

Resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada em solo arenoso do Cerrado

Pedro Henrique Dias Ribeiro¹, Roberta dos Santos Carvalho¹, Ruth Teles Barbosa², Jiovana Kamila Vilas Boas², Gilciany Ribeiro Soares², Fábio Steiner^{1,2*}

¹Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia (MS).

²Programa de Pós-Graduação em Agronomia – PGAGRO, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Aquidauana (MS).

* E-mail: steiner@uems.br

Resumo: Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a resposta e eficiência do uso de fósforo (P) de 15 cultivares de soja em um solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense. Os tratamentos foram dispostos no delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2×15 : dois níveis de adubação fosfatada [20 mg kg⁻¹ de P (nível baixo) e 200 mg kg⁻¹ de P (nível alto)] e 15 cultivares de soja, com quatro repetições. Na colheita da soja, foram determinados a altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, diâmetro do caule, número de vagens, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produção de grãos. Com base nos dados de produção de grãos foram calculados a eficiência de uso de P (EU) e a eficiência de resposta (ER) à adubação fosfatada. As cultivares TMG 2383 IPRO, HO Cristalino IPRO, BMX Bônus IPRO, RK 8115 IPRO e NS 8399 IPRO foram classificadas como eficientes e responsivas à adubação fosfatada, e devem ser recomendadas para solos com baixa disponibilidade de P ou em áreas adubadas com altas doses de fertilizante fosfatado. As cultivares TMG 7063 IPRO, 98R35 IPRO, HO Maracaí IPRO, BMX Foco IPRO e RK 7518 IPRO foram classificadas como não eficientes e responsivas a adubação fosfatada, e são as cultivares mais indicadas para serem cultivadas em áreas agrícolas adubadas com altas doses de fertilizante fosfatado. As cultivares TMG 2378 IPRO, 97R50 IPRO e HO Paranaíba IPRO foram classificadas como eficientes e não responsivas à adubação fosfatada, e são as cultivares mais indicadas para serem cultivadas em solos com baixa disponibilidade de P.

Palavras-chaves: Eficiência de uso de nutriente; Fósforo; *Glycine max*.

Response of soybean cultivars to phosphate fertilization in sandy soil of the Brazilian Cerrado

Abstract: This study was conducted with the objective of evaluating the response and efficiency of phosphorus (P) use of 15 soybean cultivars in a sandy soil in the Cerrado Sul-Mato-Grossense. The treatments were arranged in a randomized block design in a 2×15 factorial scheme: two levels of phosphate fertilizer [20 mg kg⁻¹ P (low level) and 200 mg kg⁻¹ P (high level)] and 15 cultivars of soybean, with four replications. In the soybean harvest, plant height, first pod insertion height, stem diameter, number of pods, number of grains per pod, mass of one thousand grains and grain production were determined. Based on grain production data, P use efficiency (UE) and response efficiency (RE) to phosphate fertilization were calculated. The cultivars TMG 2383 IPRO, HO Cristalino IPRO, BMX Bônus IPRO, RK 8115 IPRO and NS 8399 IPRO were classified as efficient and responsive to phosphate fertilization and should be recommended for soils with low P availability or in areas fertilized with high doses of phosphate fertilizer. The cultivars TMG 7063 IPRO, 98R35 IPRO, HO Maracaí IPRO, BMX Foco IPRO and RK 7518 IPRO were classified as non-efficient and responsive to phosphate fertilization and are the most suitable cultivars for cultivation in agricultural areas fertilized with high phosphate fertilizer doses. The cultivars TMG 2378 IPRO, 97R50 IPRO and HO Paranaíba IPRO were classified as efficient and non-responsive to phosphate fertilization and are the most suitable cultivars for cultivation in soils with low P availability.

Keywords: Nutrient use efficiency; Phosphorus; *Glycine max* (L.) Merrill.

Introdução

A região do Cerrado ocupa uma área de 204 milhões de hectares do Brasil Central, o que representa cerca de 23% do território nacional e 44% da área total agrícola do país. Atualmente, a produção agrícola na região do Cerrado representa cerca de 60% da produção nacional de (VILELA *et al.*, 2020). Na safra 2022/2023, a cultura da soja ocupou uma área de plantio de 44,3 milhões de hectares, com produção total de grãos estimada de 155,6 milhões de toneladas, o que representa produtividade média de pluma de 3.508 kg ha⁻¹ (CONAB, 2023).

A produção de soja na região do Cerrado certamente continuará a ser importante impulsionador do crescimento econômico agrícola do Brasil nos próximos anos. No entanto, os solos do Cerrado caracterizam-se por serem ácidos e deficientes em elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, tais como o fósforo (P) (FAGERIA; NASCENTE, 2014), o que tem dificultado a elevação dos níveis de produtividade de soja nessa região.

Os Neossolos Quartzarênicos (RQ) são um dos mais importantes tipos de solo que ocorrem na região do Cerrado, os quais abrangem cerca de 20% das áreas do Bioma Cerrado, sendo superado apenas pelos Latossolos, que ocupam 52% da área do Cerrado (SANTOS *et al.*, 2018). Os RQ são derivados de sedimentos arenosos de baixa fertilidade natural, caracterizam-se por serem solos profundos, porosos e com elevado grau de intemperismo e baixa capacidade de retenção de água (SOUSA; LOBATO, 2004; FAGERIA; NASCENTE, 2014). Além da baixa fertilidade natural, estes solos possuem o predomínio de argilas de baixa atividade, como caulinita e (óxi)hidróxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), o que favorece a taxa de adsorção do P aos constituintes do solo (SCHONINGER *et al.*, 2013).

Segundo Valladres *et al.* (2003), em solos ácidos, os óxidos de Fe e Al possuem, preferencialmente, cargas positivas, sendo, portanto, capazes de reter íons fosfatos (H₂PO₄⁻) as partículas de solo. Neste contexto, devido à forte interação do P com às partículas do solo, altas doses de fertilizantes fosfatados têm sido aplicadas para o cultivo da soja nos solos tropicais do Cerrado, o que vem onerando os custos de produção, e causando prejuízos aos agricultores (ALCÂNTARA *et al.*, 2010; DAMACENO *et al.*, 2019). Desta forma, para reduzir a demanda e os gastos com esse macronutriente são necessários estudos quanto a sua absorção e utilização pela planta (SANTOS *et al.*, 2008; ARDON *et al.*, 2022).

