

DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO NA CULTURA DA SOJA E DO MILHO SAFRINHA

*Setor de Fertilidade do solo: Eng. Agr. Dr. Douglas de Castilho Gitti, Eng. Agr. Marcos
Antonio S. Spak, Tec. Agr. Reinaldo P. do Nascimento*

Palavras-chave: Macronutrientes, Fósforo, Super Triplo, Adubação de Sistema

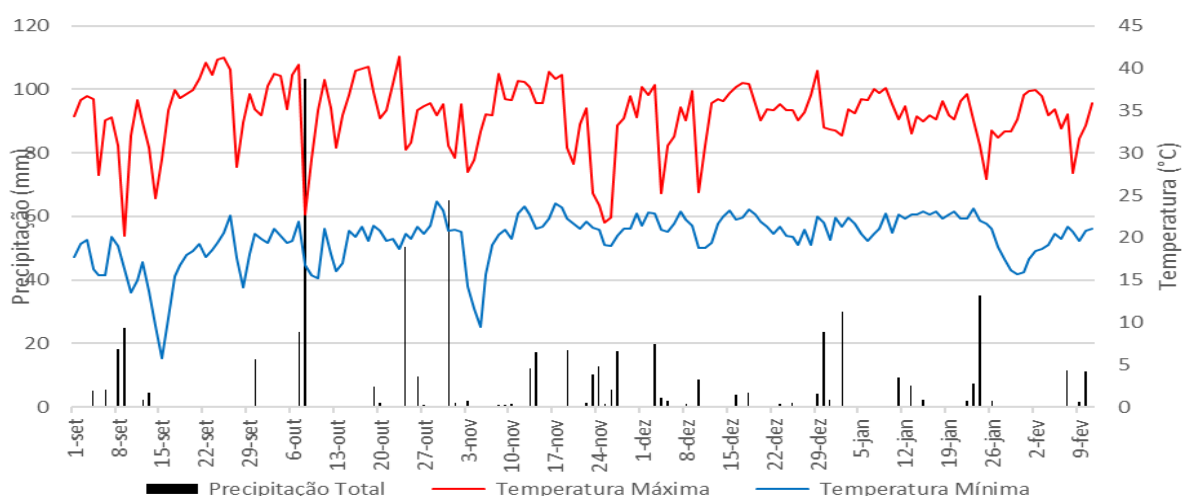
OBJETIVO

Avaliar a influência na produtividade das culturas em função de diferentes estratégias de adubação da aplicação de fósforo na cultura da soja e do milho safrinha em sucessão em área com teores de adequados de fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2023/2024, no município de Maracaju MS, Brasil, em área experimental da Fundação MS localizada na Fazenda Alegria, Talhão Arroz. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, com precipitação pluvial média anual de 1.500 a 1.750 mm, temperatura média anual de 27 °C.

Gráfico 1. Precipitação pluviométrica por decêndio e acumulado por mês no período de condução do experimento da safra verão. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023/2024. Fonte: Estação meteorológica Farmers Edge.



O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa. A caracterização química e de textura do solo da área experimental foi realizada com a coleta da análise de solo na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, sendo os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química e de textura do solo da área experimental nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023/2024.

Prof (cm)	---- pH ---- CaCl ₂	H ₂ O	MO gdm ⁻³	P Mehlich	K -----	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	Al	H+Al	SB	T	V (%)	
0-20	5,4	6,1	33,4	13,9,0	5,5	52,9	14,2	0,0	44,3	72,7	117,1	62,1	
20-40	4,8	5,6	21,9	2,5	1,8	30,3	6,2	0,0	54,3	54,3	92,6	41,4	
Prof (cm)	S	Zn	B	Cu	Mn	Fe	Relação Ca/Mg	K	Ca	Mg	H	Al	Argila (%)
0-20	9,6	4,6	0,10	5,7	118,5	26,7	3,7	4,7	45,2	12,2	37,9	0,0	50,0
20-40	42,3	1,1	0,29	6,8	45,7	65,4	4,1	1,9	32,8	6,68	58,6	0,0	50,0

Análise realizada em 28/03/2020 – Maracaju, Talhão Arroz. Código FMS 10653 0-20 cm e 20-40 cm 10654.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com cinco repetições e 8 tratamentos (Tabela 2). Os estádios de desenvolvimento da soja foram definidos segundo a escala fenológica proposta por Fehr & Caviness (1977).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos na cultura da soja. Fundação MS, 2023/2024.

