

EFEITO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS ESTABILIZADOS NA CULTURA DA SOJA

Setor de Fertilidade do solo: Eng. Agr. Dr. Douglas de Castilho Gitti, Eng. Agr. Marcos Antonio S. Spak, Tec. Agr. Reinaldo P. do Nascimento, Tec. Agr. Rafael Bonfim de Souza e Nicolas Tiago Nunes

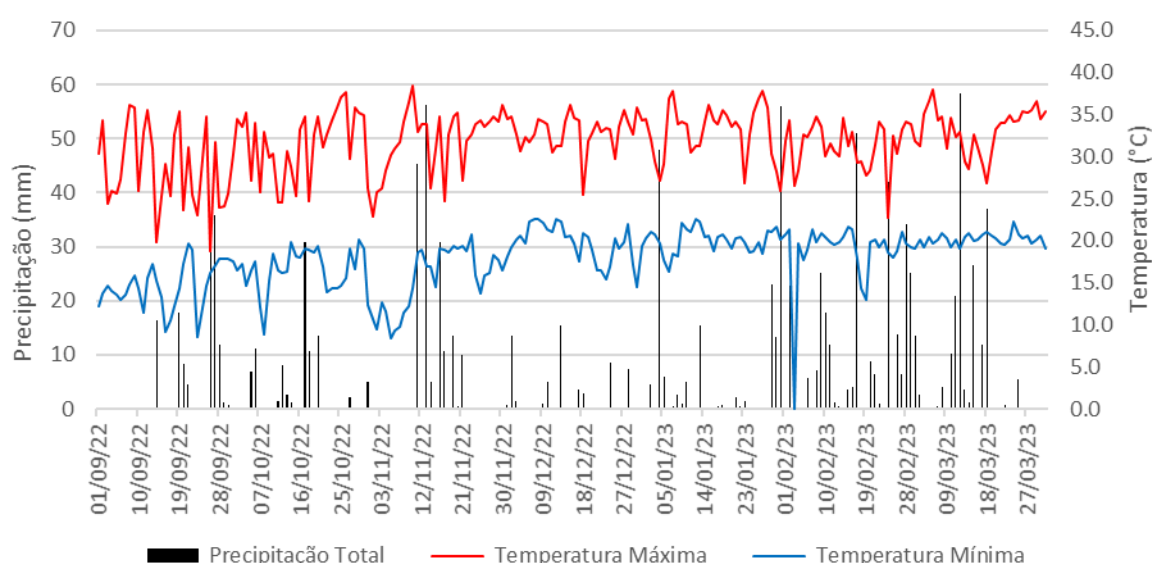
OBJETIVO

Avaliar o efeito de diferentes doses de fertilizantes estabilizados no teor de nutrientes no solo, características agronômicas, componentes de produção e produtividade de grãos da cultura da soja em solo argiloso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2022/2023, no município de Maracaju MS, Brasil, em área experimental da Fundação MS localizada na Fazenda Alegria, Talhão Herval. 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 semanal no período de condução do experimento. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022/2023.



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, 2022.

Prof (cm)	--- pH --- CaCl ₂	H ₂ O	MO gdm ⁻³	P Mehlich	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	
	----- mmolc dm ⁻³ -----												
0-20	5.3	6.0	23.9	3.3	2.12	46.18	26.95	0.0	46.29	75.26	121.55	61.92	
20-40	5.1	5.8	16.4	0.6	0.67	38.26	17.43	0.0	58.47	56.36	114.83	49.08	
Prof (cm)	S	Zn	B	Cu	Mn	Fe	Relação	K	Ca	Mg	H	Al	Argila
	----- mg dm ⁻³ ----- Ca/Mg ----- % da CTC -----												
0-20	3.8	4.6	0.30	13.9	64.3	27	1.71	1.75	38.00	22.18	38,09	0,0	55,0
20-40	5.9	4.3	0.18	14.8	41.0	31	2.19	0.58	33.32	15.18	51,28	0,0	55,0

Análise realizada em 03/10/2022 – Maracaju, Talhão Herval 2. Código FMS 16913 0-20 cm e 16914 20-40 cm.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com cinco repetições e 7 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, 2022.

