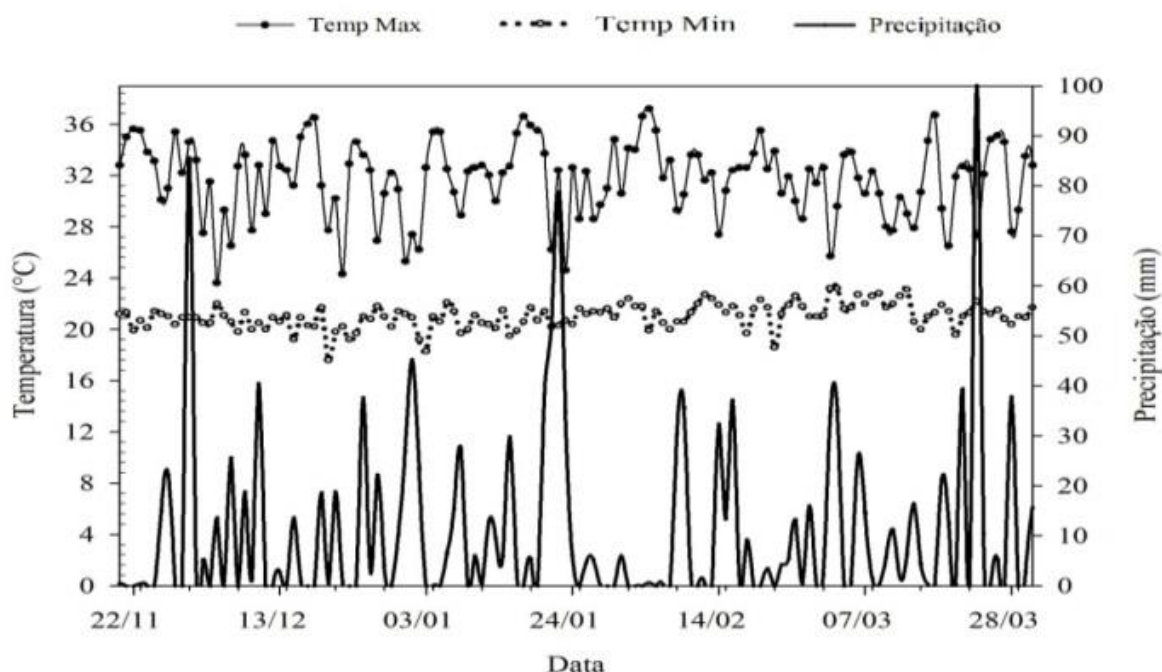


Figura 1. Médias de precipitação e temperatura no período de dezembro de 2009 a abril de 2010 em Palmas, TO.

O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi de blocos casualizados com 10 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas cultivares P98Y51, P98Y70, P99R01, M-SOY9056 RR, M-SOY9144 RR, M-SOY8867 RR, M-SOY8527 RR, P99R03, STS 820 e M-SOY8866 RR.

As parcelas experimentais foram compostas por quatro fileiras de 5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,45 m. Na colheita, foram utilizadas as duas fileiras centrais, excetuando-se 0,50m da extremidade de cada uma das mesmas, resultando numa área útil da parcela de 3,6 m².

Foram realizadas as operações de aração, gradagem e sulcamento. O plantio das sementes e a adubação no sulco foram realizados manualmente. A adubação de plantio foi realizada utilizando 166 e 833 kg ha⁻¹ de superfosfato simples que correspondem, respectivamente, as doses de 30 (baixo) e 150 (alto) kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Foram realizadas duas adubações de cobertura com cloreto de potássio, na dose de 30 kg ha⁻¹ de K₂O (50 kg de Cloreto de Potássio por hectare), conforme análise de solo e indicação de adubação corretiva. As adubações em cobertura ocorreram, respectivamente, aos 15 e 35 dias após a emergência das plantas.

No momento do plantio, foi realizado o tratamento das sementes com fungicidas, seguido de inoculação das sementes com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*. A densidade de semeadura foi realizada com intuito de se obter 14 plantas por metro linear. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado à medida que se fizeram necessário, com produtos devidamente recomendados a cultura.

As plantas de cada parcela experimental foram colhidas uma semana após terem apresentado 95% das vagens maduras, ou seja, no estágio R8 da escala de (Fehr et al., 1971). Após a colheita, as plantas foram trilhadas e as sementes pesadas, depois de secas (12% de umidade) e limpas, para a determinação dos rendimentos das sementes.

