

DOSES E FONTES DE FÓSFORO NA CULTURA DA SOJA

Flávio Hiroshi Kaneko^{1*}, Rubens Takeshi Rinzo², Bruno Levino de Oliveira³, Jalyson Araujo do Prado², Gabrielly Patricy Bezerra de Assis⁴, Lígia Maria Maraschi da Silva Piletti⁵, Ilca Puertas de Freitas e Silva⁶

¹ Docente do curso de Agronomia da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) *campus* Iturama, Iturama MG. *E-mail do autor correspondente: flavio.kaneko@uftm.edu.br

² Graduando em Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS) *campus* Nova Andradina, Nova Andradina MS

³ Engenheiro Agrônomo, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS) *campus* Nova Andradina, Nova Andradina MS

⁴ Graduando em Tecnologia em Produção de Grãos, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS) *campus* Nova Andradina, Nova Andradina MS

⁵ Docente de Ciências Agrárias, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS) *campus* Ponta Porã MS

⁶ Pós doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) *campus* Cassilândia, Cassilândia MS

Recebido: 27/03/2020; Aceito: 14/12/2020

RESUMO: A adequada adubação fosfatada na cultura da soja se faz importante para atingir elevadas produtividades. Desse modo, objetivou-se determinar o efeito de doses e fontes de fósforo (P) no desenvolvimento e na produtividade da cultura da soja. Na safra 2015/16, no município de Nova Andradina/MS, foram implantados dois experimentos utilizando o delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições, em Latossolo vermelho de textura média. No primeiro experimento testou-se quatro doses de P₂O₅ (0, 40, 80, e 120 kg ha⁻¹) utilizando como fonte o superfosfato simples. O segundo, avaliou-se cinco fontes de P na dose de 80 kg ha⁻¹ (Controle sem P; Superfosfato simples - 18% P₂O₅, 16% Ca e 8% S; Yoorin Master 1 Si[®] - termofosfato magnésiano - 97% de termofosfato magnésiano + óxido cúprico, óxido de zinco e óxido manganoso - 17,5% P₂O₅, 18% Ca, 7% Mg, 0,10% B, 0,05% Cu, 0,3%Mn, 10% Si, 0,55% Zn; YaraMila Soberano[®] - 06-27-06 + 9,1% Ca, 8,4% S, 0,03% B, 0,05% Mn + 0,1% Zn e YaraMila Absoluto[®] - 04-28-08 - 11,3%Ca, 7,9% S, 0,03% B, 0,05% Mn, 0,1% Zn). Foram avaliadas a altura de plantas, população de plantas, massa de 1.000 grãos, produtividade de grãos e eficiência agrônômica. O incremento nas doses de P aumentou linearmente a produtividade de grãos da cultura da soja, com acréscimos em 3,53 kg de grãos para cada unidade de P₂O₅ fornecida no sulco de semeadura, entretanto, com a dose de 63 kg ha⁻¹ de P₂O₅ atingiu-se o ponto máximo de eficiência agrônômica. Em relação às fontes, todas proporcionaram maior produtividade de grãos que o tratamento controle, porém sem haver diferenças entre si. Assim, a dose 63 kg ha⁻¹ resultou na maior eficiência agrônômica bem como todas as fontes de P foram adequadas para o manejo da cultura da soja.

Palavras-chave: *Glycine max*. Adubação fosfatada. Produtividade de grãos.

PHOSPHORUS DOSES AND SOURCES IN SOYBEAN CROP

ABSTRACT: Adequate phosphate fertilization in the soybean crop is important to achieve high productivity, so this study aims to determine the effect of rate and source of phosphorus on the development and yield of soybean crop. Two experiments were conducted in the 2015/16 harvest in Nova Andradina/MS in medium texture red Latosol: in the first, four rates of P₂O₅ (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) were tested using simple superphosphate as source. The second, evaluated five source of P at a rate of 80 kg ha⁻¹ (check without P; simple superphosphate - 18% P₂O₅, 16% Ca e 8% S; Yoorin Master 1 Si[®] - magnesian thermophosphate - 97% de magnesian thermophosphate + oxide cupric, zinc oxide and manganous oxide - 17,5% P₂O₅, 18% Ca, 7% Mg, 0,10% B, 0,05% Cu, 0,3%Mn, 10% Si, 0,55% Zn; YaraMila Soberano[®] - 06-27-06 + 9,1% Ca, 8,4% S, 0,03% B, 0,05% Mn + 0,1% Zn e YaraMila Absoluto[®] - 04-28-08 - 11,3%Ca, 7,9% S, 0,03% B, 0,05% Mn, 0,1% Zn). In both experiments, a randomized block design with five replications was adopted. Plant height, plant population, 1.000 grain mass, grain yield and agronomic efficiency were evaluated. Increasing P rates linearly increased soybean grain yield, with increases of 3,53 kg of grain for each P₂O₅ unit supplied in the sowing furrow, however it was the 63 kg ha⁻¹ of P₂O₅ that reached the highest point in agronomic efficiency. In relation to the source, all provided greater productivity than control treatment, but without differences between them. Thus, the 63 kg ha⁻¹ rate resulted in greater agronomic efficiency as well as all source of P were suitable for the management of soybean crop.