A deficiência de P causada pela alta reatividade e alta taxa de retenção do íon fosfato aos constituintes do solo, especialmente aos óxidos de Fe e Al, tem sido apontada como um dos

principais fatores que limitam o desenvolvimento das plantas e a produtividade da soja nos solos tropicais (SCHONINGER *et al.*, 2013; ARDON *et al.*, 2022).

Em condições de deficiência de P, as plantas de soja possuem menor porte e menor altura de inserção das primeiras vagens, além de resultar na menor taxa de florescimento e no aumento da taxa de abortamento das flores (MALAVOLTA *et al.*, 1997; ROSOLEM; TAVARES, 2006). A resposta a adubação fosfatada em solos de baixa fertilidade tem sido praticamente linear a quantidade de P aplicado (BARBOSA *et al.*, 2015). No entanto, os distintos cultivares de soja recomendados para o mesmo ambiente de produção e tipo de solo possuem respostas distintas à disponibilidade de P do solo.

Dentre as estratégias para melhorar a absorção e a utilização dos fertilizantes fosfatados, a utilização de cultivares de soja com alta eficiência em extrair e utilizar o P do solo tem sido excelente opção para reduzir a demanda e os gastos com fertilizantes minerais. De acordo com Heinemann *et al.* (2011), a eficiência de uso de P está relacionada à capacidade do sistema radicular dos cultivares de soja em extrair elevadas quantidades de P do solo e translocar este nutriente para a parte aérea da planta. Alguns cultivares de soja também possuem a capacidade de solubilizar P do solo, principalmente o P não-lábil, mediante a exsudação de ácidos orgânicos pelas suas raízes, que atuam na dissolução do P retido aos colóides do solo, disponibilizando-os na solução para as plantas (CHIEN; MENON, 1995).

Estudos que visam avaliar e identificar cultivares de soja com maior resposta e maior eficiência na utilização da adubação fosfatada são importantes para potencializar a produtividade de grãos de soja nos solos tropicais da região do Cerrado. Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a resposta e a eficiência do uso de P em 15 cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] em um solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada em condições de casa de vegetação na Estação Experimental de Produção Vegetal da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, em Cassilândia, MS (19°05'29" S; 51°48'50" W e altitude média de 540 m), durante os meses de novembro de 2020 e março de 2021. Durante a condução do experimento, as condições ambientais no interior da casa de vegetação foram: temperaturas mínima e máxima do ar de 20,8 e 38,2 °C, respectivamente, e umidade relativa média de 72% ($\pm 8\%$).

Foram utilizados vasos plásticos com 8 L de capacidade, preenchidos com 10 kg de solo arenoso peneirado em malha de 5 mm, proveniente da camada superficial de 0,0–0,20 m de

profundidade de um NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico latossólico (NQo). O solo foi coletado em uma área de pastagem nativa sem histórico de cultivo agrícola. Solos de áreas sem histórico de uso agrícola é considerado ideal para investigar a resposta e a eficiência da adubação fosfatada. As análises químicas mostraram as seguintes características físico-químicas: pH (CaCl₂) de 4,6, 14 g dm⁻³ de matéria orgânica, 7,8 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1), 0,10 cmol_c dm⁻³ de K, 1,50 cmol_c dm⁻³ de Ca, 0,50 cmol_c dm⁻³ de Mg, 3,60 cmol_c dm⁻³ de H+Al, 0,25 cmol_c dm⁻³ de Al, 5,70 cmol_c dm⁻³ de CTC, saturação de bases de 37%, 120 g kg⁻¹ de argila, 40 g kg⁻¹ de silte e 840 g kg⁻¹ de areia.

A correção da acidez do solo foi realizada com a aplicação de 1,10 g de calcário por dm³ de solo (CaO: 38%; MgO: 11% e PRNT: 85%), visando elevar a saturação por base do solo a 70% (SOUSA; LOBATO, 2004). Após a aplicação do calcário, o solo foi homogeneizado, umedecido até próximo da capacidade de campo, e incubado por 40 dias. Decorrido esse período, o solo foi fertilizado com 30 mg kg⁻¹ de N (ureia), 100 mg kg⁻¹ de K (cloreto de potássio), 15 mg kg⁻¹ de S (gesso agrícola), 3 mg kg⁻¹ de Cu (sulfato de cobre), 3 mg kg⁻¹ de Zn (sulfato de zinco), 1 mg kg⁻¹ de Mo (molibdato de amônio) e 2 mg kg⁻¹ de B (ácido bórico), seguindo as recomendações de Novais *et al.* (1991) para ensaios em vasos sob condições de casa de vegetação. Após a adubação, o solo foi acondicionado nos vasos plásticos de 8 L, os quais foram mantidos em condições de casa de vegetação e, então, submetidos ao cultivo de soja.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial 2 × 15, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de dois níveis de adubação fosfatada [20 mg kg⁻¹ de P (nível baixo) ou 200 mg kg⁻¹ de P (nível alto)], na forma de superfosfato triplo (SFT) e pelo cultivo de 15 cultivares comerciais de soja (Tabela 1). Cada unidade experimental foi constituída por um vaso contendo duas plantas, perfazendo um total de 120 vasos.

As sementes das 15 cultivares comerciais de soja utilizadas neste estudo foram adquiridas diretamente das empresas detentoras do seu registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As principais características agronômicas das cultivares de soja são mostradas na Tabela 1.

As sementes de soja foram previamente tratadas com piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil (Standak Top[®]) na dose de 2,0 mL p.c. kg⁻¹ de semente. Na sequência, após 1h, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando-se o inoculante comercial líquido Simbiose Nod Soja[®] (Simbiose: Agrotecnologia Biológica) contendo as

estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 (concentração mínima de $7,2 \times 10^9$ unidades formadoras de colônias por mL), na dose de $4,0 \text{ mL p.c. kg}^{-1}$ de semente.

Tabela 1. Características agrônômicas das 15 cultivares de soja utilizadas no estudo

Nº	Cultivar	Empresa	Características Agrônômicas		
			Ciclo médio ¹	GMR	Tipo crescimento
1	TMG 2383 IPRO	Tropical Melhoramento & Genética	120	8,3	Semideterminado
2	TMG 2378 IPRO	Tropical Melhoramento & Genética	125	7,8	Semideterminado
3	TMG 7067 IPRO	Tropical Melhoramento & Genética	112	7,2	Semideterminado
4	TMG 7063 IPRO	Tropical Melhoramento & Genética	110	7,0	Indeterminado
5	97R50 IPRO	DuPont Pionner®	115	7,5	Indeterminado
6	98R35 IPRO	DuPont Pionner®	130	8,3	Indeterminado
7	HO Cristalino IPRO	HO Genética	125	8,3	Indeterminado
8	HO Maracaí IPRO	HO Genética	120	7,7	Indeterminado
9	HO Paranaíba IPRO	HO Genética	115	7,4	Indeterminado
10	BMX Foco IPRO	BRASMAX® Genética	110	7,2	Indeterminado
11	BMX Bônus IPRO	BRASMAX® Genética	120	7,9	Indeterminado
12	RK 8115 IPRO	Riber KWS® Sementes	120	8,1	Indeterminado
13	RK 7518 IPRO	Riber KWS® Sementes	112	7,5	Indeterminado
14	NS 8399 IPRO	Nidera® Sementes	120	8,3	Indeterminado
15	NS 7505 IPRO	Nidera® Sementes	118	7,5	Indeterminado

¹ Ciclo médio, em dias, da emergência ao ponto de colheita. GMR: Grupo de maturidade relativa.

