



EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FERTILIZANTE FOSFATADO A BASE DE FOSFORITA NA CULTURA DO FEIJÃO

Henrique Estevam Fernandes Alves⁽¹⁾; Aline Mingroni Marcuz⁽²⁾; Leandro José Grava de Godoy⁽³⁾; Élvio Brasil Pinotti⁽⁴⁾; Daniel Gauglitz Nunes de Souza⁽²⁾; Nilton Koga Ferreira Rosa⁽²⁾

⁽¹⁾Graduando do curso de Agronomia; Universidade Estadual Paulista, Câmpus Experimental de Registro, Rua Nelson Brihi Badur, 430 - Vila Tupy, CEP 11900-000, Registro, SP; henrique@registro.unesp.br. Bolsista CNPQ; ⁽²⁾Graduando da UNESP- Campus de Registro; ⁽³⁾Professor Assistente Doutor da UNESP - Campus de Registro; ⁽⁴⁾Professor Doutor da do curso de Mecanização em Agricultura de Precisão da FATEC - Pompeia, SP.

RESUMO: No Brasil as pesquisas com avaliação agronômica com fontes de fósforo aumentaram consideravelmente década dos anos 70, portanto, se faz necessário o estudo. Com o objetivo de avaliar a eficiência agronômica do fertilizante fosfatado a base de fosforita na cultura do feijão em dois solos de texturas diferentes. Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e sete tratamentos: (SF); superfosfato triplo (ST) com 100 mg dm⁻³ P; ST com 200 mg dm⁻³ P; superfosfato simples (SS) com 100 mg dm⁻³ P; SS com 200 mg dm⁻³ P; fosfato a base de fosforita (FF) com 100 mg dm⁻³ P; e FF com 200 mg dm⁻³ P. No solo de textura média o IEA do fosfato a base de fosforita é equivalente ao ST e superior ao SS. No solo de textura argilosa o IEA do fosfato a base de fosforita é de 91 e 86% em relação ao SS e ST, respectivamente no primeiro ciclo, sendo muito superior a estes no segundo ciclo.

Termos de indexação: fósforo, *Phaseolus vulgaris*, adubação.

INTRODUÇÃO

Em Registro, SP, encontra-se uma lavra de fosforita, uma rocha fosfatada de origem sedimentar que surge como alternativa ao uso das apatitas. Um fertilizante fosfatado é produzido através da reação entre ácido fosfórico, fosforita, S elementar e cal.

A cultura do feijão por ser de ciclo curto e apresentar um sistema radicular superficial exige que haja um adequado fornecimento de P no solo (até 90 kg ha⁻¹ P₂O₅ na semeadura).

Objetivou-se avaliar a eficiência agronômica do fosfato a base de fosforita, em solos de textura média e argilosa, utilizando a cultura do feijão.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, no Campus de Registro, UNESP (24° 30'S e 47° 51'O, com altitude de 15 m). Foram instalados dois experimentos, um com solo de textura média e outro com solo de textura argilosa. O delineamento experimental utilizado