Key words: *Glycine max*. Phospahte fertilizer. Grain yield.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma leguminosa anual pertencente à família Fabaceae, cujo centro de origem ainda é discutido, porém botânicos acreditam que a domesticação inicial ocorreu na região central da China à 7.000 a.C (SOYBEAN, 2016). O seu grão é uma fonte rica em proteína, sendo utilizada em várias partes do mundo na dieta de pessoas e na fabricação de rações, contendo 17% de óleo e 50% de proteína e por não apresentar amido, é uma boa fonte de proteínas para diabéticos (SOYBEAN, 2016).

O fósforo (P) apresenta relevante importância no metabolismo das plantas, no transporte de energia na célula, na fotossíntese e na respiração, fazendo parte dos ácidos nucleicos, fosfolipídeos, fosfoproteínas e coenzimas (MELO; MENDONÇA, 2019). Por ser um nutriente necessário para alcançar grandes produtividades, a baixa disponibilidade nos primeiros estádios fenológicos da cultura pode prejudicar o desenvolvimento de forma irreversível, interferindo na produção agrícola (PINTO; DUARTE, 2019). Desse modo, o desenvolvimento de plantas pode ser limitado pela baixa disponibilidade de P no solo (HINSINGER, 2001).

O conhecimento da exigência nutricional e sua relação com os elementos químicos e físicos do solo apontam a forma correta de adubar, tendo em vista que a adubação fosfatada é influenciada pelas características do solo, forma de aplicação, dose e fonte (CARMO *et al.*, 2014). No solo, encontra-se o P em várias formas, destacando as lábeis e não lábeis, conforme a reação do solo (PAVINATO; MERLIN; ROSOLEM, 2009; PAVINATO; DAO; ROSOLEM,

2010), sendo um processo complexo e relacionado a fatores pertencentes às características e manejo do solo (BEZERRA *et al.*, 2015).

Os Latossolos, presentes nos solos tropicais, são intensamente intemperizados com proeminência de óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro, o que gera uma grande adsorção de fosfatos em decorrência da presença de cargas positivas na camada externa desses óxidos (NOVAIS; SMYTH; BARROS, 1998; CONTE; ANGHINONI; RHEINHEIMER, 2003). Esses minerais contêm grupamento superficiais de Fe-OH e Al-OH, sendo o local em que o fosfato pode ser adsorvido por meio de ligações covalentes, reduzindo a disponibilidade de P na solução do solo (MESQUITA FILHO; TORRENT, 1993).

Para fornecer P via adubação, há disponível no mercado fertilizantes fosfatados solúveis e insolúveis em água, sendo exemplos de solúveis o superfosfato simples (SS), superfosfato triplo (ST) e o monoamônio fosfato (MAP), e os insolúveis os fosfatos de rochas ditos reativos e termofosfatos. Dependendo das propriedades químicas do solo, os solúveis podem ter maior fixação do P, deixando-o disponível para a planta aproximadamente 5 a 20% (PEREIRA *et al.*, 2010).

A disponibilidade inicial do P insolúvel quando aplicado ao sulco de semeadura é baixa, em decorrência de ligações covalentes entre o P e a superfície dos coloides do solo (SOUSA *et al.*, 2016), porém o mesmo pode ser disponibilizado ao longo do ciclo da cultura (OLIVEIRA; DUARTE, 2019). As fontes de P pouco solúveis em água, diluem vagarosamente na solução do solo, dessa forma, a sua disponibilidade aumenta para a absorção das plantas ao decorrer do tempo (SOUZA *et al.*, 2020).

