

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

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

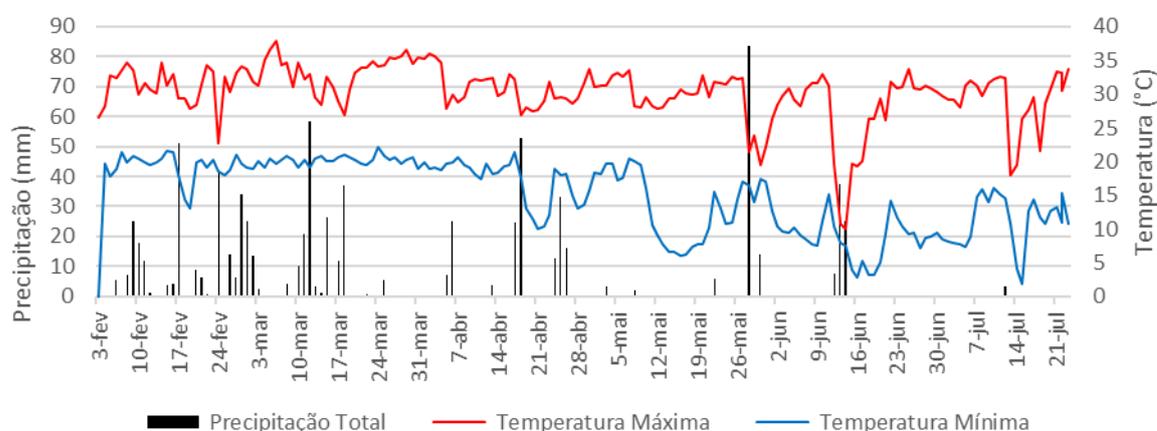
OBJETIVO

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 área com teores de adequados de fósforo.

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 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 safra de milho safrinha. Fundação MS, Maracaju, MS, 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

Fone/Fax: (67) 3454-2631

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

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		MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V
	CaCl ₂	H ₂ O	gdm ⁻³	Mehlich			mmolc dm ⁻³					(%)
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
	mg dm ⁻³								% da CTC			(%)	
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 do milho foram definidos segundo a escala fenológica proposta por Ritchie (1989).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos nas culturas da soja e do milho safrinha. Fundação MS, 2022.

Nº	SOJA			MILHO
	Doses de P ₂ O ₅ (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 milho foram tratadas com Dermacor[®] TSI (3 mL kg⁻¹ de sementes) e Poncho[®] TSI (4 mL kg⁻¹ de sementes).

A semeadura da soja foi realizada no dia 05 de março de 2023 utilizando o Híbrido B2702VYHR, na densidade de semeadura de 3,5 sementes por metro, ocorrendo à emergência das plântulas sete dias após a semeadura.

A adubação constituiu-se dos tratamentos, com diferentes doses de fosforo, onde foi aplicado Super Fosfato Triplo (46 % de K₂O₅) a lanço em pré semeadura e no sulco de semeadura da cultura da soja. Nos tratamentos 2, 3 e 4, foi realizado 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 adubação na semeadura do milho safrinha foi realizada utilizando-se 110 kg ha⁻¹ de Ureia MAP (11-52-00) no sulco de semeadura em todos os tratamentos.

A colheita foi realizada no dia 16 de agosto de 2023 aos 158 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 (3^o folha completamente desenvolvida), posteriormente as amostras foram secas, identificadas e encaminhadas ao laboratório para determinação de macro e micronutrientes.

Número de fileira por espiga e número de grãos por fileira: foi determinado o número de fileiras e grãos 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 158 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 do milho 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 fonte de enxofre (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 R1 do milho, obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço), aplicados na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023.

TRATAMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
Dose de P (kg ha⁻¹) (D)						
0	30,91	4,30 ¹	22,46	4,71 ²	1,56 ³	1,46
50	31,73	4,71	23,51	4,88	1,66	1,45
100	33,95	4,96	23,43	4,83	1,65	1,40
150	33,60	5,06	20,55	6,13	2,08	1,40
Modo de Aplicação (M)						
Sulco	32,02	4,53 b	21,86	4,89	1,73	1,45
Lanço	33,07	4,99 a	23,11	5,44	1,75	1,40
Teste F						
Dose - D	1,82 ^{ns}	3,78*	1,61 ^{ns}	4,67*	3,59*	0,34 ^{ns}
Modo - M	0,94 ^{ns}	6,80*	1,32 ^{ns}	3,33 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,98 ^{ns}
D*M	0,53 ^{ns}	0,20 ^{ns}	2,41 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,79 ^{ns}	1,20 ^{ns}
Regressão - D	-	RL	-	RL	RL	-
DMS (5%) - M	2,31	0,37	2,33	0,64	0,26	0,12
CV (%)	8,14	9,04	11,84	14,28	17,20	10,07
Médias	32,55	4,76	22,49	5,16	1,74	1,42

**, * 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 = 4,38 + 0,0051x (R² = 0,92), (2) Y = 4,521667 + 0,0086x (R² = 0,72), (3) Y = 1,511667 + 0,003067x (R² = 0,72).