em cada experimento foi inteiramente casualizado com três repetições e sete tratamentos: controle (sem aplicação de P) - (SF); superfosfato triplo (ST) com 100 mg dm⁻³ P; ST com 200 mg dm⁻³ P; superfosfato simples (SS) com 100 mg dm⁻³ P; SS com 200 mg dm⁻³ P; fosfato a base de fosforita (FF) com 100 mg dm⁻³ P; e FF com 200 mg dm⁻³ P. O FF possui 28% P₂O₅ total, 16% P₂O₅ CNA+água, 14% Ca, 8% S e 1% Mg. Foram cultivados dois ciclos consecutivos de feijão de trinta dias cada. Foram utilizados vasos, com 3,0 kg de solo, coletado na camada de 0 a 0,2 m, com textura média, no município de Pompéia, SP e com textura argilosa, no município de Jaú, SP. O solo de textura média apresentou: pH (CaCl₂) de 4,0; 5,0 g dm⁻³ MOS; 4 mg dm⁻³ P (resina) respectivamente; P remanescente de 32,6 mg dm⁻³; 1,1; 7; 5 e 51,7 mmol_c dm⁻³ K, Ca, Mg (resina) e CTC respectivamente. O solo de textura argilosa apresentou: pH (CaCl₂) 5,1; 21 g dm⁻³ MOS; 17 mg dm⁻³ P (resina) respectivamente; P remanescente de 8,85 mg dm⁻³; 1,6; 74; 18 e 134,1 mmol_c dm⁻³ K, Ca, Mg (resina) e CTC respectivamente. Foi realizada calagem para elevar a V a 70%, permanecendo 15 dias em incubação. Após incubação, o solo foi seco ao ar livre e peneirado. Aplicou-se KCl (150 mg kg⁻¹ K), nitrato de amônio (100 mg kg⁻¹ N) e as fontes de fosfato, misturada em todo volume do solo. Foi realizada a semeadura com 12 sementes de feijão por vaso da cultivar do grupo *Carioca* e posteriormente feito o desbaste. No início do segundo ciclo realizou-se o mesmo procedimento de semeadura adotado no primeiro ciclo, no entanto nesses tratamentos, efetuou-se a adubação de cobertura com ureia (90 mg kg⁻¹ N), diluído em água, aplicado na fase vegetativa V3. Todas as parcelas foram regadas diariamente com, aproximadamente, 0,1 a 0,15 L de água. No final de cada ciclo a parte aérea foi colhida para quantificar a fitomassa seca e a concentração de macronutrientes no material. O acúmulo de macronutriente foi calculado multiplicando a fitomassa seca pela concentração de macronutriente. A eficiência do fosfato a base de fosforita foi avaliada pelo Índice de Eficiência



Agrônômica (IEA). Os resultados foram submetidos à análise pelo teste F e teste de Tukey, utilizando o software Sisvar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro ciclo, houve efeito dos tratamentos no acúmulo de fitomassa seca na parte aérea das plantas de feijoeiro, nos dois tipos de solos (**Tabela 1**). Tanto no solo de textura média, quanto no argiloso, todos os tratamentos que receberam a aplicação de adubo fosfatado proporcionaram maior fitomassa seca que as plantas do controle (sem P). No solo de textura média esta diferença foi maior que no solo argiloso, devido o menor teor inicial de P no primeiro (4 contra 17 mg dm⁻³ P resina) e o argiloso possuir maior valor de P remanescente, indicando maior capacidade de adsorção do P. No segundo ciclo não houve efeito dos tratamentos no acúmulo de fitomassa seca.

No solo de textura média, houve efeito dos tratamentos, no primeiro ciclo, no teor de P, Ca, Mg e S na parte aérea do feijoeiro, nutrientes contidos em diferentes quantidades nos fertilizantes fosfatados utilizados (**Tabela 2**). Os tratamentos com maior dose de P proporcionaram o maior teor de P, independente da fonte. Os adubos fosfatados, aplicados na dose de 100 mg dm⁻³ P também proporcionaram maior teor de P que nas plantas do controle. Quanto ao teor de Ca, somente os tratamentos com SS e FF, na dose de 200 mg dm⁻³ P, possibilitaram às plantas ter maior teor do que as plantas do controle. Dentro de cada dose de P, não houve efeito das fontes no teor de Ca na parte aérea. O teor de Mg foi maior nas plantas que receberam o FF, na maior dose de P, em relação a todos os outros tratamentos. Somente o FF, nas duas doses de P, e o SS, na maior dose proporcionaram maior teor de S na parte aérea em relação ao controle. No segundo ciclo, no solo de textura média, houve efeito dos tratamentos no teor de P, Ca, Mg e S. O teor de P na planta não diferiu entre as fontes para uma mesma dose de P (**Tabela 2**). As plantas de todos os tratamentos apresentaram teor de P maior que o das plantas do controle, com exceção do tratamento FF, na dose menor de P. O maior teor de Ca na parte aérea foi obtido no tratamento SS 200 mg dm⁻³ P, sendo superior ao ST, mas equivalente ao FF, ambos na mesma dose de P. Somente os tratamentos com o SS proporcionaram maior teor de Ca que nas plantas do controle. Para o Mg, as plantas do tratamento com FF foram as que apresentaram teor de Mg superior ao das plantas que não receberam adubo fosfatado, mesmo na dose menor de P. Somente as plantas do tratamento com SS e FF,

ambos que possuem S na composição, no teor de 120 e 80 g kg⁻¹, respectivamente, apresentaram teor de S superior ao do controle.