Na implantação do experimento, foram semeadas seis sementes de soja por vaso. Após 10 dias, realizou-se o desbaste, deixando-se apenas duas plantas por vaso. O teor de água do solo ($\pm 195 \text{ g kg}^{-1}$) foi monitorado diariamente e mantido próximo da capacidade de campo com reposições diárias até o final do cultivo. O manejo fitossanitário das plantas nos vasos seguiu todos os procedimentos e recomendações adotadas nas lavouras comerciais de soja, incluindo o monitoramento e o controle de pragas e doenças, e a aplicação de inseticidas e fungicidas (EMBRAPA, 2011).

Quando as plantas se encontravam na maturidade fisiológica com 95% das vagens maduras (estádio R8), foi realizada a colheita da soja. Foram determinados os seguintes componentes de produção: altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), diâmetro do caule (DC), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos e produção de grãos (PG). A altura de planta foi determinada a partir do nível do solo até o meristema apical das plantas. O diâmetro do caule foi mensurado à 5 cm da superfície do solo utilizando-se um paquímetro digital. Para a determinação da

produção de grãos e massa de 1000 grãos, o teor de água dos grãos foi determinado pelo método padrão de estufa à 105 °C (± 3 °C) durante 24 horas e, então, os valores foram corrigidos para 13% de teor de água (base úmida).

A eficiência de uso de fósforo (EU) de cada cultivar em cada nível de adubação fosfatada (baixa ou alta disponibilidade de P) foi calculada segundo metodologia de Moll *et al.* (1982), conforme a Equação 1:

$$EU_{ij} = PG_{ij}/P_{sj} \quad [\text{Eq. 1}]$$

em que, EU_{ij} é a eficiência do uso de fósforo da i -ésima cultivar, com i variando de 1 a 15, no j -ésimo nível de adubação, com j variando de 1 a 2, sendo os dois níveis de adubação fosfatada (baixa e alta disponibilidade de P); PG_{ij} é a produção de grãos da i -ésima cultivar no j -ésimo nível de adubação; e, P_{sj} é a dose de P referente ao j -ésimo nível de adubação.

A eficiência de resposta (ER) das cultivares de soja à disponibilidade de P no solo foi calculada conforme a metodologia de Craswell e Godwin (1984), apresentada na Equação 2:

$$ER_i = (DPG_i / DDP_s) \quad [\text{Eq. 2}]$$

em que, ER_i é a eficiência de resposta da i -ésima cultivar à disponibilidade do fósforo, com i variando de 1 a 15; DPG_i é a diferença da produção de grãos nos dois níveis de adubação fosfatada (baixa e alta disponibilidade de P) para i -ésima cultivar; e, DDP_s é a diferença entre as doses de P aplicadas nos dois níveis de adubação fosfatada.

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F em nível de 5% de probabilidade e, quando significativas, as médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p \leq 0,01$) com o objetivo de discriminar as cultivares entre e dentro dos níveis de adubação fosfatada. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Sisvar[®] versão 5.6 para Windows (FERREIRA, 2011). Os gráficos foram elaborados por meio do pacote estatístico do Microsoft Office Excel[®] 2016 (Microsoft Office 365TM).

O método proposto por Fageria e Kluthcouski (1980) também foi utilizado com a finalidade de discriminar as cultivares de soja quanto à eficiência na utilização de P e à resposta à aplicação da adubação fosfatada, para tanto, uma representação gráfica no plano cartesiano

foi utilizada. O eixo das abscissas equivale à eficiência na utilização do P, ou seja, refere-se à média de produção de grãos (PG) em ambiente de baixa disponibilidade de P. Por sua vez, o eixo das ordenadas equivale à resposta quanto à disponibilidade de P (ER_i), ou seja, a diferença entre a produção de grãos nos dois níveis de adubação fosfatada dividida pela diferença entre as doses de P aplicadas.

O método preconiza que uma reta originada do valor médio de cada eixo cartesiano seja traçada, fazendo com que o plano cartesiano seja dividido em quadrantes (Figura 1). O primeiro quadrante, representa as cultivares eficientes e responsivas (ER), ou seja, aquelas que possuem valores acima da média para os dois eixos cartesianos. O segundo quadrante, representa as cultivares não-eficientes e responsivas (NER), ou seja, aquelas que possuem valores abaixo da média para o eixo das abscissas e acima para o eixo das ordenadas. O terceiro quadrante, representa as cultivares não-eficientes e não-responsivas (NENR), ou seja, aquelas que possuem valores abaixo das médias dos dois eixos cartesianos. Por fim, o quarto quadrante, representa as cultivares de soja eficientes e não-responsivas (ENR), ou seja, aquelas que possuíram valores acima da média para o eixo das abscissas e abaixo para o eixo das ordenadas.

Figura 1. Representação gráfica do plano cartesiano para a classificação das cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) quanto à eficiência do uso de P e à resposta à adubação fosfatada.

Resposta à adubação fosfatada	<p>II</p> <p>Não-eficiente e Responsiva (NER)</p>	<p>I</p> <p>Eficiente e Responsiva (ER)</p>
	<p>III</p> <p>Não-eficiente e Não-responsiva (NENR)</p>	<p>IV</p> <p>Eficiente e Não-responsiva (ENR)</p>
	Eficiência do uso de P	

Fonte: Adaptado de Fageria e Kluthcouski (1980).

Resultados e Discussão

A análise de variância reportou efeitos significativos ($p \leq 0,05$) da interação entre os fatores cultivares e níveis de adubação fosfatada para a maioria dos componentes de produção da soja, exceto para altura de inserção da primeira vagem (Tabela 2). Este efeito significativo

da interação entre cultivar e nível de adubação fosfatada indica as cultivares de soja possuem respostas distintas quando são cultivadas em condições de baixa e alta disponibilidade de P no solo.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os efeitos dos cultivares e dos níveis de adubação fosfatada nos componentes de produção e produção de grãos da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill.)