Nº	Tratamento	% da Dose	Dose de P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	Dose Fertilizante kg ha ⁻¹
1	Controle	0	0	0
2	MAP	80%	72	138
3	MAP	100%	90	173
4	TopPhos328	80%	72	257
5	TopPhos328	100%	90	321
6	Stabilize PHOS	80%	72	225
7	Stabilize PHOS	100%	90	281

MAP 11-52-00. Stabilize PHOS 06-32-00 + 6%S: 6 % de N, 32 % de P₂O₅, 0 % de K₂O, 6 % de Ca, 1 % de Mg, 6 % de S, 0,05% de B, 0,25% de Zn, 0,1 % de Mn e 2 % de moléculas orgânicas (mistura de grânulos). TopPhos 328 + 17%Ca + 7%S.

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 25 de outubro de 2022 utilizando a cultivar FBRA IPRO, na densidade de semeadura de 12 sementes por metro com 0,5 m entre linhas, ocorrendo à emergência das plântulas seis dias após a semeadura.

A adubação no sulco de semeadura consistiu de MAP (11-52-00) nas doses de 138 e 173 kg ha⁻¹, nos tratamentos 2 e 3 respectivamente, TopPhos328 (03-28-00 + 17% Ca + 7% S) nas doses de 257 e 321 kg ha⁻¹ nos tratamentos 4 e 5 respectivamente, Stabilize PHOS (06-32-00 + 6% Ca + 1% Mg + 6% S + 0,05% B + 0,25% Zn + 0,1% Mn) nas doses de 225 e 281 kg ha⁻¹ nos tratamentos 6 e 7. As doses dos produtos foram calculadas visando se obter 72 e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Em todos os tratamentos realizou-se uma aplicação em pré-semeadura de KCl na dose de 200 kg ha⁻¹ para balancear o fornecimento de K₂O em relação aos tratamentos. O tratamento 1 não recebeu qualquer tipo de adubação por ser o tratamento testemunha.

A colheita foi realizada no dia 06 de março de 2023 aos 125 dias após a emergência das plântulas (DAE).

Foram realizadas as seguintes avaliações:

Análise química do solo: foi realizada coleta de solo na profundidade 0-20 cm em 4 pontos por parcela antes da semeadura da soja.

Massa seca e fresca de raízes das plantas no estágio R1 da soja: foram coletadas 5 plantas por parcela afim de obter a massa seca das raízes e parte aérea.

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: foi determinado a quantidade de plantas em 10 metros lineares antes de colheita, logo após convertido em plantas por hectare.

Produtividade: foi realizada a colheita mecanizada das parcelas aos 125 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 0-20 cm em 4 pontos por parcela após a colheita da soja.

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância, as médias entre os fatores doses de fosforo e produtos (MAP, TopPhos e Stabilize PHOS), foi realizada análise fatorial 3x3, 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. População inicial de plantas aos 5 dias após a semeadura (DAS), massa seca e fresca de raízes de plantas (R1) em função de doses e fontes de fósforo no sulco de semeadura da cultura da soja em solo com baixo teor de fósforo. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022/2023.

TRATAMENTOS	População de plantas aos 5 DAS (plantas ha ⁻¹)	Massa fresca de raízes (g planta ⁻¹)	Massa seca de raízes (g planta ⁻¹)
Dose de P₂O₅ (kg ha⁻¹) (D)			
0	162.000	2,56 b	0,99 b
72	177.777	5,65 a	2,13 a
90	167.777	5,92 a	2,08 a
Fonte de P (F)			
MAP	169.111	4,60	1,56
TopPhos	167.000	4,40	1,71
Stabilize PHOS	171.444	5,13	1,93
Teste F			
Dose - D	0,84 ^{ns}	41,12 ^{**}	25,68 ^{**}
Fonte - F	0,06 ^{ns}	1,69 ^{ns}	2,23 ^{ns}
D*F	0,05 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,92 ^{ns}
DMS (5%) - D	-	1,01	0,44
DMS (5%) - F	-	-	-
CV (%)	15,38	23,94	28,29
Médias	169.185	4,71	1,73

^{**}, ^{*} 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 4. Número de nós na haste principal, número de vagens e grãos por plantas em função de doses e fontes de fósforo no sulco de semeadura da cultura da soja em solo com baixo teor de fósforo. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022/2023.