Quanto ao acúmulo de macronutrientes na parte aérea, no primeiro ciclo, no solo de textura média, houve efeito dos tratamentos para todos os macronutrientes (**Tabela 3**). O acúmulo de N foi maior nas plantas dos tratamentos FF 200 e ST 100 em relação ao tratamento controle. O acúmulo de P pelas plantas dos tratamentos com a maior dose de P foi maior que o acúmulo nas plantas controle, não diferindo entre eles, e somente o tratamento com ST, na dose de 100 mg dm⁻³ P, proporcionou acúmulo de P superior a controle. O acúmulo de K, Ca, Mg e S foi superior nos tratamentos que receberam adubo fosfatado, independente da dose, em relação às plantas do controle. Na dose maior de P, o SS proporcionou maior acúmulo de S que o ST.

No segundo ciclo, no solo de textura média, houve efeito dos tratamentos no acúmulo de P, Ca, Mg e S na parte aérea das plantas (**Tabela 3**). O acúmulo de P foi maior no tratamento com ST, na dose de 200 mg dm⁻³ P em relação ao tratamento controle e os demais tratamentos com a menor dose de P. O acúmulo de P nas plantas com FF foi equivalente ao acúmulo de P pelas plantas submetidas ao SS. O tratamento SS 200 mg dm⁻³ P foi o único que proporcionou acúmulo de Ca maior que nas plantas controle, enquanto o tratamento FF 200 mg dm⁻³ P foi o que propiciou acúmulo de Mg e S superior ao controle.

No solo de textura argilosa, no primeiro ciclo houve efeito dos tratamentos no teor de P, K e S na parte aérea das plantas de feijoeiro (**Tabela 4**). O teor de P foi maior nas plantas do tratamento com ST, na maior dose de P, em relação aos demais. O SS e o FF, na maior dose de P, assim como o ST, na menor dose de P, proporcionaram maior teor de P que as plantas do controle. Apesar de haver efeito dos tratamentos no teor de K na parte aérea, as plantas de nenhum dos tratamentos diferiu das plantas do controle. Quanto ao S, o menor teor foi encontrado nas plantas que receberam o SS, na maior dose. O SS possui 120 g kg⁻¹ S, na forma de gesso.

No segundo ciclo, no solo de textura argilosa, houve efeito dos tratamentos no teor de P, Ca, Mg e S (**Tabela 4**). Apenas nas plantas do tratamento com SS, na maior dose de P, o teor de P e S foi maior do que no controle. Para o teor de Ca na parte aérea as plantas do tratamento com SS, na dose de 200 mg dm⁻³, foram as que apresentaram teor superior às plantas dos outros tratamentos. O teor de Mg foi superior nas plantas que na maior dose de P que no controle.

No primeiro ciclo, no solo de textura argilosa, houve efeitos dos tratamentos apenas no



acúmulo P e S (**Tabela 5**). O acúmulo de P foi maior que nas plantas do controle, nos tratamentos com maior dose de P, independente da fonte, e no ST, na dose de 100 mg dm⁻³. O acúmulo de S foi superior nas plantas adubadas com o SS, na maior dose de P, em relação às plantas dos demais tratamentos. No segundo ciclo, houve efeito somente no acúmulo de P e Mg (**Tabela 5**), entretanto só foram observadas diferenças entre as médias para o acúmulo de P, o qual foi maior nos tratamentos FF 200, SS 200 e ST 100, em relação ao controle.