Nº	SOJA			MILHO
	Doses de P (kg/ha) *	Doses de Super Triplo (46% P ₂ O ₅)	Modos de aplicação	Dose de N (kg/ha) ** - Sulco
1	0	0	Sulco	45
2	50	109	Sulco	45
3	100	217	Sulco	45
4	150	326	Sulco	45
5	0	0	Lanço	45
6	50	109	Lanço	45
7	100	217	Lanço	45
8	150	326	Lanço	45

KCl: 200 kg/ha todos os tratamentos. * SUPERTRIPLO (46%P₂O₅). ** UREIA (45%N)

As parcelas foram constituídas por 5 linhas de soja com 10 m de comprimento, considerando-se como área útil as 3 linhas centrais com 10 m de comprimento.

As sementes de soja foram tratadas com Standak® Top TSI (2,5 mL kg⁻¹ de sementes). A inoculação foi realizada via sulco de semeadura utilizando os inoculantes Gelfix 5 (6 mL L⁻¹ de água) e Azo Inquima (2 mL L⁻¹ de água).

A semeadura da soja foi realizada no dia 13 de outubro de 2023 utilizando a cultivar COMPACTA IPRO, na densidade de semeadura de 14 sementes por metro com 0,5 m entre linhas, ocorrendo à emergência das plântulas seis dias após a semeadura.

A adubação constituiu-se dos tratamentos, com diferentes doses de fosforo, onde foi aplicado Super Fosfato Triplo (46 % de P_2O_5) a lanço em pré semeadura e no sulco de semeadura. Nos tratamentos 2, 3 e 4, foi realizada aplicação via sulco de semeadura, nas doses de 109, 217 e 326 kg ha⁻¹, respectivamente. Já nos tratamentos 6, 7 e 8, foi realizada adubação a lanço em pré semeadura, nas doses de 109, 217 e 326 kg ha⁻¹, respectivamente. A lanço em pré semeadura foi realizada a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de KCl (00-00-60) em todos os tratamentos, afim de balancear os níveis de potássio da área. Os tratamentos 1 e 5 não receberam adubação fosfatada, sendo considerados tratamentos controle.

A colheita foi realizada no dia 17 de fevereiro de 2024 aos 121 dias após a emergência das plântulas (DAE).

Foram realizadas as seguintes avaliações:

Análise foliar: foi realizada a coleta de 15 folhas por tratamento no florescimento pleno - R2 (3ª folha completamente desenvolvida), posteriormente as amostras foram secas, identificadas e encaminhadas ao laboratório para determinação de macro e micronutrientes.

Número de vagens por planta: foi determinado o número de vagens por planta em 5 plantas por parcela no momento da colheita.

Número de grãos por planta: foi determinado o número de grãos por planta em 5 plantas por parcela no momento da colheita.

População final de plantas: foi determinado a quantidade de plantas em 20 metros lineares antes da colheita, logo após convertido em plantas por hectare.

Produtividade: foi realizada a colheita mecanizada das parcelas aos 121 DAE. As amostras foram pesadas e os dados transformados em kg ha⁻¹, corrigindo-se a produtividade para 13% de umidade (b.u.).

Massa de 100 grãos: foi retirada uma amostra de 100 grãos de cada parcela para a análise da massa dos grãos, corrigindo-se para 13% de umidade (b.u.).

Análise química do solo: foi realizada coleta de solo na profundidade 0-10 e 10-20 em 3 pontos por parcela após a colheita da soja, em 3 repetições por tratamento.

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância, as médias entre os fatores doses de fosforo (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) e modo de aplicação de fosforo (Sulco e Lanço) foram submetidas a análise fatorial, e as médias foram analisadas pelo teste de Tukey

a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Foi utilizado o programa estatístico Sisvar para análise dos resultados.

RESULTADOS

Tabela 3. Teores foliares de macronutrientes no estágio R2 da soja, obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço), na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023/2024.

TRATAMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
Dose de P (kg ha⁻¹) (D)						
0	47,25	4,08 ¹	11,63	10,8/8	3,62	3,47
50	51,18	4,60	12,16	10,95	3,75	3,53
100	47,25	4,66	13,30	12,31	4,40	3,50
150	49,43	4,97	12,05	11,32	4,12	3,53
Modo de Aplicação (M)						
Sulco	47,25	4,27 b	11,51 b	10,88	3,77	3,24 b
Lanço	50,31	4,88 a	13,05 a	11,85	4,17	3,78 a
Teste F						
Dose - D	0,51 ^{ns}	4,83 ^{**}	2,06 ^{ns}	0,85 ^{ns}	2,43 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Modo - M	1,32 ^{ns}	13,42 ^{**}	9,62 ^{**}	1,83 ^{ns}	3,11 ^{ns}	13,07 ^{**}
D*M	0,54 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,87 ^{ns}	3,03 ^{ns}	1,02 ^{ns}	4,04 [*]
Regressão - D	-	RL	-	-	-	-
DMS (5%) - M	5,54	0,34	1,03	1,47	0,47	0,30
CV (%)	15,45	10,32	11,41	17,68	16,13	11,97
Médias	48,78	4,58	12,28	11,36	3,97	3,51

^{**}, ^{*} e ^{ns} – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa. (1) $Y = 4,1725 + 0,00545x$ ($R^2 = 0,91$).

Tabela 4. Desdobramento da interação entre doses e modos de aplicação de fosforo no teor foliar de enxofre na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023/2024.

TRATAMENTOS	----- Modo de Aplicação -----	
	Sulco	Lanço
Dose	----- S (g kg ⁻¹) -----	
0	2,80 ¹ B	4,15 ² A
50	3,22 B	3,85 A

100	3,45	3,55
150	3,50	3,57
DMS (5%) – (Modo em dose)	0,61	
Regressão – (Dose em Modo)	RL	RL

**, * e ns – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa. (1) $Y = 2,895 + 0,00465x$ ($R^2 = 0,88$), (2) $Y = 4,085 - 0,00405x$ ($R^2 = 0,86$).

Tabela 5. Teores foliares de micronutrientes no estágio R2 da soja obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço), na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023/2024.

TRATAMENTOS	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	----- mg kg ⁻¹ -----				
Dose de P (kg ha ⁻¹) (D)					
0	257,91	111,43	62,20 ¹	15,96 ²	25,02 ³
50	224,16	103,61	57,92	15,43	28,20
100	220,20	105,95	54,36	13,61	26,17
150	198,78	100,40	51,21	13,17	30,27
Modo de Aplicação (M)					
Sulco	227,78	102,95	54,81	15,33 a	27,70
Lanço	222,74	107,75	58,03	13,75 b	27,13
Teste F					
Dose - D	1,06 ^{ns}	0,52 ^{ns}	4,43*	5,04**	3,77*
Modo – M	0,04 ^{ns}	0,55 ^{ns}	2,06 ^{ns}	6,80*	0,22 ^{ns}
D*M	0,23 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,28 ^{ns}	2,84 ^{ns}	1,96 ^{ns}
Regressão - D	-	-	RL	RL	RL
DMS (5%) - M	49,40	13,37	4,67	1,26	2,47
CV (%)	29,83	17,27	11,26	11,78	12,29
Médias	225,26	105,35	56,42	14,54	27,41

**, * e ns – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa. (1) $Y = 61,90375 - 0,07305x$ ($R^2 = 0,99$), (2) $Y = 16,075 - 0,020375x$ ($R^2 = 0,93$), (3) $Y = 25,36 + 0,02745x$ ($R^2 = 0,58$).

Tabela 6. Número de vagens por planta, número de grãos por planta e população final de plantas obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço), na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023/2024.

TRATAMENTOS	Número de vagens por planta	Número de grãos por planta	Pop. Final (plantas ha ⁻¹)
Dose de P (kg ha⁻¹) (D)			
0	42,15 ¹	101,04 ²	230.333
50	51,54	124,24	230.333
100	56,26	120,55	218.500
150	52,26	128,00	226.166
Modo de Aplicação (M)			
Sulco	50,35	116,35	219.083 b
Lanço	50,75	120,56	233.583 a
Teste F			
Dose - D	3,93*	2,63*	1,25 ^{ns}
Modo – M	0,01 ^{ns}	0,32 ^{ns}	8,45**
D*M	1,06 ^{ns}	6,18**	7,91**
Regressão - D	RQ	RQ	-
DMS (5%) - M	6,16	15,15	10.693
CV (%)	18,83	19,75	5,40
Médias	50,55	118,45	226.333

**, * e ^{ns} – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa. ¹ y = 41,9475 + 0,2709x – 0,0013x² (R² = 0,99). ² y = 106,8790 + 0,1543x (R² = 0,68).