TRATAMENTOS	Nº de nós na haste principal por planta	Nº de vagens por planta	Nº de grãos por planta
Dose de P₂O₅ (kg ha⁻¹) (D)			
0	13,25 b	42,21 b	56,03 b
72	14,41 a	66,89 a	92,20 a
90	14,58 a	60,86 ab	81,50 ab
Fonte de P (F)			
MAP	14,16	52,50	71,86
TopPhos	13,91	53,22	73,38
Stabilize PHOS	14,16	64,23	84,49
Teste F			
Dose - D	6,77**	4,99*	5,82**
Fonte - F	0,26 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,80 ^{ns}
D*F	0,22 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,54 ^{ns}
DMS (5%) - D	0,98	20,35	27,19
DMS (5%) - F	-	-	-
CV (%)	6,87	35,22	34,81
Médias	14,08	56,65	76,57

**, * 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 5. População final de plantas, massa de 100 grãos e produtividade de grãos em função de doses e fontes de fósforo no sulco de semeadura da cultura da soja em solo com baixo teor de fósforo. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022/2023.

TRATAMENTOS	População final (plantas ha ⁻¹)	Massa de 100 grãos (gramas)	Produtividade (sc ha ⁻¹)
Dose de P₂O₅ (kg ha⁻¹) (D)			
0	164.333	14,32 a	20,74 b
72	171.333	13,69 b	43,83 a
90	159.555	13,51 b	44,58 a
Fonte de P (F)			
MAP	164.222	13,75 ab	34,64
TopPhos	163.888	14,11 a	38,10
Stabilize PHOS	167.111	13,66 b	36,41
Teste F			
Dose - D	0,92 ^{ns}	15,26 ^{**}	66,41 ^{**}
Fonte - F	0,08 ^{ns}	4,66 [*]	1,07 ^{ns}
D*F	0,69 ^{ns}	2,09 ^{ns}	1,27 ^{ns}
DMS (5%) - D	-	0,37	5,78
DMS (5%) - F	-	0,37	5,78
CV (%)	11,20	3,04	17,70
Médias	165.074	13,84	36,38

^{**}, ^{*} 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 6. Componentes químicos do solo (0-20 cm) obtidos em função de doses e fontes de fósforo no sulco de semeadura da cultura da soja em solo com baixo teor de fósforo em coleta antes da semeadura e após a colheita da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022/2023.

TRATAMENTOS	pH	MO	P Meh.	K	Ca	Mg	Al
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----	mmol _c dm ⁻³	-----	-----
Dose de P₂O₅ (kg ha⁻¹) (D)							
0	5,65	34,67	3,33	3,53	58,62	33,09	0,00
72	5,69	36,47	2,96	3,24	59,40	32,85	0,02
90	5,70	37,79	2,92	2,98	58,02	32,57	0,00
Fonte de P (F)							
MAP	5,69	35,95	3,38	3,35	58,46	32,72	0,02
TopPhos	5,68	36,24	3,07	3,24	58,48	32,49	0,00
Stabilize PHOS	5,66	36,75	2,77	3,16	59,10	33,30	0,00
Época de coleta (E)							
Antes da semeadura	5,66	39,25 a	2,83 b	3,70 a	58,89 a	34,41 a	0,00
Após colheita soja	5,69	33,37 b	3,31 a	2,80 b	57,47 b	31,26 b	0,01
Teste F							
Fonte - F	0,32 ^{ns}	0,18 ^{ns}	2,65 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,79 ^{ns}	1,00 ^{ns}
Dose - D	0,07 ^{ns}	2,74 ^{ns}	1,45 ^{ns}	2,35 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,00 ^{ns}
Época - E	0,28 ^{ns}	29,11 ^{**}	4,78 [*]	19,47 ^{**}	6,59 [*]	34,02 ^{**}	1,00 ^{ns}
F*D	0,32 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1,00 ^{ns}
F*E	0,25 ^{ns}	0,87 ^{ns}	3,08 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,94 ^{ns}	1,00 ^{ns}
D*E	1,60 ^{ns}	8,58 ^{**}	0,88 ^{ns}	3,58 [*]	0,01 ^{ns}	3,85 [*]	1,00 ^{ns}
F*D*E	0,40 ^{ns}	1,60 ^{ns}	3,09 [*]	0,35 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,00 ^{ns}
DMS (5%) - F	0,16	3,22	0,64	0,60	2,77	1,60	0,04
DMS (5%) - D	0,16	3,22	0,64	0,60	2,77	1,60	0,04
DMS (5%) - E	0,11	2,18	0,43	0,41	1,88	1,08	0,02
CV (%)	4,27	12,73	29,95	26,72	6,79	6,99	848,53
Médias	5,68	36,31	3,07	3,25	58,68	32,83	0,00

^{**}, ^{*} 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 7. Desdobramento da interação entre doses de fosforo e época de coleta do solo no teor de matéria orgânica no solo na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022/2023.