Referente ao índice de eficiência agrônômica (IEA), no solo de textura média na dose de 100 mg dm⁻³ P, o IEA do FF, calculado com base no acúmulo de fitomassa seca na parte aérea do feijoeiro, foi 25% superior ao SS e equivalente ao ST, no primeiro ciclo (**Tabela 6**). Na dose maior de P o IEA do FM foi de 25 e 30% menor que o ST e o SS, respectivamente. No segundo ciclo, não foi possível calcular o IEA porque a fitomassa seca das plantas do tratamento controle foram superiores ao dos tratamentos com adubo fosfatado gerando um índice negativo (**Tabela 1**).

No solo de textura argilosa, no primeiro ciclo, o IEA do FM foi, em média, para as duas doses de P, de 91% em relação ao SS e de 86% em comparação ao ST. No segundo ciclo, como as plantas dos tratamentos com SS apresentaram a fitomassa inferior ou equivalente à das plantas do controle, o IEA foi muito alto, assim como para as plantas do tratamento ST 200 mg dm⁻³ P. Este fato deve ter ocorrido devido que o FF possui 12% P₂O₅ não solúvel em H₂O e CNA.

CONCLUSÕES

No solo de textura média o IEA do fosfato a base de fosforita é equivalente ao ST e superior ao SS.

No solo de textura argilosa o IEA do fosfato a base de fosforita é de 91 e 86% em relação ao SS e ST, respectivamente no primeiro ciclo, sendo muito superior a estes no segundo ciclo.

AGRADECIMENTOS

Ao GEBAN, à Multifós Fertilizantes e ao CNPQ.

Tabela 1. Resumo da análise de variância e as médias da fitomassa seca da parte aérea das plantas de feijoeiro, em dois ciclos consecutivos, em solo de textura média e de textura argilosa (Registro, SP, 2012).

	Solo de textura média		Solo de textura argilosa	
	1º. ciclo	2º. Ciclo	1º. ciclo	2º. ciclo
<i>p-value</i>	0,0009	0,2542	0,0057	0,7126
CV, %	18,45	11,59	8,89	11,39
DMS	2,64	1,89	2,06	2,19
Tratamento	Médias de fitomassa seca da parte aérea, g vaso ⁻¹			
Sem P	1,91 b	6,63 a	6,21 b	6,60 a
SS 100 mg dm ⁻³ P	5,16 a	5,52 a	8,51 a	6,61 a
FF 100 mg dm ⁻³ P	5,96 a	5,22 a	8,40 a	6,86 a
ST 100 mg dm ⁻³ P	6,00 a	5,80 a	8,93 a	7,54 a
SS 200 mg dm ⁻³ P	6,21 a	5,51 a	8,96 a	6,65 a
FF 200 mg dm ⁻³ P	4,87 a	5,85 a	8,60 a	7,23 a
ST 200 mg dm ⁻³ P	5,78 a	6,63 a	8,84 a	6,80 a

Médias seguidas de mesma letra no mesmo ciclo não diferem pelo teste Tukey (p<0,05) de significância. SS – Superfosfato simples; FF – fosfato a base de fosforita; ST – superfosfato triplo; 100: 100 mg dm⁻³ P; 200: 200 mg dm⁻³ P.

Tabela 2. Resumo da análise de variância e as médias do teor de macronutrientes na parte aérea das plantas de feijoeiro, no primeiro e segundo ciclo, em solo de textura média (Registro, SP, 2012).

