

Eficiência do fósforo revestido com polímeros na cultura da soja

Juscelio Ramos de Souza¹, Bruno Neves Ribeiro¹, Thiago Picinatti Raposo², Jackson Ernani Fiorin³, Gustavo Spadotti Amaral Castro⁴, Riscelly Santana Magalhães⁵

¹Pesquisa e Desenvolvimento, Kimberlit Agrociências

²UFV-CRP - MG

³CCGL/FUNDACEP e Professor da UNICRUZ.

⁴Transferência de Tecnologia para Produção de Grãos Embrapa Amapá.

⁵UFRRJ.

Resumo: O presente estudo objetivou avaliar a eficiência agrônômica do MAP revestido com polímeros na cultura de soja, no sistema plantio direto. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, constituído por duas fontes de fósforo (MAP e MAP revestido com polímeros) em quatro doses (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅) perfazendo um esquema fatorial 2x4, com quatro repetições. A adubação potássica foi feita de maneira uniforme em todos os tratamentos, na dose de 90 kg ha⁻¹ de K₂O. Foi realizada a determinação da massa de matéria seca de raízes e da parte aérea no florescimento pleno, aos 40 dias após a emergência, produtividade e massa de 100 grãos no momento da colheita. O experimento foi realizado em duas safras agrícolas 2009/2010 e 2010/2011, sendo os dados comparados sobre a média de ambos os anos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as variáveis quantitativas foram comparadas por meio de análise de regressão. Os resultados de massa de matéria seca de raízes e da parte aérea da soja mostraram resposta à utilização da adubação fosfatada. Todos os parâmetros avaliados foram influenciados pelos tratamentos aplicados, entretanto, ocorrendo semelhança estatística entre MAP e MAP revestido com polímeros nas diferentes doses de fósforo. Analisando o comportamento das fontes de fósforo, observa-se uma superioridade do MAP revestido com polímeros na produtividade de grãos de soja.

Palavras -chave: Fertilizantes fosfatados, Nutrição e *Glycine max* (L.) Merrill.

Efficiency of Coated Match with polymers in Soybean

Abstract: The present study has goal to evaluate the agronomic efficiency of polymer coated MAP in culture of soybean, no tillage system. The experimental design was randomized blocks with a factorial design with four replicates. The treatments were constituted by: control - without phosphorus, fertilizer Monoammonium Phosphate (MAP) - 40 kg ha⁻¹ P₂O₅; (MAP + Coat) - 40 kg ha⁻¹ P₂O₅; MAP - 80 kg ha⁻¹ P₂O₅; coated MAP - 80 kg ha⁻¹ P₂O₅; MAP - 120 kg ha⁻¹ P₂O₅ and coated MAP - 120 kg ha⁻¹ P₂O₅. The planting was done immediately after the treatments. Potassium fertilization was done uniformly in all treatments at a dose of 150 kg ha⁻¹ KCl (Potassium Chloride). Was the determination of dry mass of roots and shoots in full bloom, 40 days after emergence, yield and mass of 100 grains at harvest. The experiment was conducted in two growing seasons, and the data compared to the average of both years. The data were submitted to variance analysis and quantitative variables were compared using regression analysis. It is observed that there were a significant statistical difference in all parameters evaluated. The results of the dry mass of roots and shoots of soybean showed response to the use of phosphate fertilizers, however, there is statistical similarity between MAP and Kimcoat P in different levels of phosphorus applied. Analyzing the behavior of phosphorus sources, there is a superiority of Kimcoat P in grain yield of soybean.

Keywords: Nutrittion, Phosphorus, and *Glycine max* (L.) Merrill.

Introdução

O fósforo é um dos elementos essenciais para as plantas, estando presente em componentes estruturais das células e metabólicos móveis armazenadores de energia, como o ATP. O aporte de fósforo pelas plantas se dá essencialmente via sistema radicular, sendo sua absorção dependente da capacidade de fornecimento do solo.

Apesar de o fósforo ser o décimo segundo elemento químico mais abundante na crosta terrestre, é o segundo elemento que mais limita a produtividade nos solos tropicais. Esse comportamento é consequência de sua habilidade em formar compostos com diferentes energias de ligação aos íons e colóides do solo, conferindo-lhe alta estabilidade dependendo do grau de intemperização e uso do solo (Rheinheimer, 2000).