Devido a necessidade de pesquisas em relação ao manejo de adubação fosfatada na cultura da soja, tendo em vista o aumento da produtividade verificado nas últimas safras, o presente estudo torna-se relevante na obtenção de informações quanto à eficiência de doses e fontes de P na cultura da soja implantada em sistema de produção soja-milho “segunda-safra”. Dessa forma, objetivou-se determinar o efeito de doses e fontes de P no desenvolvimento e na produtividade da cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos na safra 2015/16 no município de Nova Andradina/MS (22° 32' S; 53° 36' O; 380 m de altitude). A classificação climática da região de acordo com Köppen é Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho textura média (SANTOS *et al.*, 2013) cultivado com o sistema soja- “milho segunda safra” nos últimos 15 anos.

Tabela 1. Análise de solo da área experimental 1. *Soil analysis of the experimental area.*

Prof. (m)	M.O g dm ⁻³	P (Melich 1) mg dm ⁻³	pH (H ₂ O)	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V %	m %
0,0-0,2	15	5,0	6,14	0,13	1,5	1,0	0,02	4,35	6,98	37,68	0,75
0,2-0,4	13	1,5	4,8	0,05	0,8	0,3	0,45	3,90	5,05	22,77	28,12

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

Os atributos químicos (0,0 – 0,20 m de profundidade) do solo foram determinados previamente a implantação dos experimentos (Tabela 1). A precipitação pluviométrica durante a condução do experimento consta na Figura 1.

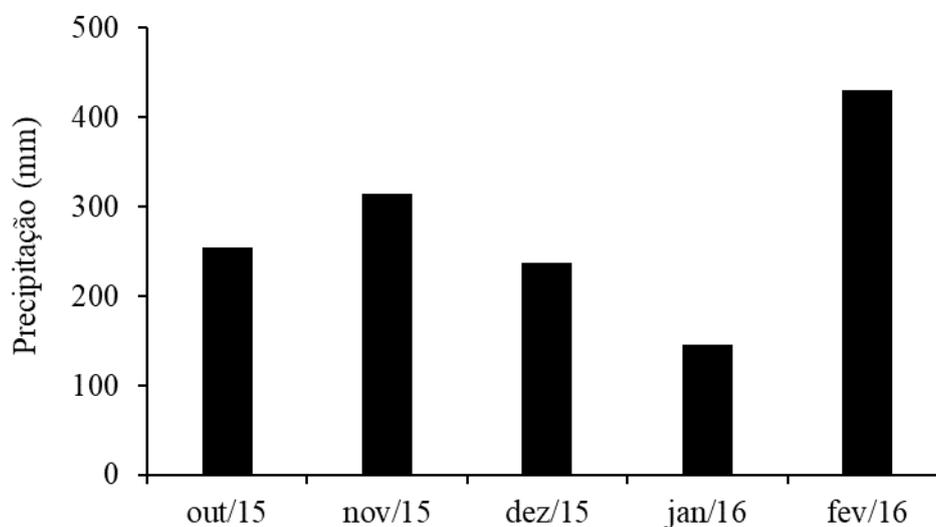


Figura 1. Precipitação pluviométrica registrada em Nova Andradina/MS, safra 2015/16. *Rainfall recorded in Nova Andradina/MS, 2015/16 harvest.*

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

Em 15/08/2015 foram realizadas aplicações de 3 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (95% PRNT) e 1,5 t ha⁻¹ de gesso, ambos à lanço sem incorporação. Procedeu-se a dessecação da área com 1.800 g ha⁻¹ de equivalente ácido (e.a) de glifosato + 240 g ha⁻¹ e.a de Cletodim + 240 g ha⁻¹ e.a de Paraquat.

Os experimentos foram implantados em 19/10/2015, sendo a área sulcada mecanicamente, e na sequência, as adubações foram realizadas manualmente no interior dos sulcos de semeadura. Após o fechamento manual dos sulcos, foi realizada a semeadura mecânica da cultura da soja, utilizando a cultivar BMX PONTA IPRO® (7166 RSF) visando população final de plantas de 220.000 plantas ha⁻¹.

Para o tratamento de sementes utilizou-se inoculante turfoso (*Bradyrhizobium japonicum*) com a dose recomendada pelo fabricante; 50 g ha⁻¹ e.a de Fipronil; 5 g ha⁻¹ e.a de Piraclostrobina; 45 g e.a de Tiofanato-metílico; 15 g ha⁻¹ de cobalto e 3 g ha⁻¹ de molibdênio. A adubação potássica em cobertura foi realizada à lanço na fase V₃ com 138 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (83 kg ha⁻¹ de K₂O). O manejo de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado na fase V₄ da cultura com a pulverização de 1.080 g e.a g ha⁻¹ de glifosato + 29,4 g ha⁻¹ e.a de cloransulam-methyl. Para o controle de insetos e doenças, foram realizadas 2 pulverizações (fases R₃ e R₅) com 200 g ha⁻¹ e.a de imidacloprid + 60 g ha⁻¹ e.a de Trifloxistrobina + 70 g ha⁻¹ e.a de Protioconazol.