	Primeiro Ciclo					Segundo Ciclo						
	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
<i>p-value</i>	0,108	0,001	0,0745	0,0020	0,0034	0,0001	0,718	0,001	0,471	0,003	0,013	0,0132
CV, %	21,6	9,0	16,4	13,1	11,7	11,3	22,9	14,16	36,17	17,08	10,19	20,39
Trat.	Médias dos teores de macronutrientes na parte aérea, g kg ⁻¹											
Sem P	33,3	1,06 c	20,7	6,92 c	3,5 b	3,1 c	18,8	0,94 d	18,5	7,1 c	3,5 c	3,4 b
SS 100	23,9	1,88 b	29,3	10,3 abc	3,9 b	4,4 abc	19,3	2,2 bc	26,8	11,8 ab	4,8 abc	6,2 ab
FF 100	21,4	1,68 b	25,5	8,3 bc	4,2 b	4,9 ab	16,1	1,8 cd	33,8	7,7 c	5,5 ab	4,9 ab
ST 100	25,0	2,23 b	28,3	8,2 bc	4,0 b	3,1 c	18,7	1,9 c	23,2	7,6 c	4,4 bc	5,3 ab
SS 200	20,6	3,33 a	26,5	11,9 a	3,7 b	5,6 a	16,6	3,0 ab	21,0	13,3 a	5,0 ab	7,0 a
FF 200	30,8	3,53 a	33,3	11,3 ab	5,6 a	5,6 a	17,8	2,4 abc	28,1	9,7 abc	5,9 a	6,9 a
ST 200	24,6	3,62 a	31,5	9,5 abc	4,1 b	3,8 bc	21,9	3,3 a	22,4	9,3 bc	5,0 ab	4,7 ab

Médias seguidas de mesma letra no mesmo ciclo não diferem pelo teste Tukey (p<0,05) de significância. SS – Superfosfato simples; FF – fosfato a base de fosforita; ST – superfosfato triplo; 100: 100 mg dm⁻³ P; 200: 200 mg dm⁻³ P.

Tabela 3. Resumo da análise de variância e as médias do acúmulo de macronutrientes na parte aérea das



plantas de feijoeiro, no primeiro e segundo ciclo, em solo de textura média (Registro, SP, 2012).

	Primeiro Ciclo						Segundo Ciclo					
	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
<i>p-value</i>	0,043	0,0001	0,0009	0,0006	0,0006	0,0001	0,2516	0,0001	0,6592	0,0224	0,0426	0,0193
CV, %	17,1	20,52	17,34	19,65	15,99	17,34	23,21	14,9	31,4	20,08	12,85	19,23
Trat.	Médias dos acúmulos de macronutrientes na parte aérea, g kg ⁻¹											
Sem P	85 b	3,0 c	57 b	18,7 b	9,5 b	8,4 c	124	6,3 d	121	48,1 b	23,2 b	22,7 b
SS 100	122 ab	9,7 bc	150 a	53,1 a	19,8 a	22,7 b	109	11,9 bc	141	65,4 ab	27,0 ab	34,0 ab
FF 100	127 ab	10,0 bc	152 a	49,0 a	24,7 a	28,8 ab	83	9,2 cd	173	38,9 b	28,2 ab	24,0 ab
ST 100	149 a	13,4 ab	170 a	49,0 a	24,4 a	18,6 ab	108	10,7 cd	135	43,9 ab	25,7 ab	30,7 ab
SS 200	129 ab	20,9 a	165 a	74,1 a	23,2 a	34,6 a	91	16,6 ab	115	73,2 a	27,3 ab	38,7 ab
FF 200	147 a	17,1 ab	161 a	54,9 a	26,8 a	27,1 ab	104	14,1 bc	165	56,5 ab	34,2 a	40,2 a
ST 200	140 ab	20,5 a	174 a	53,5 a	23,3 a	21,3 b	134	20,2 a	140	57,8 ab	31,2 ab	28,9 ab

Médias seguidas de mesma letra no mesmo ciclo não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$) de significância. SS – Superfosfato simples; FF – fosfato a base de fosforita; ST – superfosfato triplo; 100: 100 mg dm⁻³ P; 200: 200 mg dm⁻³ P.

Tabela 4. Resumo da análise de variância e as médias do teor de macronutrientes na parte aérea das plantas de feijoeiro, no primeiro e segundo ciclo, em solo de textura argilosa (Registro, SP, 2012).