A dinâmica dos nutrientes no solo é resultado da interação de vários fatores, e, no sistema plantio direto, os mecanismos que governam são modificados em velocidade e/ou intensidade pela redução do revolvimento do solo e manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo (Gatiboni, 2003). O interesse em maximizar a produção tem estimulado os produtores a adotar práticas intensivas de manejo da cultura. A obtenção de elevadas produtividades de soja é necessária em função dos altos custos de produção e a crescente competitividade do setor agrícola.

Desta forma, torna-se importante desenvolver e validar estratégias que visem melhorar a eficiência da adubação fosfatada. Entre as alternativas, destaca-se o revestimento dos fertilizantes fosfatados com polímeros. A linha de fertilizantes com polímeros é uma tecnologia desenvolvida pela Kimberlit Agrociências, utilizada para revestir os grânulos dos fertilizantes com camadas que combinam minerais e polímeros especiais que potencializam a eficiência dos fertilizantes, proporcionando um melhor aproveitamento pelas plantas.

Com base no exposto, a resposta da soja a fósforo está associada às condições em que os estudos são desenvolvidos. Não é tarefa simples a análise comparativa dos resultados obtidos em diferentes experimentos testando fontes, doses e formas de aplicação do nutriente. Dessa forma, a tomada de decisão da utilização de novas tecnologias na cultura da soja deve ser suportada por resultados de pesquisa, conduzidos em áreas manejadas sob plantio direto, representativo da maioria das lavouras do Brasil. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica e viabilidade técnica da utilização de fertilizantes fosfatados revestidos com polímeros na cultura da soja.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido nos anos agrícolas de 2009/10 e 2010/11 em uma área manejada no sistema plantio direto desde 2000, situada na localidade de Novo Horizonte, no município de Cruz Alta, RS. O clima dominante é do tipo Cfa 1 da classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 18°C e a precipitação normal é de 1700 mm, apresentando períodos de deficiência hídrica durante o verão. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico com textura franco-argilosa (EMBRAPA, 1999), pertencem à Unidade de Mapeamento de Passo Fundo-RS.

As características do solo, na camada de 0-20 cm de profundidade, para a caracterização física e química da condição inicial da área experimental são: $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ 5,5; Matéria Orgânica 2,8 dag kg^{-1} ; Fósforo (Mehlich-1) 4,4 mg dm^{-3} ; Potássio (Mehlich-1) 66 mg dm^{-3} ; Alumínio 1,0 mmol_c dm^{-3} ; Cálcio 29 mmol_c dm^{-3} ; Magnésio 13 mmol_c dm^{-3} ; Enxofre 12 mg dm^{-3} ; Zinco 1,5 mg dm^{-3} ; Cobre 3,7 mg dm^{-3} ; Manganês 9 mg dm^{-3} ; Boro 0,4 mg dm^{-3} ; Argila 440 g kg^{-1} ; Silte 220 g kg^{-1} e Areia 340 g kg^{-1} .

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, constituindo por duas fontes de fósforo (MAP convencional e MAP revestido com polímeros Kimcoat P[®]) em quatro doses (0, 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5) perfazendo um esquema fatorial 2x4, com quatro repetições.

A porcentagem de N e P_2O_5 MAP foi de 11 e 52% e do Kimcoat P foi de 10 e 49%, respectivamente. A adubação potássica foi feita de maneira uniforme em todos os tratamentos, na dose de 90 kg ha^{-1} de K_2O . A semeadura foi realizada imediatamente após a aplicação dos tratamentos.

Por ocasião do florescimento pleno, foi determinado o estande da lavoura. Na mesma época, foram coletadas dez plantas de cada parcela para a determinação da massa de matéria seca da raiz e da parte aérea. Para tal, utilizou-se um enxadão, visando a menor perda de sistema radicular possível. O material coletado foi seco em estufa de ventilação forçada a 65°C até atingir massa constante. Posteriormente, foi separado em raiz e parte aérea, sendo pesado e a massa transformada para kg por hectare.

Devido ao mesmo comportamento ao longo das suas safras, os dados estão apresentados como a média dos dois anos agrícolas. Todos os resultados foram submetidos à análise da variância e, quando as variáveis quantitativas apresentaram diferenças significativas a 5 % de probabilidade, submeteu-se ao teste de regressão ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

Os resultados das médias dos dois anos agrícolas, safras 2009/10 e 2010/11 onde foram realizadas as avaliações de massa de matéria seca de raízes e da parte aérea da soja no florescimento pleno, aos 40 dias após a emergência, em resposta às doses e fontes de fósforo que estão apresentadas na (Figura 1).