Tabela 4. Teores foliares de micronutrientes no estágio R1 do milho, obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço), aplicados na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023.

TRATAMENTOS	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	----- mg kg ⁻¹ -----				
Dose de P₂O₅ (kg ha⁻¹) (D)					
0	145,73	55,60 ¹	26,91	10,58	10,98
50	148,38	65,08	23,86	10,01	11,45
100	134,56	69,55	22,63	10,18	10,83
150	142,08	73,91	20,81	9,78	9,18
Modo de Aplicação (M)					
Sulco	142,71	68,06	22,65	9,49 b	10,66
Lanço	142,66	64,00	24,45	10,79 a	10,55
Teste F					
Dose - D	0,93 ^{ns}	3,65*	2,09 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,23 ^{ns}
Modo - M	0,00 ^{ns}	0,98 ^{ns}	1,03 ^{ns}	7,65*	0,01 ^{ns}
D*M	0,25 ^{ns}	1,88 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1,72 ^{ns}	0,93 ^{ns}
Regressão - D	-	RL	-	-	-
DMS (5%) - M	13,34	8,79	3,80	1,00	1,90
CV (%)	10,68	15,20	18,44	11,35	20,53
Médias	142,69	66,03	23,55	10,14	10,61

**,* 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) $Y = 57,125 + 0,118833x$ ($R^2 = 0,95$),

Tabela 5. Número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga e população final de plantas da cultura do milho, obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço), aplicados na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023.

TRATAMENTOS	Número de grãos por fileira	Número de fileiras por planta	Pop. Final (plantas ha⁻¹)
Dose de P₂O₅ (kg ha⁻¹) (D)			
0	12,36	35,22	57.833
50	12,32	33,84	53.000
100	12,48	35,86	59.166
150	12,92	33,50	59.000
Modo de Aplicação (M)			
Sulco	12,64	35,22	55.750
Lanço	12,40	33,99	58.750
Teste F			
Dose - D	2,59 ^{ns}	2,44 ^{ns}	1,24 ^{ns}
Modo - M	1,97 ^{ns}	2,95 ^{ns}	1,34 ^{ns}
D*M	2,23 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,39 ^{ns}
Regressão - D	-	-	-
DMS (5%) - M	0,34	1,46	5556
CV (%)	4,31	6,54	11,08
Médias	12,52	34,60	57.250

** , * 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. Massa de 100 grãos e produtividade da cultura do milho, obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço), aplicados na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2023.

TRATAMENTOS	Massa de 100 grãos (gramas)	Produtividade (sc ha⁻¹)
Dose de P₂O₅ (kg ha⁻¹) (D)		
0	37,04 ¹	128,98 ²
50	37,24	126,56
100	39,28	137,69
150	37,04	137,80
Modo de Aplicação (M)		
Sulco	37,96	129,92
Lanço	37,35	135,59
Teste F		
Dose - D	3,61*	3,15*
Modo - M	1,14 ^{ns}	2,97 ^{ns}
D*M	0,99 ^{ns}	2,05 ^{ns}
Regressão - D	RQ	RL
DMS (5%) - M	1,17	6,74
CV (%)	4,82	7,84
Médias	37,65	132,75

** , * 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) $Y = 36,7373 + 0,04077x - 0,000244x^2$ ($R^2 = 0,47$), (2) $Y = 127,119 + 0,07518x$ ($R^2 = 0,68$).

Tabela 7. Teores de fosforo no solo analisados por Mehlich e Resina, obtidos em coleta após a colheita do milho, em função de doses de fosforo aplicado a lanço, na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022.