Delineamento experimental e tratamentos

Experimento 1: Doses de fósforo na cultura da soja

Neste experimento foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco repetições. As unidades experimentais foram compostas por 5 linhas de soja com espaçamento entrelinhas de 0,60 m e 10 m de comprimento.

Os tratamentos utilizados neste experimento foram quatro doses de P_2O_5 (0, 40, 80 e 120 $kg\ ha^{-1}$), aplicadas no sulco de semeadura, utilizando o superfosfato simples (18% de P_2O_5) como fonte. Foi realizado o fornecimento de gesso agrícola para nivelar a quantidade de enxofre fornecida com o superfosfato simples.

Experimento 2: Fontes de P na cultura da soja

Neste experimento também foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco repetições. As unidades experimentais foram compostas por 5 linhas de soja com espaçamento entrelinhas de 0,60 m e 10 m de comprimento.

Os tratamentos utilizados neste experimento foram as fontes de P, sendo: tratamento controle; Superfosfato simples - 18% P_2O_5 , 16% Ca e 8% S; Yoorin Master 1 Si[®] - Termofosfato magnésiano - 97% de Termofosfato magnésiano + óxido cúprico, óxido de zinco e óxido manganoso - 17,5% P_2O_5 , 18% Ca, 7% Mg, 0,10% B, 0,05% Cu, 0,3%Mn, 10% Si, 0,55% Zn; YaraMila Soberano[®] - 06-27-06 + 9,1% Ca, 8,4% S, 0,03% B, 0,05% Mn + 0,1% Zn e YaraMila Absoluto[®] - 04-28-08 - 11,3%Ca, 7,9% S, 0,03% B, 0,05% Mn, 0,1% Zn. As fontes de P foram fornecidas no sulco de semeadura na dose de 80 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 .

Avaliações

As avaliações realizadas nos experimentos foram: altura de planta (m) – na ocasião da colheita, determinada com trena em cinco plantas aleatórias em cada parcela, compreendida entre a distância do nível do solo até o último nó do ápice da planta; população de plantas ($plantas\ ha^{-1}$) – na ocasião da colheita realizou-se a contagem das plantas em 2 linhas centrais de 5 m, sendo os dados extrapolados para $plantas\ ha^{-1}$; massa de 1.000 grãos - após a colheita, foram separados 1.000 grãos aleatórios, sendo determinado em balança analítica a massa dos grãos com umidade corrigida para 13% em base úmida; produtividade de grãos - foram colhidas manualmente (14/02/2016) 2 linhas centrais de 5 m de comprimento desprezando as bordaduras, e em seguida as plantas foram secas ao sol e submetidas à trilha mecânica, sendo determinada a massa dos grãos extrapolando-os para $kg\ ha^{-1}$ com umidade corrigida para 13% em base úmida; eficiência agronômica (EA) – de acordo com a metodologia proposta por Fageria (1998): $EA\ (kg\ kg^{-1}) = (produção\ no\ tratamento\ com\ P - produção\ no\ tratamento\ sem\ P) / quantidade\ de\ P_2O_5\ fornecida$.

Os dados foram submetidos a análise de variância e posteriormente ao Teste de Tukey ($p \leq 0.10$) Para o efeito de dose, foi realizada análise de regressão a 10% de probabilidade através do software SISVAR 5.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1: Doses de fósforo na cultura da soja

As doses de P_2O_5 não influenciou significativamente as variáveis altura de plantas e população final de plantas (Tabela 2). Contudo, de acordo com Brasmax (2019), a população está dentro da faixa considerada adequada para a cultivar.

Tabela 2. Altura de planta, População de plantas, massa de 1.000 grãos da soja cultivada em Nova Andradina/MS em função de doses de P, safra 2015/16. *Plant height, Plant population, mass of 1.000 grains of soybean grown in Nova Andradina/MS due to P doses, 2015/16 harvest.*

Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)	Altura de planta (m)	População de plantas (plantas ha ⁻¹)	Massa de 1.000 grãos ¹ (g)
0 ¹	0,54	243.750	137,0
40	0,54	231.770	139,2
80	0,58	237.500	142,3
120	0,55	229.375	141,2
Teste F (Análise de regressão)	1,33	1,81	3.26 (p≤0,10)
CV (%)	5,16	9,65	3,26

Nota: $^1y = 0,032x + 137,77$ ($R^2=0,66$). Note: $^1y = 0,032x + 137,77$ ($R^2=0,66$).