Causas de variação	Probabilidade > F					
	AP	AIPV	NVP	NGP	M1000	PG
Bloco	0,029	0,678	<0,000	0,265	0,827	<0,000
Cultivar (C)	<0,000	0,298	<0,000	0,006	<0,000	<0,000
Nível fósforo (P)	<0,000	<0,000	<0,000	0,027	<0,000	<0,000
Interação (C × P)	0,001	0,394	<0,000	0,002	0,001	<0,000
CV (%)	5,18	12,6	8,61	7,47	9,92	6,97

AP: altura final de planta. AIPV: altura de inserção da primeira vagem. NVP: número de vagens por planta. NGV: número de grãos por vagem. M1000: massa de mil grãos. PG: produção de grãos.

A aplicação do nível alto de adubação fosfatada resultou nos maiores valores dos componentes de produção para a maioria dos cultivares de soja (Tabela 3). Estes resultados demonstram a importância do adequado fornecimento de fertilizante fosfatado para o cultivo de soja nos solos arenosos do Cerrado. O P desempenha papel importante no crescimento e no metabolismo fisiológico das plantas, especialmente na formação de ATP (Adenosina Trifosfato), uma molécula que constitui a principal fonte de energia para a realização dos processos metabólicos, tais como a fotossíntese, divisão celular, transporte de assimilados e carga genética (TAIZ *et al.*, 2017). O maior crescimento das plantas e a maior número de vagens por planta com a aplicação de altas doses de fertilizante fosfatado está associado à baixa concentração de P nos solos tropicais da região do Cerrado.

A baixa disponibilidade de P nos solos tropicais está associado à sua alta reatividade e à alta taxa de adsorção nos coloides dos solos. Por isso são necessárias à aplicação de elevadas doses de fertilizantes fosfatados, para que as culturas obtenham alta produtividade. Os solos tropicais, de maneira geral, apresentam alta capacidade de fixação de P, em virtude da abundância de óxidos e hidróxidos de Fe e Al (SOUSA; LOBATO, 2004), que formam fosfatos estáveis. Segundo Novais e Smyth (1999), cerca de 90% do P aplicado ao solo é rapidamente adsorvido por estes óxidos e hidróxidos de Fe e Al existentes no solo.

Tabela 3. Efeito dos níveis de adubação fosfatada na altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV) e número de vagens por planta (NVP) das cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] em um solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense.

Cultivar	Nível de adubação fosfatada					
	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Alta
	AP (cm)		AIPV (cm)		NVP	
TMG 2383 IPRO	62,7 c	71,9 b*	13,2 b	11,9 b*	27,7 b	39,3 c*
TMG 2378 IPRO	65,3 c	77,7 a*	10,7 b	14,3 b*	29,7 b	42,3 b*
TMG 7067 IPRO	76,2 b	81,8 a*	13,3 b	12,7 b*	26,0 c	33,0 c*
TMG 7063 IPRO	65,5 c	67,8 c	13,5 b	14,3 b	29,3 b	44,3 b*
97R50 IPRO	70,0 b	75,0 b*	14,5 b	15,3 a	29,7 b	42,0 b*
98R35 IPRO	77,7 a	79,9 a	12,8 b	12,7 b	35,3 a	45,7 a*
HO Cristalino IPRO	68,3 c	73,0 b*	15,2 b	19,0 a*	32,3 a	37,3 c
HO Maracaí IPRO	71,1 b	78,4 a*	18,3 a	20,5 a*	26,7 b	35,7 c*
HO Paranaíba IPRO	67,4 c	71,3 b*	11,5 b	15,0 a*	31,7 a	37,0 c*
BMX Foco IPRO	60,8 d	64,8 c*	13,8 b	10,5 b*	29,7 b	34,3 c
BMX Bônus IPRO	74,6 b	76,2 a	17,8 a	18,3 a	34,7 a	49,7 a*
RK 8115 IPRO	61,2 d	77,7 a*	15,8 a	12,8 b*	30,3 b	43,0 b*
RK 7518 IPRO	80,1 a	83,1 a	18,7 a	15,7 a*	27,7 b	40,0 b*
NS 8399 IPRO	70,0 b	75,0 b*	16,8 a	15,5 a*	25,3 c	36,7 c*
NS 7505 IPRO	56,0 d	66,1 c*	11,8 b	9,8 b*	29,0 b	34,0 c

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível de 1% de probabilidade.

* Os asteriscos mostram que houve diferença significativa (teste F; $p \leq 0,05$) entre os níveis de adubação fosfatada para o cultivar de soja.

A altura das plantas de soja em condições de baixa disponibilidade de P no solo variou de 56,0 a 80,1 cm, e foi significativamente maior nas cultivares de soja TMG 7067 IPRO, 98R35 IPRO, BMX Bônus IPRO e RK 7518 IPRO, ao passo que a menor altura final de planta foi obtida para as cultivares BMX Foco IPRO, RK 8115 IPRO e NS 7505 IPRO (Tabela 3). Em condições de alta disponibilidade de P no solo, a altura das plantas de soja variou de 64,8 a 83,1 cm, e foi significativamente maior na cultivar de soja TMG 2378 IPRO, TMG 7067 IPRO, 98R35 IPRO, HO Maracaí IPRO, BMX Bônus IPRO, RK 8115 IPRO e RK 7518 IPRO, ao passo que a menor altura de planta foi obtida nas cultivares TMG 7063 IPRO, BMX Foco IPRO e NS 7505 IPRO (Tabela 3).

A altura de inserção da primeira vagem das plantas de soja em condições de baixa disponibilidade de P no solo variou de 10,7 a 18,7 cm, e foi significativamente maior nas cultivares de soja HO Maracaí IPRO, BMX Bônus IPRO, RK 8115 IPRO, RK 7518 IPRO e NS 8399 IPRO (Tabela 3). Em condições de alta disponibilidade de P no solo, a altura de inserção da primeira vagem variou de 9,8 a 20,5 cm, e foi significativamente maior nas

cultivares de soja 97R50 IPRO, HO Cristalino IPRO, HO Maracaí IPRO, HO Paranaíba IPRO, BMX Bônus IPRO, RK 7518 IPRO e NS 8399 IPRO (Tabela 3).