Os resultados de massa de matéria seca de raiz, mesmo apresentando ligeira vantagem para o fertilizante revestido, não diferiram estatisticamente entre si, contrastando com os resultados obtidos por Guareschi (2010), que em estudo comparativo de fertilizantes convencionais e revestidos na cultura da soja, observaram maior desenvolvimento radicular das fontes protegidas. Dessa forma, ambas as fontes estudadas apresentaram efeito quadrático com o aumento das doses de P_2O_5 na cultura da soja. Valadão Júnior et al. (2008), os quais também encontraram um modelo quadrático na resposta da altura de plantas de soja submetidas a cinco níveis de fósforo, justificando para tal a redução de absorção de Zinco em doses elevadas de fósforo.

Do mesmo modo, os resultados de massa de matéria seca da parte aérea foram estatisticamente semelhantes entre MAP e MAP revestido com polímeros nas diferentes doses de fósforo aplicadas, sendo que ambas as fontes apresentaram efeito quadrático em função das doses de fósforo empregadas. Uma possível explicação seria o fato da planta, como estratégia de sobrevivência, passar a emitir elevada porcentagem de raízes finas em solos com baixas concentrações de fósforo, como consequência obtendo menor massa de matéria seca de raiz, visto que estas são mais leves que raízes grossas.

O fluxo difusivo, que é o mecanismo de transporte predominante de fósforo no solo, limitando seu suprimento às plantas, que por sua vez compensam com aumento da superfície do sistema radicular. Desse modo, mudanças na arquitetura do sistema radicular contribuem para maior aquisição de fósforo (Vance et al., 2003). A maior relação entre a biomassa da raiz e a da parte aérea é resposta da planta à baixa disponibilidade de fósforo, o que proporciona maior superfície de absorção em relação à biomassa total, favorecendo a aquisição desse nutriente (Narang et al., 2000; Gahoonia e Nielsen, 2003; Watt e Evans, 2003; Wissuwa, 2003; Nunes et al.; 2008).

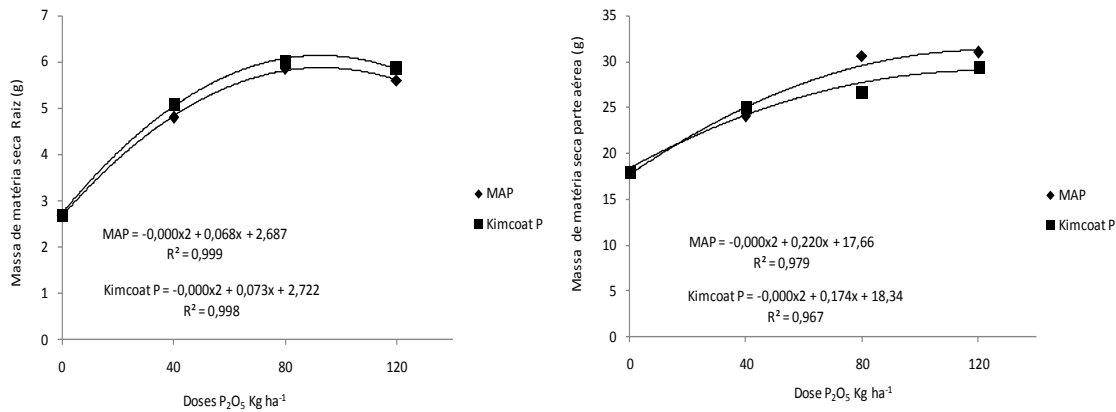


Figura 1. Massa de matéria seca de raiz e parte aérea em resposta às doses e fontes de fósforo (MAP e Kimcoat P) aplicadas na cultura da soja. Média de dois anos agrícolas. FUNDACEP. Cruz Alta. RS. 2011.

Em relação à massa de 100 grãos (Figura 2), o comportamento foi mais uma vez semelhante entre as fontes MAP e MAP revestido com polímeros. Já para a produtividade de grãos de soja, que apresentou média geral de 2595 kg ha⁻¹, observa-se que houve resposta a adubação fosfatada e diferença estatística entre os tratamentos avaliados. Analisando o comportamento médio das fontes de fósforo (Figura 2), observa-se uma superioridade do MAP revestido na produtividade de grãos de soja até a dose tecnicamente recomendada para a cultura (80 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Isto está associado, provavelmente, a maior eficiência do P em função do revestimento na dose de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅, sendo superior em 448 kg ha⁻¹ (25,7 %) quando comparado a MAP. Por outro lado, P revestido na dose de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi semelhante aos tratamentos com as maiores produtividades, indicando que foi a dose econômica viável para a cultura. Quando se utilizou MAP na adubação, este comportamento foi verificado somente com a dose a partir de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Sch lindwein e Giannello (2005) também encontraram resposta quadrática quanto ao rendimento de grãos de soja à aplicação de doses de fósforo, em solos de cerrado. Respostas a doses muito altas de fósforo são comuns em solos com baixos teores de fósforo disponível. Esses valores podem ser explicados pelo fato da resposta da cultura ao uso de fertilizantes dependerem do estado de fertilidade do solo. Logicamente, solos de baixa fertilidade apresentam alta probabilidade de resposta ao uso de nutrientes.