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

Em relação a massa de 1.000 grãos, as doses de P_2O_5 influenciaram significativamente ($p \leq 0,10$) esta variável (Tabela 2), com acréscimos na ordem de 0,032 g para cada 1 kg de P_2O_5 fornecido no sulco de semeadura. Acréscimos lineares a doses de P, também foram verificados por Werner *et al.* (2020). Importante destacar que os valores observados para massa de 1.000 grãos estão em média 15,7% menores que o padrão médio da cultivar de soja utilizada (BRASMAX, 2019), sendo que tal fato pode ser explicado pelo nível de acidez verificado no solo (Tabela 1). Além disso, embora tenha sido realizada a calagem e gessagem, provavelmente o tempo necessário para a completa neutralização da acidez e do alumínio não tenha sido atingido, haja visto que o período entre a aplicação dos corretivos e a implantação da cultura, inferior a 60 dias. Nessa condição, a fixação de P com Al, Fe Mn e Zn é mais elevada, tornando indisponível parte do P fornecido, sendo tal situação agravada pelo teor de P muito baixo (Tabela 1), conforme o boletim oficial para o estado do Mato Grosso do Sul (GITTI *et al.*, 2018).

As crescentes doses de P aumentou linearmente a produtividade de grãos da cultura da soja, com acréscimos de 3,53 kg de grãos para cada unidade de P_2O_5 fornecida no sulco de semeadura (Tabela 3). Guareschi *et al.* (2008), Valadão Júnior *et al.* (2008) e Alcântara Neto *et al.* (2010) também relataram incrementos na produtividade de soja em relação às doses crescentes de P_2O_5 .

Ressalta-se que a produtividade média observada com o fornecimento de 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 (2.823 kg ha⁻¹) foi 16,82 % menor que a média nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2019). Destaca-se que nas condições observadas, a alta

saturação por alumínio e baixos teores de Ca nas camadas mais profundas (Tabela 1) de solo, associadas à possível compactação do solo comumente encontrada no sistema de produção soja-“milho 2ª safra”, associada ao “veranico” observado em janeiro de 2016 (Figura 1), limitou a capacidade produtiva da cultura da soja.

Em pesquisa realizada por Leite *et al.* (2017) ao longo de três anos agrícolas na região do cerrado, em Latossolo vermelho-amarelo com textura franco arenosa, verificaram que a utilização de doses crescentes de P aumentou a produtividade de grãos. Gonçalves Júnior *et al.* (2010) constataram que a aplicação do dobro da dose recomendada de P (160 kg ha⁻¹) propiciou aumento de 20% na produtividade da soja. Batistella Filho *et al.* (2013) também verificaram que incrementos na adubação fosfatada resultaram em aumento na produtividade de grãos de soja em condições de solo com baixo teor de P. Tais resultados de pesquisa corroboram com os atingidos nesse estudo, o que reforça a necessidade da adubação fosfatada em solos com baixos teores do nutriente.

Tabela 3. Produtividade de grãos e eficiência agrônômica da cultura soja cultivada em Nova Andradina/MS em função de doses de P, safra 2015/16. *Grain productivity and agronomic efficiency of soybean cultivated in Nova Andradina/MS as a function of P doses, 2015/16 harvest.*

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Produtividade de grãos ¹ (kg ha ⁻¹)	Eficiência Agrônômica (kg kg ⁻¹) ²
0	2.316 ¹	0,00
40	2.746	10,74
80	2.638	4,03
120	2.823	4,22
Teste F (Análise de regressão)	8,68(p<0,05)	6,77 (p<0,05)
CV (%)	10,14	8,54

Nota: ¹ $y = 3,529 x + 2,419$ ($R^2 = 0,67$). ² $y = -0,0017 x^2 + 0,2149 x + 1.2075$ ($R^2 = 0,51$). Note: ¹ $y = 3,529 x + 2,419$ ($R^2 = 0,67$). ² $y = -0,0017 x^2 + 0,2149 x + 1.2075$ ($R^2 = 0,51$).

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

Embora o aumento na produtividade de grãos tenha sido linear de acordo com o acréscimo nas doses de P₂O₅, a eficiência agrônômica atingiu o ponto máximo com a dose de 63 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 3), produzindo 8 kg de grãos de soja, para cada unidade de P₂O₅ fornecida, indicando que embora não seja a dose que proporciona a maior produtividade, é a que se obtém melhor eficiência da adubação fosfatada.