Para diferenciação das cultivares foi utilizada a metodologia proposta por Fageria & Kluthcouski (1980), que sugerem a classificação dos cultivares quanto à eficiência no uso e resposta a aplicação do fósforo (eficiência e resposta - ER). Onde a utilização do nutriente é definida pela média de produtividade de grãos em baixo nível. Enquanto que, a resposta à utilização do nutriente é obtida pela diferença entre a produtividade de grãos nos dois níveis dividida pela diferença entre as doses, utilizando a seguinte fórmula:

$$\alpha_p = (PNN - PBN) / DEN,$$

Onde:

α_p = Índice de resposta;

PNN = Produção com nível ideal de nutriente;

PBN = Produção com baixo nível do nutriente;
DEN = Diferença entre as doses (kg ha^{-1}).

Foi utilizada uma representação gráfica no plano cartesiano para classificar os cultivares. No eixo das abscissas (x), encontra-se a eficiência na utilização do fósforo e no eixo das ordenadas (y), a resposta à sua utilização. O ponto de origem dos eixos é a eficiência média e a resposta média dos cultivares. No primeiro quadrante é representado os cultivares eficientes e responsivos (ER); no segundo, os não eficientes e responsivos (NER); no terceiro, os não eficientes e não responsivos (NENR) e no quarto, os eficientes e não responsivos (ENR).

Resultados e Discussão

Os cultivares classificados como eficientes ao uso de fósforo foram P99R03, M-SOY 8527 RR, P98Y51, M-SOY 9056 RR, STS 820, M-SOY 9144 RR e M-SOY 8866 RR, pois apresentaram as maiores médias de produtividade de grãos em ambiente de estresse de P e, portanto, estão representados no primeiro e quarto quadrantes da Figura 2. Segundo Graham (1984) a eficiência pode ser definida com a produção relativa de um genótipo em solo deficiente em comparação com a produção no nível ótimo de nutriente. Em diversos trabalhos com culturas anuais foi verificada a existência de variabilidade genética quanto à eficiência de fósforo (Fidelis et al., 2009; Fidelis et al., 2010; Rotili et al., 2010).

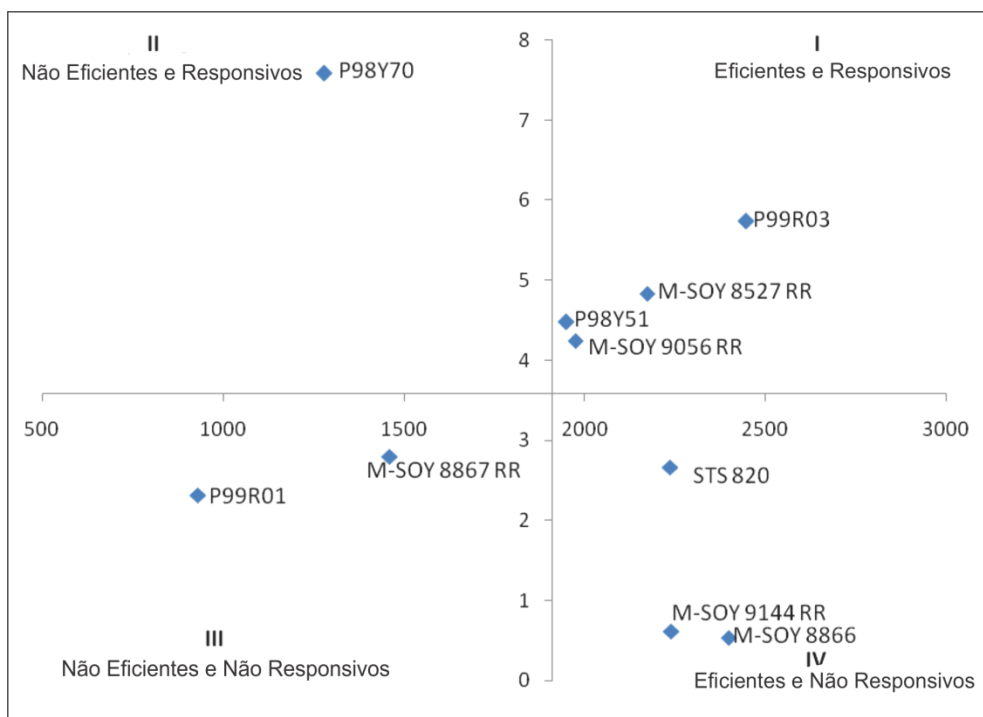


Figura 2. Eficiência no uso e resposta a aplicação de fósforo em genótipos de soja, pela metodologia de Fageria & Kluthcouski (1980).

Quanto à resposta a aplicação de P, constatou-se que os cultivares P98Y70, P99R03, M-SOY 8527 RR, P98Y51 e M-SOY 9056 RR, foram classificados como responsivos, estando representados no primeiro e segundo quadrantes da Figura 2. Cultivares que apresentam alto índice de resposta torna-se interessantes, pois, respondem ao incremento do fósforo quando se promove a melhoria do ambiente. Estas cultivares apresentaram valor de índice de resposta variando entre 7,59 a 4,24 (Tabela 1).