TRATAMENTOS	Época de coleta	
	Antes da semeadura	Após a colheita
Dose (kg ha ⁻¹)	MO (g dm ⁻³)	
0	34,42 b	34,92
72	40,89 aA	32,06 B
90	42,45 aA	33,13 B
DMS (5%) – (Época em Dose)	4,55	
DMS (5%) – (Dose em Época)	3,78	

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

Tabela 8. Desdobramento da interação entre doses de fosforo e época de coleta do solo no teor de potássio no solo na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022/2023.

TRATAMENTOS	Época de coleta	
	Antes da semeadura	Após a colheita
Dose (kg ha ⁻¹)	K (mmol _c dm ⁻³)	
0	3,60	3,46 a
72	3,94 A	2,54 bB
90	3,57 A	2,40 bB
DMS (5%) – (Época em Dose)	0,85	
DMS (5%) – (Dose em Época)	0,71	

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

Tabela 9. Desdobramento da interação entre doses de fosforo e época de coleta do solo no teor de magnésio no solo na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022/2023.

TRATAMENTOS	Época de coleta	
	Antes da semeadura	Após a colheita
Dose (kg ha ⁻¹)	Mg (mmol _c dm ⁻³)	
0	33,63	32,55 a
72	34,75 A	30,95 abB
90	34,86 A	30,27 bB
DMS (5%) – (Época em Dose)	2,26	
DMS (5%) – (Dose em Época)	1,88	

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

Tabela 10. Desdobramento da interação entre doses de fósforo, fontes e épocas de coleta do solo no teor de fósforo no solo na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022/2023.

TRATAMENTOS	MAP		Top Phos		Stabilize PHOS	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Dose (kg ha⁻¹)	----- P Mehlich (mg dm ⁻³) -----					
0	3,00	3,67	3,00	3,67	3,00 ab	3,67
72	2,72	3,82 A	2,85	2,97 AB	3,22 a	2,20 B
90	2,67 AB	4,40 A	3,60 A	2,35 B	1,47 b B	3,05 AB
DMS (5%) – (F)	1,57					
DMS (5%) – (D)	1,30					

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

Tabela 11. Componentes químicos do solo (0-20 cm) obtidos em função de doses e fontes de fósforo no sulco de semeadura da cultura da soja em solo com baixo teor de fósforo em coleta antes da semeadura e após a colheita da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022/2023.

TRATAMENTOS	H + Al	SB	T	V
	----- mmol _c dm ⁻³ -----			(%)
Dose de P₂O₅ (kg ha⁻¹) (D)				
0	43,80	95,25	139,06	68,82
72	42,42	95,49	137,91	69,65
90	44,66	93,58	138,24	68,11
Fonte de P (F)				
MAP	43,85	94,54	138,39	68,70
TopPhos	43,02	94,22	137,24	68,79
Stabilize PHOS	44,02	95,57	139,59	69,09
Época de coleta (E)				
Antes da semeadura	53,14 a	98,01 a	151,15 a	64,90 b
Após colheita soja	34,12 b	91,54 b	125,66 b	72,83 a
Teste F				
Fonte - F	0,23 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Dose - D	1,07 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,31 ^{ns}
Época - E	227,19 ^{**}	19,33 ^{**}	215,08 ^{**}	105,20 ^{**}
F*D	0,74 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,50 ^{ns}
F*E	0,13 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,12 ^{ns}
D*E	0,76 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,79 ^{ns}
F*D*E	0,27 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,24 ^{ns}
DMS (5%) – F	3,73	4,35	5,14	2,28
DMS (5%) - D	3,73	4,35	5,14	2,28
DMS (5%) - E	2,53	2,95	3,48	1,55
CV (%)	12,27	6,59	5,33	4,76
Médias	43,63	94,77	138,40	68,86

^{**}, * 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:

A aplicação das doses de fósforo de 72 e 90 kg/ha de P_2O_5 aumentaram a massa fresca e seca das plantas, número de nós na haste principal, número de vagens e grãos por plantas e a produtividade de grãos em relação a ausência da aplicação de fertilizante fosfatado, como também, resultados semelhantes entre essas duas doses avaliadas em solo com teor baixo desse nutriente.

Não houve diferença entre as fontes fosfatadas MAP, TopPhos e Stabilize Phos no teor de nutrientes no solo, características agronômicas, componentes de produção e produtividade de grãos da cultura da soja em solo argiloso com baixo teor desse nutriente.

REFERÊNCIAS

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