TRATAMENTOS	P Meh.	P Res.
	-----mg dm ⁻³ -----	
Dose de P (kg ha⁻¹) (D)		
0	8,15 ¹	24,11 ²
50	13,50	35,17
100	23,83	64,00
150	17,07	48,67
Profundidade (P)		
0-20 cm	19,20 a	51,77 a
20-40 cm	12,08 b	34,20 b
Teste F		
Dose - D	6,82**	8,23**
Profundidade - P	7,98*	8,55**
D*P	3,97*	3,55*
Regressão - D	RQ	RL
DMS (5%) - P	5,23	12,48
CV (%)	45,55	39,51
Médias	15,64	42,99

** , * 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) $Y = 7,045625 + 0,255913x - 0,001211x^2$ ($R^2 = 0,81$), (2) $Y = 21,016875 + 0,600837x - 0,002639x^2$ ($R^2 = 0,78$).

Tabela 8. Desdobramento da interação entre doses de fosforo e profundidade de coleta no teor de fosforo no solo analisado por Mehlich, após a colheita da cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022.

TRATAMENTOS	----- Profundidade (cm) -----	
	0-20 cm	20-40 cm
Dose	----- mg kg ⁻¹ -----	
0	9,05 A ¹	7,25 A ²
50	11,77 A	15,22 A
100	29,22 A	18,45 B
150	26,75 A	7,40 B
DMS (5%) – (Fonte em dose)	10,47	
Regressão – (Dose em Fonte)	RL	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) $Y = 8,6175 + 0,1411x$ ($R^2 = 0,78$), (2) $Y = 6,77375 + 0,292725x - 0,001903x^2$ ($R^2 = 0,95$).

Tabela 9. Desdobramento da interação entre doses de fosforo em aplicação a lanço e profundidade de coleta no teor de fosforo no solo analisado por Resina, após a colheita da cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022.

TRATAMENTOS	----- Profundidade (cm) -----	
	0-20 cm	20-40 cm
Dose	----- mg kg ⁻¹ -----	
0	25,02 A ¹	23,20 A ²
50	33,02 A	37,32 A
100	78,60 A	49,40 B
150	70,45 A	26,90 B
DMS (5%) – (Fonte em dose)	24,97	
Regressão – (Dose em Fonte)	RL	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) $Y = 24,4975 + 0,3637x$ ($R^2 = 0,77$), (2) $Y = 21,57375 + 0,595725x - 0,003663x^2$ ($R^2 = 0,87$).

Tabela 10. Teores de fosforo no solo analisados por Mehlich e resina, obtidos em coleta após a colheita do milho safrinha, em função de doses de fosforo aplicado no sulco de semeadura, na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2022.

TRATAMENTOS	P Meh.	P Res.
	-----mg dm ⁻³ -----	
Dose de P (kg ha⁻¹) (D)		
0	8,18 ¹	26,88
50	10,92	23,27
100	14,43	32,22
150	14,41	34,40
Profundidade (P)		
0-20 cm	11,90	28,55
20-40 cm	12,08	29,83
Teste F		
Dose - D	1,97 ^{ns}	1,59 ^{ns}
Profundidade - P	0,00 ^{ns}	0,10 ^{ns}
D*P	0,27 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Regressão - D	RL	-
DMS (5%) - P	4,47	8,31
CV (%)	50,79	38,73
Médias	11,99	29,19

** , * 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) $Y = 8,6625 + 0,044375x$ ($R^2 = 0,89$), (2) $Y = 21,016875 + 0,600837x - 0,002639x^2$ ($R^2 = 0,78$)

CONCLUSÃO

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

O aumento das doses de fósforo (P_2O_5 – fonte super triplo) proporcionaram aumentos na produtividade de grãos do milho safrinha, em aplicação na cultura da soja em sucessão, de 3,5 sacas/ha (2,7%) e 7 sacas/ha (5,5%) em relação ao tratamento sem aporte de fertilizante fosfatado após 4 anos de condução do experimento (safras 2019/20, 2020/21, 2021/22 e 2022/23) para as doses de 50 e 100 kg/ha de P_2O_5 , respectivamente, independente do modo de aplicação do fertilizante (sulco e lanço).

A aplicação do fertilizante fosfatado em superfície do solo na dose de 100 e 150 kg/ha de P_2O_5 está proporcionando acúmulo de fósforo no solo na camada de solo de 0-10 cm e pode ser de 1,6 a 3,5 vezes superior em relação a camada de 10-20 cm. Para a aplicação de fósforo no sulco de semeadura, o aumento no teor de fósforo é linear e não há diferença em relação as duas camadas avaliadas.

REFERÊNCIAS

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology/ Cooperative Extension Service, 1989.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H. (ed.) Cultura do milho; fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p.63-145.