Figueiredo et al. (2012), avaliando adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho, encontrou superioridade do fertilizante revestido na produção de massa de matéria seca, altura de plantas e produtividade de grãos em

comparação ao MAP convencional. No mesmo sentido, Souza et al. (2013) em cultivo de algodão utilizando fonte de nitrogênio revestido com polímeros em comparação ao não revestido, observaram acréscimo de na produtividade e maior eficiência no uso. Os menores valores obtidos com o MAP convencional podem estar associados à sua menor eficiência, devido ao contato direto desse adubo com os colóides do solo, ocasionando forte adsorção e reduzindo, desta forma, o aproveitamento do nutriente pelas plantas de milho (Gomes et al., 2005). Serrano et al. (2006) verificaram que este efeito proporcionou melhores resultados pelo adubo revestido com polímero na produção de porta-enxerto cítrico. Estes trabalhos corroboram também com Silva Junior et al. (2008), onde verificaram que o superfosfato simples, outra fonte de fósforo comumente utilizado na agricultura, revestido por polímero proporcionou maior produtividade de soja (2,3 t ha⁻¹) quando comparado ao superfosfato simples convencional (2,0 t ha⁻¹).

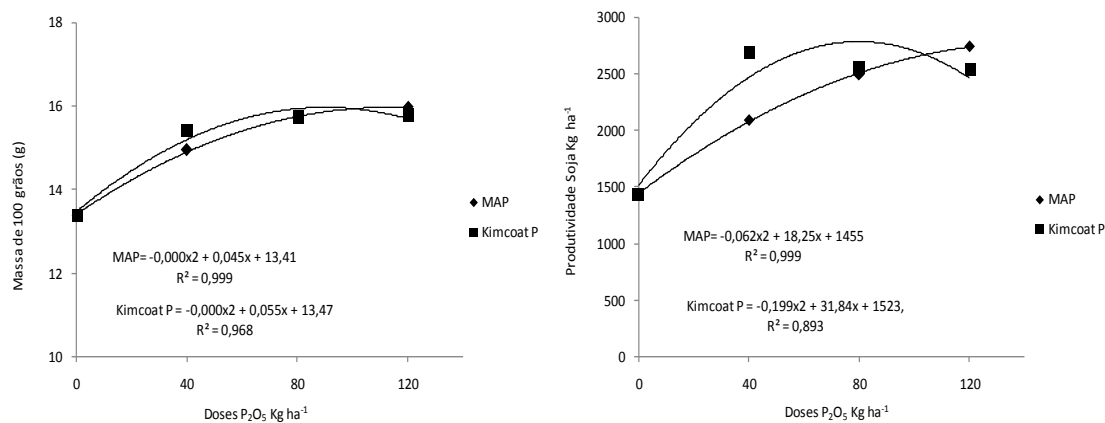


Figura 2. Massa de 100 grãos e produtividade em resposta à doses e fontes de fósforo (MAP e Kimcoat P) aplicadas na cultura da soja. Média de dois anos agrícolas. FUNDACEP. Cruz Alta. RS. 2011.

Neste sentido, Rosolem e Tavares (2006), estudando os sintomas de deficiência de fósforo em soja, verificaram que houve diferença significativa para os tratamentos com e sem fósforo, em várias características estudadas, dentre elas a produtividade da soja. Os mesmos autores inferiram que a deficiência de P prejudicou basicamente a formação de vagens e que as plantas de soja foram sensíveis à deficiência de fósforo após o florescimento o que explicaria a ausência de resposta da soja quanto à massa de matéria seca de raízes e parte aérea.

Figueiredo et al. (2012), trabalhando com fosfato revestido com polímero em relação ao MAP na cultura de milho, encontrou acréscimo de produtividade, essa diferença pode ser decorrente da liberação lenta de fósforo absorvível ao longo do ciclo da cultura promovida pela cobertura do grânulo com respectivo polímero. Resultados semelhantes foram encontrados por Jagadeeswaran et al. (2005) manejando fósforo revestido com polímeros na cultura do açafrão em comparação ao MAP convencional.