Experimento 2: Fontes de P na cultura da soja

A fonte 04-28-08 proporcionou significativamente maior altura de plantas, sendo 9,3% maior que as verificadas no tratamento controle e termofosfato magnesiano. Já a população final de plantas não foi influenciada pela adubação fosfatada (Tabela 4), indicando não haver efeito negativo dos fertilizantes quanto ao estabelecimento da cultura em campo.

As fontes 04-28-08 e superfosfato simples proporcionaram em média acréscimos de 5% na massa de 1.000 grãos em relação ao tratamento controle (Tabela 4), todavia, mesmo com

essas fontes, a massa de 1.000 grãos foi em média 14,7% menor que a média para a cultivar utilizada de soja (BRASMAX, 2019).

O P está presente em funções vitais no metabolismo das plantas, como na respiração, fotossíntese, divisão e crescimento celular, transferência e armazenamento de energia, além de fazer parte da estrutura de coenzimas, proteínas, DNA e RNA, dessa forma, o P auxilia na aceleração da formação e crescimento radicular, resultando no aumento da qualidade de grãos (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Tabela 4. Altura de planta, população de plantas e massa de 1.000 grãos de soja cultivada em Nova Andradina/MS em função de fontes de P, safra 2015/16. *Plant height, plant population and mass of 1.000 soybean grains grown in Nova Andradina/MS according to P sources 2015/16 harvest.*

Fontes de P	Altura de plantas (m)	População de plantas (plantas ha ⁻¹)	Massa de 1.000 grãos (g)
Controle (sem P)	0,54 b	243.750	134,6 b
Super simples	0,58 ab	237.500	141,8 a
06-27-06	0,57 ab	233.333	138,3 ab
Termofosfato	0,54 b	241.406	139,8 ab
04-28-08	0,59 a	226.667	141,2 a
Teste F	3,93 (p≤0,05)	1,74	3,84 (p≤0,05)
DMS	0,05	31,927	6,50
CV (%)	6,62	9,94	5,33

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo Teste de Tukey. *Note: Averages followed by the same letter do not differ at 5% probability by the Tukey Test.*

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

Em relação à produtividade de grãos (Tabela 5), as fontes fosfatadas aplicadas no sulco de semeadura proporcionaram incremento médio de 533,5 kg ha⁻¹ de grãos quando comparado ao tratamento controle, contudo, sem haver diferenças entre as fontes de P utilizadas. A adubação fosfatada favorece o desenvolvimento da planta, tanto da parte aérea como do sistema radicular, dessa forma, a sua deficiência na planta causa redução no crescimento e florescimento, o que resulta em abortamento de flores e menor quantidade de vagens, e com isso, ocorre reduções na produtividade (MARIN, 2012).

Entretanto, a média observada nos tratamentos com adubação fosfatada, foi 18,5% menor que a produtividade média nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2019), podendo este fato ser atribuído aos altos teores de alumínio nas camadas mais profundas de solo associados ao estresse hídrico verificado no mês de janeiro de 2016 durante o enchimento de grãos da cultura (Figura 1).

Em pesquisa realizada por Hansel (2019), em Argissolo Bruno-Acinzantado alítico úmbrico e fontes fosfatadas de alta, média e baixa solubilidade, verificou que a produtividade média foi 11% maior utilizando as fontes de alta solubilidade em comparação com as de baixa solubilidade, dessa forma, para cada kg de P₂O₅ da fonte de alta solubilidade originou, em

média, uma produtividade de 32 kg de soja, em quanto que, com a fonte de baixa solubilidade, para cada kg de P_2O_5 obteve uma produtividade de 29 kg de soja.

A eficiência agronômica foi significativamente maior para os tratamentos com adubação fosfatada (Tabela 5), no entanto, não houve diferenças significativas entre as fontes de P utilizadas. Sendo assim, considerando a dose utilizada de P_2O_5 (80 kg ha^{-1}), a eficiência agronômica oscilou entre 5,33 a 7,50 kg de grãos de soja produzidos para cada unidade de P_2O_5 fornecida via adubação no sulco de semeadura.