	Primeiro Ciclo						Segundo Ciclo					
	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
<i>p-value</i>	0,0225	0,0001	0,0132	0,1796	0,2700	0,0001	0,3739	0,0184	0,2063	0,0102	0,0004	0,0271
CV, %	12,2	6,84	10,0	8,91	12,15	17,88	8,7	10,03	14,1	8,80	6,02	12,4
Trat.	Médias dos teores de macronutrientes na parte aérea, g kg ⁻¹											
Sem P	31,7	0,89 c	21,0 ab	14,8	3,1	1,14 b	22,4	1,13 b	18,7	14,7 b	3,6 c	2,9 b
SS 100	24,5	1,07 c	23,2 ab	15,5	2,8	1,29 b	21,0	1,18 b	15,3	15,9 ab	3,9 bc	3,4 ab
FF 100	24,1	0,91 c	18,4 b	14,1	2,9	1,00 b	19,2	1,24 ab	16,9	15,3 b	3,8 c	2,9 b
ST 100	27,7	1,57 b	26,3 a	16,5	3,0	1,29 b	21,2	1,3 ab	19,3	15,3 b	4,1 abc	3,0 ab
SS 200	25,1	1,58 b	25,4 a	17,3	3,4	5,11 a	20,5	1,56 a	15,3	15,5 b	4,6 ab	4,1 a
FF 200	24,6	1,33 b	21,6 ab	15,9	3,2	1,29 b	19,7	1,37 ab	15,2	15,0 b	4,6 ab	3,4 ab
ST 200	32,7	1,85 a	25,4 a	16,4	3,6	1,43 b	21,9	1,42 ab	19,3	19,6 a	4,7 a	3,4 ab

Médias seguidas de mesma letra no mesmo ciclo não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$) de significância. SS – Superfosfato simples; FF – fosfato a base de fosforita; ST – superfosfato triplo; 100: 100 mg dm⁻³ P; 200: 200 mg dm⁻³ P.

Tabela 5. Resumo da análise de variância e as médias do acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de feijoeiro, no primeiro e segundo ciclo, em solo de textura argilosa (Registro, SP, 2012).

	Primeiro Ciclo						Segundo Ciclo					
	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
<i>p-value</i>	0,249	0,0001	0,1234	0,6529	0,5900	0,0001	0,2322	0,0026	0,1833	0,2153	0,0424	0,3679
CV, %	19,39	15,13	17,48	18,4	17,52	21,68	9,59	8,99	17,26	14,84	12,09	18,63
Trat.	Médias dos acúmulos de macronutrientes na parte aérea, g kg ⁻¹											
Sem P	212	6,0 c	141	99	20,5	7,7 b	148	7,4 c	122	97	24,0	19,7
SS 100	164	7,1 bc	154	103	18,7	12,2 b	138	7,8 bc	101	106	25,9	22,3
FF 100	164	6,2 c	127	98	19,9	6,8 b	130	8,5 abc	116	103	26,1	19,9
ST 100	208	11,8 a	198	124	22,8	9,7 b	160	9,9 ab	145	115	30,4	22,3
SS 200	167	10,5 ab	168	115	22,4	34,0 a	136	10,3 a	101	103	30,5	27,5
FF 200	178	9,7 abc	157	115	22,9	9,5 b	143	9,9 ab	110	109	33,2	24,4
ST 200	224	12,6 a	174	113	24,2	9,7 b	149	9,5 abc	108	133	31,7	23,2

Médias seguidas de mesma letra no mesmo ciclo não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$) de significância. SS – Superfosfato simples; FF – fosfato a base de fosforita; ST – superfosfato triplo.

Tabela 6. Índice de Eficiência Agronômica (IEA, %) de acordo com os tratamentos utilizados ao longo de dois ciclos em duas doses de P.

Tratamentos	Textura média		Textura argilosa		Média dos ciclos	
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Média	Argilosa
SS 100	125	--	95	2600	125	1348
ST 100	99	--	81	28	99	54
SS 200	69	--	87	1260	69	673
ST 200	76	--	91	375	76	203

* Tratamentos, onde, ST = Superfosfato triplo e SS = Superfosfato simples. 1. Dose de 100 mg dm⁻³ de e 2. Dose de 200 mg dm⁻³ de P.