O cultivar P98Y70 foi o que obteve maior índice de resposta (7,59), ou seja, obteve acréscimo de 7,59 quilogramas de grãos para cada quilograma de P aplicado. Enquanto que, nesse grupo o cultivar M-SOY 9056 RR foi aquele que apresentou menor resposta (4,24) correspondendo assim, ao acréscimo de 4,24 quilogramas de grãos para cada quilograma de P aplicado. O cultivares P99R03, M-SOY 8527 RR, P98Y51 e M-SOY 9056 RR foram considerado eficiente quanto à absorção e responsivo a aplicação de P. Com base nessas informações, recomenda-se o cultivo desse material nas propriedades agrícolas que utilizam desde baixo até alto nível tecnológico, demonstrando uma possível adaptação, pois além de produzir em ambientes com estresse mineral, também respondem ao incremento da adubação com fósforo (primeiro quadrante da Figura 2).

Tabela 1. Médias de eficiência, índice de resposta e diferença de produtividade de grãos de dez genótipos de soja, cultivados em alto e baixo nível de fósforo, na safra 2009/2010 em Gurupi-Tocantins.

Genótipos	Eficiência (kg ha ⁻¹)	Índice de Resposta (αp)	Diferença de produtividade e de grãos (kg ha ⁻¹)
P98Y51	1950	4,48	537,65
P98Y70	1280,87	7,59	910,49
P99R01	930,05	2,31	277,98
M-SOY 9056 RR	1975,31	4,24	509,26
M-SOY 9144 RR	2240,74	0,617	74,07
M-SOY 8867 RR	1460,49	2,80	335,81
M-SOY 8527 RR	2172,84	4,83	580,24
P99R03	2447,67	5,74	689
STS 820	2236,67	2,66	320
M-SOY 8866	2399	0,53	64,33
Média	1909,3	3,5	429,8

O genótipo P98Y70 é classificado como não eficiente e responsivo, pois produziu abaixo da média dos genótipos sob ambiente de baixo nível de fósforo, entretanto, teve valor de índice de resposta acima da média geral (segundo quadrante da Figura 2). Cultivares classificados nesse grupo é indicado para agricultores que utilizam alto

nível tecnológico, pois a melhoria do ambiente promove acréscimo na produção.

Os cultivares M-SOY 8867 e P99R01 compuseram o grupo não eficiente e não responsivo, pois, produziram abaixo da média do ambiente de baixo nível de fósforo (1909,3 kg ha⁻¹) e também apresentaram índices de resposta inferiores a média dos cultivares (3,58), podendo ser visualizada no terceiro quadrante (Figura 2). Cultivares classificadas como não eficientes e não responsivos não são recomendadas para serem semeadas em propriedades agrícolas, nem mesmo para aquelas que utilizam baixo nível tecnológico.

No quarto quadrante da Figura 2 encontram-se os cultivares eficientes e não responsivos, sendo este quadrante constituído por STS 820, M-SOY 9144 RR e M-SOY 8866 RR produzindo acima da média no ambiente com baixa dose de P e abaixo da média geral do índice de resposta (3,5). Evidenciando assim, que não responderam satisfatoriamente ao incremento do nutriente e com isso, os cultivares desse grupo são indicados apenas para o cultivo em propriedades que adotam baixo nível tecnológico.

Considerando a carência de informações a respeito da absorção e utilização do fósforo em soja cultivadas em terras altas no Estado do Tocantins, e principalmente, a expressividade do público beneficiado por estudos como este, já que a maioria dos produtores do estado possuem em suas propriedades agrícolas terras não corrigidas, que para atingirem potencial produtivo satisfatório teriam o custo de produção aumentado expressivamente, nota-se a importância da utilização desta metodologia, pois, de uma maneira simples possibilita a identificação de genótipos eficientes quanto ao uso e resposta ao fósforo. Através desses resultados podem-se identificar os melhores cultivares para a região de acordo com o nível tecnológico empregado pelos agricultores, permitindo assim, obtenção de maiores produtividades e menores custos de produção.

Conclusões

1. Existe variabilidade genética entre os cultivares de soja quanto à eficiência na absorção de fósforo;
2. Os cultivares P99R03, M-SOY 8527 e P98Y51, M-SOY 9056 RR foram classificados como eficientes e responsivos a aplicação de P.

Agradecimentos

Ao CNPq/CAPES pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor.