Em condições de baixa disponibilidade de P no solo, o diâmetro do caule variou de 8,3 a 10,6 mm, e foi significativamente menor nas cultivares de soja TMG 2378 IPRO, 98R35 IPRO e NS 7505 IPRO (Tabela 3). Em condições de alta disponibilidade de P no solo, o diâmetro do caule variou de 8,4 a 11,4 mm, e foi significativamente maior nas cultivares de soja TMG 2383 IPRO, TMG 7067 IPRO, TMG 7063 IPRO, HO Cristalino IPRO, HO Paranaíba IPRO, BMX Foco IPRO, BMX Bônus IPRO e RK 8115 IPRO (Tabela 3).

O número de vagens por planta em condições de baixa disponibilidade de P no solo variou de 25,3 a 35,3 vagens, e foi significativamente maior nas cultivares de soja 98R35 IPRO, HO Cristalino IPRO, HO Paranaíba IPRO e BMX Bônus IPRO, ao passo que o menor número de vagens por planta foi obtido nas cultivares TMG 7067 IPRO e NS 8399 IPRO (Tabela 3). Em condições de alta disponibilidade de P no solo, número de vagens por planta variou de 33,0 a 49,7, e foi significativamente maior nas cultivares de soja TMG 7063 IPRO, 98R35 IPRO, BMX Bônus IPRO e RK 8115 IPRO, ao passo que o menor número de vagens por planta foi obtido nas cultivares TMG 7067 IPRO, HO Maracaí IPRO, BMX Foco IPRO, NS 8399 IPRO e NS 7505 IPRO (Tabela 3).

O número de grãos por vagem em condições de baixa e alta disponibilidade de P no solo variou de 1,80 a 2,30 e de 1,95 a 2,32 grãos, respectivamente, e não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as cultivares de soja (Tabela 4). A massa de 1000 grãos em condições de baixa disponibilidade de P no solo variou de 168 a 218 g, e foi significativamente maior nas cultivares de soja TMG 2383 IPRO, TMG 7067 IPRO, TMG 7063 IPRO e NS 8399 IPRO (Tabela 4). Em condições de alta disponibilidade de P no solo, a massa de 1000 grãos variou de 150 a 219 g, e foi significativamente maior nas cultivares de soja TMG 2383 IPRO, TMG 7067 IPRO, HO Paranaíba IPRO, BMX Foco IPRO, RK 8115 IPRO e NS 8399 IPRO (Tabela 4).

A produção de grãos em condições de baixa disponibilidade de P no solo variou de 20,6 a 25,3 g, e foi significativamente maior nas cultivares de soja TMG 2383 IPRO, TMG 2378 IPRO, TMG 7063 IPRO, 97R50 IPRO, 98R35 IPRO, HO Cristalino IPRO, HO Maracaí IPRO, HO Paranaíba IPRO, BMX Bônus IPRO, RK 8115 IPRO e NS 8399 IPRO (Tabela 4). Em condições de alta disponibilidade de P no solo, a produção de grãos variou de 23,5 a 36,7 g, e foi significativamente maior nas cultivares de soja TMG 2383 IPRO, 98R35 IPRO, BMX

Bônus IPRO e RK 8115 IPRO, ao passo que a menor produção de grãos foi obtida nas cultivares TMG 7067 IPRO e NS 7505 IPRO (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito dos níveis de adubação fosfatada no número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (M1000) e produção de grãos (PG) das cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] cultivadas em solo arenoso do Cerrado.

Cultivar	Nível de adubação fosfatada							
	Baixa		Alta		Baixa		Alta	
	NGV		M1000 (g)		PG (g/vaso)			
TMG 2383 IPRO	2,09 a	2,29 a	210 a	181 a	24,3 a	32,5 a*		
TMG 2378 IPRO	2,10 a	2,21 a	196 b	150 b*	24,0 a	28,2 b*		
TMG 7067 IPRO	1,93 a	1,96 a	218 a	182 a*	21,8 b	23,5 c		
TMG 7063 IPRO	1,90 a	2,10 a	205 a	165 b*	22,8 a	30,7 b*		
97R50 IPRO	2,19 a	2,21 a	195 b	170 b	25,2 a	30,4 b*		
98R35 IPRO	1,80 a	2,32 a*	182 b	155 b	23,2 a	32,7 a*		
HO Cristalino IPRO	2,19 a	2,14 a	168 b	161 b	23,6 a	30,0 b*		
HO Maracaí IPRO	2,14 a	2,08 a	201 b	172 b*	22,8 a	29,2 b*		
HO Paranaíba IPRO	2,10 a	2,19 a	191 b	181 a	25,3 a	29,0 b		
BMX Foco IPRO	2,11 a	2,12 a	177 b	177 a	22,1 b	29,9 b*		
BMX Bônus IPRO	1,89 a	2,09 a	196 b	174 b	27,0 a	36,7 a*		
RK 8115 IPRO	2,30 a	2,06 a*	183 b	199 a	25,3 a	33,6 a*		
RK 7518 IPRO	2,05 a	2,17 a	182 b	169 b	20,6 b	29,0 b*		
NS 8399 IPRO	2,22 a	1,95 a*	211 a	219 a	23,7 a	31,1 b*		
NS 7505 IPRO	1,99 a	2,11 a	189 b	159 b*	21,7 b	22,5 c		

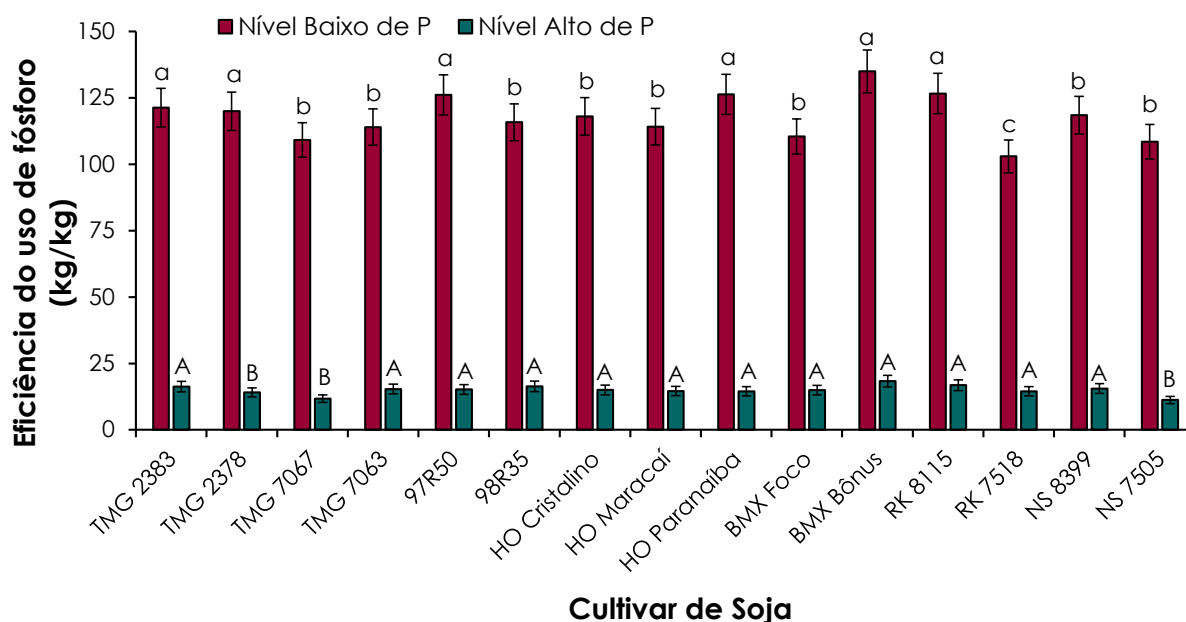
Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível de 1% de probabilidade. * Os asteriscos mostram que houve diferença significativa (teste F; $p \leq 0,05$) entre os níveis de adubação fosfatada para o cultivar de soja.