Tabela 7. Desdobramento da interação entre doses e modos de aplicação de fosforo na população final de plantas da cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023/2024.

TRATAMENTOS	Modo de Aplicação	
	Sulco	Lanço
Dose	plantas há ⁻¹	
0	243.000 ¹ A	217.666 B
50	211.666 B	249.000 A
100	210.666	226.333
150	211.000 B	241.333 A
DMS (5%) – (Modo em dose)	21.387	
Regressão – (Dose em Modo)	RQ	-

**, * e ^{ns} – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa. (1) Y = 241.550 - 609x + 3,1666x² (R² = 0,94).

Tabela 8. Massa de 100 grãos e produtividade obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço), na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023/2024.

TRATAMENTOS	Massa de 100 grãos	Produtividade
	(gramas)	(sc ha ⁻¹)
Dose de P (kg ha⁻¹) (D)		
0	17,91	80,76 ¹
50	17,50	86,99
100	17,15	85,07
150	17,39	90,79
Modo de Aplicação (M)		
Sulco	17,46	85,46
Lanço	17,51	86,34
Teste F		
Dose - D	1,95 ^{ns}	4,63**
Modo – M	0,04 ^{ns}	0,20 ^{ns}
D*M	0,48 ^{ns}	1,60 ^{ns}
Regressão - D	-	RL
DMS (5%) - M	0,46	3,97
CV (%)	4,12	7,14
Médias	17,49	85,90

**, * e ^{ns} – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa. (1) $Y = 81,677 + 0,05634x$ ($R^2 = 0,76$).

Tabela 9. Teores de fosforo no solo analisados por Mehlich e Resina, obtidos em coleta após a colheita da soja, em função de doses de fosforo aplicado a lanço, na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023/2024. *Em processamento*

TRATAMENTOS	P Meh.	P Res.
	-----mg dm ⁻³ -----	
Dose de P (kg ha⁻¹) (D)		
0	-	-
50	-	-
100	-	-
150	-	-
Profundidade (P)		
0-20 cm	-	-
20-40 cm	-	-
Teste F		
Dose - D	-	-
Profundidade - P	-	-
D*P	-	-
Regressão - D	-	-
DMS (5%) - P	-	-
CV (%)	-	-
Médias	-	-

**, * e ^{ns} – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa.

Tabela 10. Teores de fósforo no solo analisados por Mehlich e Resina, obtidos em coleta após a colheita da soja, em função de doses de fósforo aplicado no sulco de semeadura, na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023/2024. *Em processamento*

TRATAMENTOS	P Meh.	P Res.
	-----mg dm ⁻³ -----	
Dose de P (kg ha⁻¹) (D)		
0	-	-
50	-	-
100	-	-
150	-	-
Profundidade (P)		
0-20 cm	-	-
20-40 cm	-	-
Teste F		
Dose - D	-	-
Profundidade - P	-	-
D*P	-	-
Regressão - D	-	-
DMS (5%) - P	-	-
CV (%)	-	-
Médias	-	-

**, * e ns – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa.

CONCLUSÃO

Considerando as condições edafoclimáticas e para o período de condução do presente experimento, pode-se concluir que:

O aumento da dose de fósforo proporcionou incremento na produtividade de grãos da soja de aproximadamente 0,056 sacas por kg de P₂O₅, independente do modo de aplicação do fertilizante fosfatado na cultura da soja após 5 anos de condução do experimento (safras 2019/20, 2020/21, 2021/22, 2022/23 e 2023/24) avaliando no sistema de produção soja e milho safrinha em sucessão, independente do modo de aplicação do fertilizante (sulco e lanço).

REFERÊNCIAS



FUNDAÇÃO MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias

www.fundacaoms.org.br • fundacaoms@fundacaoms.org.br

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).

Fone/Fax: (67) 3454-2631

Estrada da Usina Velha, Km 2 • Caixa Postal 137 • CEP 79150-000 • Maracaju • Mato Grosso do Sul