Tabela 5. Produtividade de grãos e eficiência agronômica da soja cultivada em Nova Andradina/MS em função de fontes de P, safra 2015/16. *Grain productivity and agronomic efficiency of soybean grown in Nova Andradina/MS due to P sources, 2015/16 harvest.*

Fontes de P	Produtividade de grãos (kg ha^{-1})	Eficiência Agronômica (kg kg^{-1})
Controle (sem P)	2.232 b	0,00 b
Super simples	2.767 a	6,69 a
06-27-06	2.659 a	5,33 a
Termofosfato	2.804 a	7,15 a
04-28-08	2.832 a	7,50 a
Teste F	7,92 ($p \leq 0,05$)	8,63 ($p \leq 0,05$)
DMS	344,93	4,62
CV (%)	12,39	36,78

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo Teste de Tukey. *Note: Averages followed by the same letter do not differ at 5% probability by the Tukey Test.*

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

Nas recomendações técnicas para utilização de fosfatos reativos na permuta com fontes solúveis, ainda existem dúvidas em relação ao manejo mais adequado (ONO *et al.*, 2009), contudo, há consenso na utilização de fosfatos solúveis com melhor resultado no ano de aplicação, entretanto, tais diferenças tendem a reduzir ao decorrer do tempo (HOROWITZ; MEURER, 2003), principalmente em solos cultivados em sistemas plantio direto, no qual o P orgânico oriundo da mineralização da palhada é capaz de fornecer parte das exigências nutricionais da cultura da soja, justificando a semelhança da produtividade entre as fontes utilizadas no presente trabalho. Capelari e Zancani (2018), verificaram efeito semelhante do uso de termofostato e fontes solúveis de P em solos de baixa fertilidade e de textura média, corroborando com os dados obtidos nessa pesquisa.

CONCLUSÃO

As doses de P_2O_5 influenciaram positivamente a produtividade da cultura da soja, sendo que a máxima eficiência agronômica foi verificada com o fornecimento de 63 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Todas as fontes de P proporcionaram produtividade e eficiência agronômica semelhantes entre si e maior que o tratamento controle, podendo ser recomendadas para a adubação fosfatada da cultura da soja.

AGRADECIMENTOS

À Cerealista Azuma (Srs. Takehiko Azuma – *in memorian* e Diego Azuma) pela concessão da área experimental e insumos utilizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA NETO, F.; AMARAL GRAVINA, G.; SOUZA, N. O. S.; BEZERRA, A. A. C. Adubação fosfata na cultura da soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p.266-271, 2010.

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. Resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada. **Revista Ciência Agronômica**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p.129-134, 2005.

BATISTELLA FILHO, F.; FERREIRA, M. E.; VIEIRA, R. D.; DA CRUZ, M. C. P.; CENTURION, M. A. P.; SYLVESTRE, T. B.; RUIZ, J. G. C. L. Adubação com fósforo 50 e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 7, p.783-790, 2013.

BEZERRA, R. P. M.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Frações de fósforo e correlação com atributos edáficos sob sistemas de plantio direto e integração lavoura-pecuária no Cerrado Goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p.1287-1287, 2015.

BRASMAX GENÉTICA – BRASMAX. **Conheça nossos cultivares**. [s. L.: S. N.], 2019. Disponível em: <http://www.brasmaxgenetica.com.br/cultivar-regiao-sul/?produto=1123>. Acesso em: 21 nov. 2019.

CAPELARI, B. P. J.; ZANCANI, H. C. **Termofosfato em pó e granulado e superfosfato simples com e sem calagem na cultura da soja**. 2018. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agronômica) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Paragominas, 2019. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/436/1/TCC%20BRUNA%20E%20HELOIS%20-%20FINAL.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2019.

CARMO, D. A. B.; MONTAGNA, J.; NOVELINO, J. O.; SERAFIM, M. E.; DALLASTA, D. C.; GARBIATE, M. V. Comportamento do fósforo nos solos tropicais. *In*: FERNANDES, C. **Tópicos em física do solo**. 3. ed. Jaboticabal: Funep, 2014. cap. 5, p. 57-88.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos 2019**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 21 nov. 2019.

CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D. S. Frações de fósforo acumuladas em Latossolo argiloso pela aplicação de fosfato no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p.893-900, 2003.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. III - Elementos requeridos à nutrição de plantas. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R.

B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 3, p. 91-132.

GITTI, D. C.; ROSCOE, R.; RIZZATO, L. A. **Manejo e fertilidade do solo: tecnologia e produção: soja 2017/18**. [S. l.: s. n.], 2018. cap. 1, p. 16-52, (Boletim técnico).

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; NACKE, H.; MARENGONI, N. G.; CARVALHO, E. A.; COELHO, G. F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotécologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p.660-666, 2010.

GUARESCHI, R. F.; GAZOLLA, P. R.; SOUCHIE, E. L.; ROCHA, A. C. Adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lanço antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p.769-774, 2008.