A eficiência de utilização do P aplicado ao solo variou de 103 a 127 kg kg⁻¹ em condições de baixa disponibilidade de P no solo e de 11 a 18 kg kg⁻¹ em condições de alta disponibilidade de P no solo (Figura 2). Em condições de baixa disponibilidade de P no solo, a eficiência de utilização de P foi significativamente maior nas cultivares de soja TMG 2383 IPRO, TMG 7328 IPRO, 97R50 IPRO, HO Paranaíba IPRO, BMX Bônus IPRO e RK 8115 IPRO, ao passo que a menor eficiência de utilização de P foi observada na cultivar RK 7518 IPRO (Figura 2).

Em condições de alta disponibilidade de P no solo, a eficiência de utilização de P foi significativamente maior nas cultivares de soja TMG 2383 IPRO, TMG 7063 IPRO, 97R50 IPRO, 98R35 IPRO, HO Cristalino IPRO, HO Maracaí IPRO, HO Paranaíba IPRO, BMX Foco IPRO, BMX Bônus IPRO, RK 8115 IPRO, RK 7518 IPRO e NS 8399 IPRO (Figura 2). A menor eficiência do uso de P com a aplicação de alta dose de fertilizante fosfatado está relacionado a alta capacidade de fixação de P pelos óxidos e hidróxidos de Fe e Al presentes

nos solos tropicais da região do Cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004). Segundo Novais e Smyth (1999), cerca de 90% do P aplicado ao solo pode ser rapidamente adsorvido pelos óxidos e hidróxidos de Fe e Al presentes no solo.

Figura 2. Efeito do nível de adubação fosfatada na eficiência do uso de P pelas cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] em um solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense. Barras seguidas da mesma letra minúscula para o nível baixo de adubação fosfatada (20 mg kg⁻¹ de P), ou seguida da mesma letra maiúscula para o nível alto de adubação fosfatada (200 mg kg⁻¹ de P) não diferem pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 1% de probabilidade.

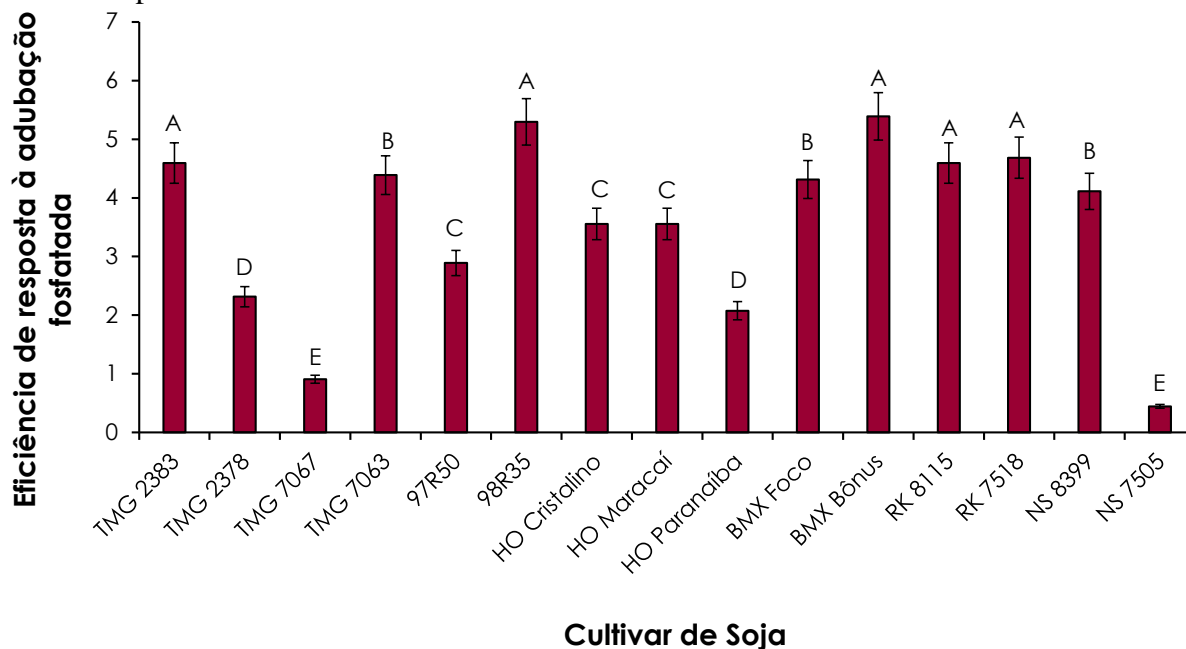


Além disso, essa menor eficiência do uso de P com a aplicação de alta dose de fertilizante fosfatado está relacionado a Lei dos Incrementos Decrescentes. A Lei dos Incrementos Decrescentes alerta sobre o fato de que se “adicionar doses crescentes de um nutriente, o maior incremento em produção será obtido com a primeira dose, mas com aplicações sucessivas do nutriente os incrementos de produção e a eficiência do uso de nutrientes serão cada vez menores” (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Portanto, a aplicação de alta dose de fertilizante fosfatado (200 mg kg⁻¹ de P, equivalente à 400 kg ha⁻¹ de P ou 916 kg ha⁻¹ de P₂O₅) resultou na menor eficiência de utilização do P quando comparado a menor dose de fertilizante fosfatado (20 mg kg⁻¹ de P, equivalente à 40 kg ha⁻¹ de P ou 91,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅).