Conclusões

1. Nas condições estudadas, observou-se superioridade do fertilizante fosfatado revestido na produtividade de grãos de soja comparado ao uso de adubo fosfatado convencional.
2. Os fertilizantes revestidos com polímeros surgem como uma alternativa para aumentar a eficiência dos fertilizantes fosfatados em solos tropicais de elevado intemperismo.
3. Houve resposta ao fósforo nas condições estudadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Indústria Química Kimberlit pelo fornecimento dos fertilizantes.

Referências

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Rio Grande do Sul**. Recife. 431p. (Boletim Técnico,30).

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**—Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 1999. XXVI, 412 p.

FIGUEIREDO, C.C.; BARBOSA, D.V.; OLIVEIRA, S.A.; FAGIOLI, M.; SATO, J.H. Adubo Fosfatado Revestido com Polímero e Calagem na Produção e Parâmetros Morfológicos de Milho. **Revista Ciências Agronômicas**, V.43, n.3, p. 446 – 452, Jul – Set, 2012.

GAHOONIA, T.S. & NIELSEN, N.E. Phosphorus (P) uptake and growth of a root hairless barley mutant (bald root barley, brb) and wild type in low and high-P soils. **Plant Cell Environ.**, 26:1759-1766, 2003.

GATIBONI, L.C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003. 231p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GOMES, J. A.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, A.L.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SAGRILO, E.; MORA, F. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Acta Scientiarum. Agronomia**, v. 27, n. 03, p. 521-529, 2005.

JAGADEESWARAN, R.; MURUGAPPAN, V.; GOVINDASWAMY, M. Effect of Slow Release NPK Fertilizer Sources on the Nutrient use Efficiency in Turmeric (*Curcuma longa* L.). **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 01, n. 01, p. 65-69, 2005.

NARANG, R.A.; BRUENE, A. & ALTMANN, T. Analysis of phosphate acquisition efficiency in different Arabidopsis accessions. **Plant Physiol.**, 124:1786-1799, 2000.

NUNES, F.N; CANTARUTTI, R.B; NOVAIS, R.F; SILVA, I.R; TÓTOLA, M.R & RIBEIRO, B.N. Atividade de Fosfatases em Gramíneas Forrageiras em Resposta à Disponibilidade de Fósforo no Solo e à Altura de Corte das Plantas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 32:1899-1909, 2008.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO Sul (38.:2010:Cruz Alta, RS). **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2010/2011 e 2011/2012**. Cruz Alta, RS:Fundacep Fecotrigo, 2010. 168p.

RHEINHEIMER, D. S. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos**. 2000. 210p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

ROSOLEM, C. A.; TAVARES, C. A. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 02, p. 385-389, 2006.

SCHLINDWEIN, J. A.; GIANELLO, C. Doses de Máxima Eficiência Econômica de fósforo e potássio para culturas cultivadas no sistema de Plantio Direto. **Revista Plantio Direto**, n. 85, p. 20-25, 2005.

SERRANO, L. A. P. *et al.* Sistema de blocos prensados e doses de adubo de liberação lenta na formação de porta-enxerto cítrico. **Ciência Rural**, v. 36, n. 02, p. 441-447, 2006.

SILVA JUNIOR, H. R.; LIMA, R. E.; PERIN, A. Adubação fosfatada com fertilizantes polimerizados na cultura da soja. *In: Jornada da Produção Científica da Educação Profissional e Tecnológica da Região Centro-Oeste*, 2., 2008, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá MT, 2008. 1 CD-ROM.

SOUZA, J. R. ; CASTRO, G.S.A ; RIBEIRO, B.N ; ROLIM, M.V ; KANEKO, G, I . Manejo de Nitrogênio Revestidos com Polímeros na Cultura do Algodão. **Acta Iguazu**, v. 2, p. 43-49, 2013.

VANCE, C.P; UHDE-STONE, C. & ALLAN, D.L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytol.**, 157:423- 447, 2003.

WATT, M. & EVANS, J.R. Phosphorus acquisition from soil by lupin (*Lupinus albus* L.) and soybean (*Glycine max* L.), species with contrasting root development. **Plant Soil**, 248:271-283, 2003.

WISSUWA, M. How do plants achieve tolerance to phosphorus deficiency: Small causes with big effects. **Plant Physiol.**, 133:1947-1958, 2003.

VALADÃO JÚNIOR, D. D. et al. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, v. 09, n. 03, p. 369-375, 2008.

Recebido para publicação em: 23/03/2014

Aceito para publicação em: 15/11/2014