HANSEL, F. D. Fertilizantes fosfatados solúveis e modo de aplicação na cultura da soja. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 12, n. 1, p.23-32, 2019.

HINSINGER, P. Biology availability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by rootinduced chemical changes: A review. **Plant and Soil**, The Hague, v. 237, n. 1, p.173-195, 2001.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência agronômica de fosfatos naturais. *In*: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, Piracicaba, SP. **Anais [...]** Piracicaba: POTAFOS/ANDA, 2003. 1 CD-ROM.

PINTO, J. S.; DUARTE, I. N. **Diferentes doses de fósforo com e sem ácidos húmicos na cultura do feijão. Monte Carmelo: Unifucamp**, 2019. Disponível em: <http://repositorio.fucamp.com.br/jspui/handle/FUCAMP/450>. Acesso em: 21 nov. 2019.

LEITE, R. C.; CARNEIRO, J. S. S.; FREITAS, G. A.; CASALI, M. E.; SILVA, R. R. Adubação fosfatada na soja durante três safras consecutivas na nova fronteira agrícola brasileira. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 4, p.28-35, 2017.

MARIN, F. S. R. **Fosforo na qualidade de sementes de soja e consequente desempenho na produção de grãos**. 2012. 47f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes). - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MELO, F. M.; MENDONÇA, L. P. C. Avaliação da disponibilidade de fósforo em solo argiloso com diferentes teores de matéria orgânica. **Humanidades & Tecnologia**, Paracatu, v. 18, n. 1, p.52-67, 2019.

MESQUITA FILHO, M. V.; TORRENT, J. Phosphate sorption as related to mineralogy of a hydrosequence of soils from the Cerrado region (Brazil). **Geoderma**, Amsterdam, v. 58, n. 1, p.107-123, 1993.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; BARROS, N. F. A natureza não tem palito de fósforo: queima rápida ou mineralização lenta (nem sempre tão lenta) de resíduos florestais. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p.24-26, 1998.

OLIVEIRA, L. V.; DUARTE, I. N. **Cultivo do milho em vasos com diferentes fontes de fósforo. Monte Carmelo, Unifucamp, 2019.** Disponível em: <http://repositorio.fucamp.com.br/jspui/handle/FUCAMP/453>. Acesso em: 21 nov. 2019.

ONO, F. B.; MONTAGNA, J.; NOVELINO, J. O.; SERAFIM, M. E.; DALLASTA, D. C.; GARBIATE, M. V. Eficiência agronômica de superfosfato triplo e fosfato natural de ARAD em cultivos sucessivos de soja e milho. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p.727-734, 2009.

PAVINATO, P. S.; DAO, T.; ROSOLEM, C. A. Tillage and phosphorus management effects on enzyme-labile bioactive phosphorus availability in Cerrado Oxisols. **Geoderma**, Amsterdam, v. 156, n. 3-4, p.207-215, 2010.

PAVINATO, P. S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C. A. Phosphorus fractions in Brazilian Cerrado soils as affected by tillage. **Soil and Tillage Reserach**, Amsterdam, v. 105, n. 1, p.149-155, 2009.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p.508-514, 2010.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SOUSA, D. M. G; NUNES, R. S.; REIN, T. A; JÚNIOR, J. D. G. **Manejo da adubação fosfatada para culturas anuais no Cerrado**. Planaltina: Embrapa 2016. 10 p. (Circular Técnica 33).

SOUZA, D. J. A.; LIMA, S. O.; SILVA, C. P.; FREITAS, G. A. Efeito de diferentes fontes e solubilidade de fósforo no desenvolvimento e nutrição do capim Mombaça. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 16, n. 3, p.72-83, 2020.

SOYBEAN. **Britannica academic**. [S. l: s. n.], 2016. Disponível em: from <https://academic-eb-britannica.ez180.periodicos.capes.gov.br/levels/collegiate/article/soybean/68954>. Acesso em: 19 nov. 2019.

VALADÃO JÚNIOR, D. D.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSOS, L. R.; SCHLINDWEIN, J. A.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p.369-375, 2008.

VENTIMIGLIA, L. A.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; PIRES, J. L. F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p.195-199, 1999.

WERNER, C. J.; PETER, M.; BALEM, E. M.; BELLÉ, C.; CEOLIN, E. L.; ZANATTA, T. P.; AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T. Adubação fosfatada em soja: produtividade e qualidade fisiológica das sementes. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 6, p.36157-36177, 2020.