Referências

- Cicarelli, D.M.; Furlani, A.M.C.; Dechen, A.R.; Lima, M. Genetic variation among maize genotypes for phosphorus-uptake and phosphorus-use efficiency in nutrient solution. **Journal of Plant Nutrition**, Belo Horizonte, v.21, n.10, p.2219-2229, 1998.
- Companhia Nacional de Abastecimento – Conab. **Séries históricas**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> 15 Jan. 2013.
- Lazzarotto, J.J.; Hirakuri, M.H. Evolução e perspectiva de desempenho econômico associados com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2010. (**Documentos/Embrapa Soja, n. 319**).
- Fageria, N. D.; Kluthcouski, J. **Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo**. Brasília: Embrapa-CNPAP, 1980. 22 p.
- Fageria, N.K. Eficiência de uso de Fósforo pelos Genótipos de Feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.128-131, 1998.
- Fehr, W.R.; Caviness, R.E.; Burmood, D.T.; Pennington, J.S. Stage of development descriptions for soy beans, *Glycine max* L. **Crop Science**, Madison, v.11, n.6, p.929-931, 1971.
- Fidelis, R.R.; Miranda, G.V.; Erasmo, E.A.L. Seleção de populações base de milho sob alta e baixa dose de fósforo em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.39, n.4, p.285-293, 2009.
- Fidelis, R.R.; Miranda, G.V.; Peluzio, J.M.; Galvão, J.C.C. Classificação de populações de milho quanto à eficiência e resposta ao uso de fósforo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.32, n.2, p.241-246, 2010.
- Fritsche-Neto, R.; Borém, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresse abióticos**. 1.ed. Visconde de Rio Branco: Suprema, 2011. 250p.
- Furlani, A.M.C.; Furlani, P.R.; Tanaka, R.T.; Mascarenhas, A.A.; Delgado, M.D. Variability of soybean germplasm in relation to phosphorus uptake and use efficiency. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.3, p.529-536, 2002.
- Graham, R.D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. In: Tinker, P.B.; Läuchli, A. (ed.) **Advances in plant nutrition**. New York, Praeger, p.52-102. 1984.
- Ochoa, I.E.; Blair, M.W.; Lynch, J.P. Analysis for adventitious root formation in common bean under contrasting phosphorus availability. **Crop Science**, Madison, v.46, n.4, p.1609-1621. 2006.
- Parentoni, S.N.; Souza Júnior, C.L. de; Alves, V.M.C.; Gama, E.E.G.E.; Coelho, A.M.; Oliveira A.C. de.; Guimarães, C.T.; Vasconcelos, M.J.V.; Schaffert, R.E. Inheritance and breeding strategies for phosphorus efficiency in tropical maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, v.55, n.1, p.1-15. 2010.
- Piaia, F.L.; Rezende, P.M.; Neto, A.E.F.; Fernandes, L.A.; Corrêa, J.B. Eficiência da adubação fosfatada com diferentes fontes e saturação por bases na cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill). **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.3, p.488-499. 2002.
- Pires, L.P.M.; Peluzio, J.M.; Cancellier, L.L.; Ribeiro, G.R.; Colombo, G.A.; Afférris, F.S. desempenho de genótipos de soja, cultivados na região centro-sul do estado do Tocantins, safra 2009/2010. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.2, p.214-223, 2012.
- Prado, R.M.; Franco, C.F.; Puga, A.P. Deficiências de macronutrientes em plantas de soja cv. BRSMG 68 (Vencedora) cultivada em solução nutritiva. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus – PI, v.1, n.2, p.114 – 119. 2010.
- Rezende, P.M.; Carvalho, E.R.; Santos, J.P.; Andrade, M.J.B. de; Alcântara, H.P. Enxofre aplicado via foliar na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.5, p.1255-1259, 2009.
- Rocha, M.M.; Vello, N.A.; Maia, M.C.C.; Lopes, A.C. Estabilidade e adaptabilidade produtiva em linhagens de soja de ciclo médio. **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, n.6, p.764-771, 2009.
- Valadão Júnior, D.D.; Bergamin, A.C.; Venturoso, A.C.; Schindwein, J.A.; Caron, B.O.; Schmidt, D. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.09, n.03, p.369-375, 2008.
- Rotili, E.A.; Fidelis, R.R.; Santos, M.M.; Barros, H.B.; Pinto, L.C. Eficiência do uso e resposta à aplicação de fósforo de cultivares de arroz em solos de Terras Altas. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.3 p.705-710, 2010.
- Zhang, D.; Cheng, H.; Geng, L.; Kan, G.; Cui, S.; Meng, Q.; Gai, J.; Yu, D. Detection of quantitative trait loci for phosphorus deficiency tolerance at soybean seedling stage. **Euphytica**, Wageningen, v.167, n.03, p.313-322, 2009.