A eficiência de resposta à adubação fosfatada das cultivares de soja variou de 0,44 a 5,39 (Figura 3). A maior resposta à adubação fosfatada foi observada para as cultivares TMG 2383 IPRO, 98R35 IPRO, BMX Bônus IPRO, RK 8115 IPRO e RK 7518 IPRO, ao passo que

a menor resposta a adubação fosfatada foi obtida com as cultivares TMG 7067 IPRO e NS 7505 IPRO (Figura 3).

Figura 3. Eficiência de resposta à adubação fosfatada das diferentes cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] em um solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense. Barras seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível de 1% de probabilidade.

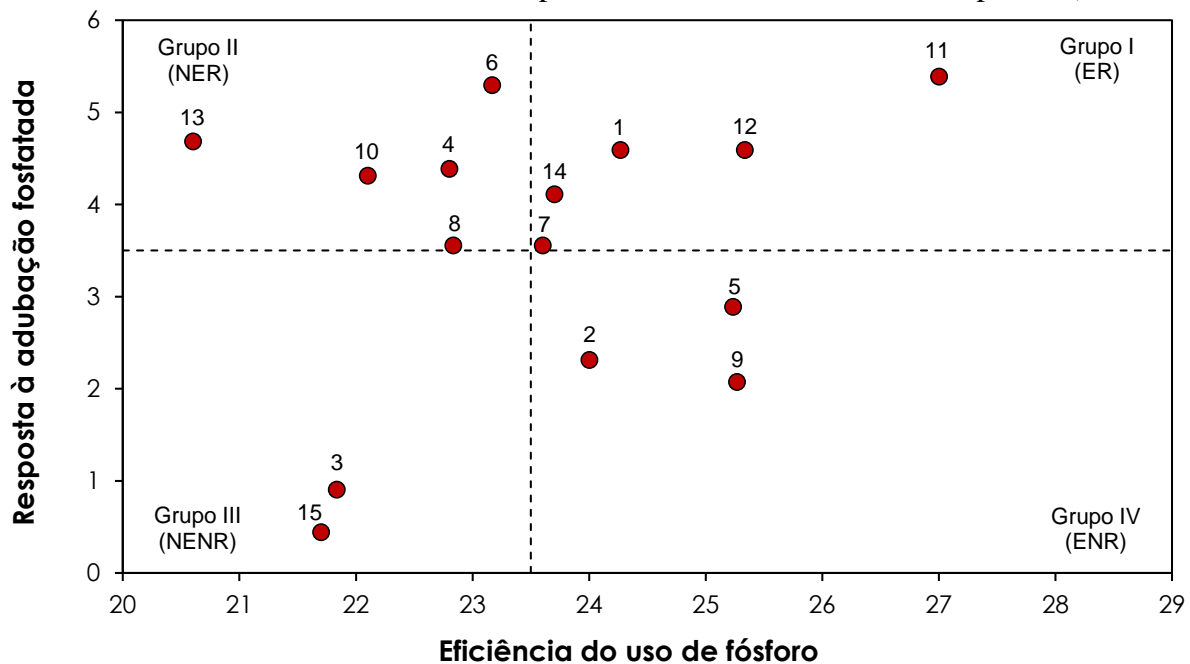


A classificação das cultivares de soja quanto à eficiência do uso e a resposta à aplicação de P permitiu classificar 8 cultivares de soja como eficientes no uso de P, pois possuíam as maiores médias de produção de grãos quando cultivadas em condições de baixa disponibilidade de P no solo, portanto, estas cultivares estão representadas no primeiro e quarto quadrante da Figura 4. O uso de cultivares eficientes na absorção e na utilização de P é uma importante estratégia para aumentar a eficiência da adubação fosfatada e aumentar a produção de grãos de soja, quando esta cultura é cultivada em solos arenosos da região do Cerrado de baixa fertilidade natural. Por sua vez, 10 cultivares de soja foram classificadas como responsivas a adubação fosfatada, pois apresentaram as maiores médias de produção de grãos quando cultivadas em condições de alta disponibilidade de P no solo, portanto, estas cultivares estão representadas no primeiro e segundo quadrante da Figura 4. Vários estudos indicam a existência de variabilidade genética entre os genótipos quanto à capacidade de absorção e utilização de nutrientes, inclusive o P (REIS *et al.*, 2005; FAGERIA *et al.*, 2007; ARDON *et al.*, 2022).

Com base na metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (1980), as cultivares de soja TMG 2383 IPRO, HO Cristalino IPRO, BMX Bônus IPRO, RK 8115 IPRO e NS 8399 IPRO foram classificadas como eficientes quanto ao uso de P e responsivas à aplicação de

fertilizante fosfatado, pois foram as cultivares com produção de grãos acima da média de todos os genótipos sob condições de baixa e alta disponibilidade de P no solo (ver primeiro quadrante da Figura 4) (Tabela 5). As cultivares pertencentes a este grupo podem ser recomendadas para o cultivo em áreas agrícolas com solos de baixa disponibilidade de P e em áreas agrícolas que serão adubadas com altas doses de fertilizantes fosfatados.

Figura 4. Posicionamento para a classificação das 15 cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] nas quatro categorias quanto à eficiência do uso de P do solo e a resposta à adubação fosfatada. (ER: Eficiente e responsiva; NER: Não-eficiente e responsiva; NENR: Não-eficiente e não-responsiva; ENR: Eficiente e não-responsiva).



As cultivares de soja TMG 7063 IPRO, 98R35 IPRO, HO Maracaí IPRO, BMX Foco IPRO e RK 7518 IPRO foram classificadas como não eficientes e responsiva, pois foram as cultivares com produção de grãos abaixo da média de todos os genótipos sob condições de baixa disponibilidade de P no solo, no entanto, quando foram cultivadas com a aplicação de alto dose de fertilizante fosfatado, teve resposta positiva em produção de grãos acima da média dos genótipos estudados (Figura 4 e Tabela 5). As cultivares do grupo não eficientes e responsivas são indicadas para serem utilizadas pelos produtores que empregam a utilização de um alto nível de adubação fosfatada.

As cultivares de soja TMG 7067 IPRO e NS 7505 IPRO foram classificadas como não eficientes e não responsivas a aplicação de P, pois apresentaram produção de grãos abaixo da média em condições de baixa e alta disponibilidade de P do solo (Figura 4 e Tabela 5). De acordo com a metodologia proposta nesse trabalho, as cultivares classificadas como não

eficientes e não responsivas não devem ser recomendadas para serem cultivadas em solos arenosos do Cerrado, independentemente da utilização de alta ou baixa dose de fertilizante fosfatado.

Tabela 5. Classificação das 25 cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] quanto à eficiência do uso de P e à resposta à adubação fosfatada quando cultivadas em um solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense

Grupo	Classificação ¹	Cultivares
I	Eficiente e responsiva (ER)	TMG 2383 IPRO, HO Cristalino IPRO, BMX Bônus IPRO, RK 8115 IPRO, NS 8399 IPRO
II	Não-eficiente e responsiva (NER)	TMG 7063 IPRO, 98R35 IPRO, HO Maracaí IPRO, BMX Foco IPRO, RK 7518 IPRO
III	Não-eficiente e não-responsiva (NENR)	TMG 7067 IPRO, NS 7505 IPRO
IV	Eficiente e não-responsiva (ENR)	TMG 2378 IPRO, 97R50 IPRO, HO Paranaíba IPRO

¹ Classificação com base no método proposto por Fageria e Kluthcouski (1980).

No quadrante das variedades eficientes e não responsivas estão as cultivares TMG 2378 IPRO, 97R50 IPRO e HO Paranaíba IPRO (Figura 4 e Tabela 5). Estas cultivares de soja apresentaram produção de grãos acima da média dos genótipos em condições de baixa disponibilidade de P, no entanto, tiveram índice de resposta a aplicação de P abaixo da média geral de todas as cultivares com a aplicação de alta dose de fertilizante fosfatado. Estes resultados evidenciam a falta de resposta destas cultivares de soja à melhoria do ambiente de produção com o aumento da disponibilidade de P do solo. As cultivares de soja pertencentes ao grupo dos genótipos eficientes e não responsivos devem ser recomendadas para o cultivo em áreas agrícolas com baixa disponibilidade de P do solo ou, em situações, em que os produtores rurais possuem condições apenas de utilizar um baixo nível de investimento com a adubação fosfatada para um determinado ano de cultivo de soja.

Conclusões

As cultivares de soja TMG 2383 IPRO, HO Cristalino IPRO, BMX Bônus IPRO, RK 8115 IPRO e NS 8399 IPRO foram classificadas como eficientes e responsivas à adubação fosfatada, e são as cultivares que podem ser recomendadas para o cultivo em áreas agrícolas

com solos de baixa disponibilidade de P e áreas adubadas com altas doses de fertilizantes fosfatados.

As cultivares TMG 7063 IPRO, 98R35 IPRO, HO Maracaí IPRO, BMX Foco IPRO e RK 7518 IPRO foram classificadas como não eficientes e responsivas a adubação fosfatada, e são as cultivares de soja mais indicadas para serem cultivadas em áreas agrícolas que utilizam a aplicação de altas doses de fertilizantes fosfatados.

As cultivares de soja TMG 7067 IPRO e NS 7505 IPRO foram classificadas como não eficientes e não responsivas a adubação fosfatada, e estas cultivares de soja não devem ser recomendadas para serem cultivadas em solos arenosos do Cerrado.

As cultivares TMG 2378 IPRO, 97R50 IPRO e HO Paranaíba IPRO foram classificadas como eficientes e não responsivas à adubação fosfatada, e são as cultivares de soja mais indicadas para serem cultivadas em áreas agrícolas com solos de baixa disponibilidade de P.

Referências

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

ARDON, H. J. V.; STEINER, F.; ROSA, L.; ZUFFO, A. M.; BARDIVIESSO, D. M. Classificação de genótipos de soja quanto a eficiência e resposta ao uso de fósforo em solo arenoso do cerrado brasileiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 45, n. 3, p. 94-104, 2022.

BARBOSA, N. C., ARRUDA, E. M., BRAD, E., PEREIRA, H. S. Distribuição vertical do fósforo no solo e função dos modos de aplicação. **Bioscience Journal**, v. 31, p. 87-95, 2015.

CHIEN, S. H.; MENON, R. G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. **Fertilizer Research**, v. 41, p. 227-234, 1995.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF, v.11 – Safra 2023/24, n. 3 - Terceiro Levantamento, p. 1-137, 2023.

CRASWELL, E. T.; GODWIN, D. C. The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals in different climates. In: TINKER, P. B.; LAUCHLI, A. (Eds.) **Advances in plant nutrition**. New York, Praeger Scientific, 1984. v.1. p.1-55.

DAMACENO, J. B. D.; LOBATO, A. C. N.; GAMA, R. T.; SILVA, C. A.; MARTINS, J. K. D.; OLIVEIRA, D. M.; TUCCI, C. A. F.; FALCÃO, N. P. S.; FERREIRA, E. Agronomic efficiency of bone meal under acidification in *Brachiaria ruziziensis* dry matter production in Western Amazon. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 34, n. 4, p. 1-7, 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

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.; SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A. Irrigated rice productivity and nitrogen use efficiency as influenced by nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, 2007.

FAGERIA, N. K.; NASCENTE, A. S. Management of soil acidity of South American soils for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**, v.128, p.221-275, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

HEINEMANN, A.B., STONE, L.F., FAGERIA, N.K. Transpiration rate response to water deficit during vegetative and reproductive phases of upland rice cultivars. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 24-30, 2011.

MALAVOLTA, E. A.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, Potafos, 1997. 201p.

MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of N utilization. **Agronomy Journal**, v.74, p.562-564, 1982.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S., (Eds.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, Embrapa-SEA, 1991. p. 189-254.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999.

REIS, M. S.; SOARES, A. A.; SOARES, P. C.; CORNÉLIO, V. M. O. Absorção de N, P, K, Ca, Mg e S pelo arroz irrigado influenciada pela adubação nitrogenada. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 4, p. 707-713, 2005.

ROSOLEM, C. A.; TAVARES, C. A. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, 385-389, 2006.

SANTOS, D. R., GATIBONI, L. C., KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade de fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.

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**. 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018, 353p.

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**, v. 34, n. 1, p. 95-106, 2013.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

VALLADARES, G. S., PEREIRA, M. G., ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, v. 62, n. 1, p. 111-118, 2003.

VILELA, G. F.; FARIAS, A. R.; PAIM, F. A. P.; CASTRO, G. S. A.; OSHIRO, O. T.; CARVALHO, C. A. Cerrado: agricultural production and areas designated for environmental preservation registered in the Brazilian rural environmental registry (Cadastro Ambiental Rural). **Journal of Environmental Science and Engineering B.**, v. 9, n. 3, p. 87-107, 2020.