

EFICIÊNCIA DE VÁRIOS ADUBOS FOSFATADOS. I. EFEITO IMEDIATO (*)

TAKASHI MURAOKA (**)
A. M. LOUIS NEPTUNE (***)

RESUMO

Foram comparados diversos adubos fosfatados, tais como superfosfato simples, superfosfato concentrado, fosforita de Olinda, termofosfato, polifosfato de amônio, fosfato diamônico (DAP), metafosfato de potássio e metafosfato de cálcio, em duas unidades de solos, um regossol e um latossol. O experimento foi realizado em casa de vegetação com trigo (*Triticum aestivum*).

Considerando o peso da matéria seca e a concentração do fósforo nas plantas, verificou-se que os adubos superfosfato concentrado, polifosfato de amônio e DAP deram melhores resultados no regossol, enquanto que no latossol destacaram-se os adubos polifosfato de amônio, DAP e o metafosfato de potássio.

INTRODUÇÃO

A eficiência de um fertilizante fosfatado para aumento na produção não depende somente do seu conteúdo em fósforo. De acordo com TISDALE e RUCKER, 1964, depende de três fatores: a) a característica da cultura; b) o solo e condições climáticas sob as quais a cultura se desenvolve; e c) propriedades químicas e físicas do fertilizante utilizado e a dose e método de aplicação. Isso explica a discordância muitas vezes observados nos resultados de estudos de comparação de fertilizantes fosfatados.

HISDALE e WINTERS (1953), comparando metafosfato de cálcio com superfosfato concentrado, em 38 experimentos, constataram que o superfosfato era superior àquele adubo em 32 casos.

* Recebido para publicação em 30-12-1977.

** Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA). Bolsista do CNPq.

*** USP-ESALQ — Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) e Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes — Caixa Postal 96 — 13400 — Piracicaba, SP, Brasil.

LITYNSKI et al., (1957) fizeram um estudo comparando fosforita (14,10% P_2O_5), termofosfato (29,10% P_2O_5) e metafosfato de cálcio (60,25% P_2O_5) em milho e centeio em solo ácido e obtiveram menor produção de matéria seca com o fosforita do que com metafosfato, e este por sua vez, menor do que com termofosfato.

De uma maneira geral, o efeito do fosforita tem sido inferior (BLANCO et al., 1965; MATTINGLY e PENNY, 1968), mas o fosforita parece apresentar efeito residual geralmente superior (MALAVOLTA et al., 1953), ou igual a superfosfato simples e triplo (MATTINGLY, 1968).

TERMAN e SILVERBERG (1958) relatam que superfosfato concentrado, fosfato diamônico (DAP) e metafosfato de amônio apresentam resultados similares em diversas culturas. BLANCHAR e CALDWELL (1965) não constataram diferenças entre DAP e superfosfato simples.

PATELA e KALCKMANN, 1967, compararam superfosfato simples, termofosfato, fosforita de Olinda e metafosfato de cálcio em trigo duro. Obtiveram melhor resultado com superfosfato termofosfato, para efeito rante 5 anos, estudando efeito direto e residual de cada fertilizante, direto, e com fosforita e metafosfato de cálcio par o efeito residual.

Interesse crescente vem sendo tomado em polifosfatos por causa da sua alta concentração em teor de fósforo e por sua extrema solubilidade em água. Como nos estudos com os demais adubos fosfatados os resultados tem sido variáveis (STROEHLEIN et al. 1968 e TERMAN, 1971).

O presente trabalho tem como objetivo comparar eficiência de vários fertilizantes fosfatados de solubilidade e teor em P_2O_5 diferentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação em vasos com capacidade de 2800 cm³, com duas unidades de solos, regosol (experimento I) e latossol vermelho amarelo (experimento II) (Quadro 1).

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com 11 tratamentos par cada unidade de solo e 3 repetições, sendo 8 tratamentos com adubos fosfatados e os restantes, NK, N e testemunha absoluta.

Foi conduzido em duas fases: a primeira consagrou-se ao estudo do efeito imediato dos adubos fosfatados na cultura de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivar Alvorada 50, e a segunda fase, ao estudo do efeito residual dos mesmos, com milho (*Zea mays* L.) cultivar Centralmex. O presente experimento relata os resultados da primeira fase.

Quadro 1 — Características químicas do solo utilizado.

Solo	pH	M.O.	N total	P	K+	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺
	(H ₂ O)	%	%		m eq/100 g de solo			
Latossol	5,2	1,909	0,179	0,090	0,275	1,84	0,528	0,608
Regossol	4,9	0,105	0,072	0,075	0,100	0,512	0,560	0,944

Para fonte de nitrogênio foi utilizado o sulfato de amônio (20% N) e para o potássio, o cloreto de potássio (60% K₂O). A dose de fósforo foi equivalente a 120 kg de P₂O₅/ha, portanto 135 mg de P₂O₅ por vaso. Foram utilizados os seguintes adubos fosfatados: metafosfato de potássio, metafosfato de cálcio, polifosfato de amônio, fosfato diamônio (DAP), termofosfato, superfosfato triplo, superfosfato simples e fosforita de Olinda (Quadro 2).

Quadro 2 — Características químicas dos fertilizantes fosfatados utilizados.

FERTILIZANTE	P ₂ O ₅ (%)			K ₂ O (%)	CaO (%)	N amoniacal (%)
	Total	sol. ácido cítrico	sol. H ₂ O			
Metafosfato de K	49,65		10,43	21,00		
Metafosfato de Ca	67,94		11,24		29,79	
Polifosfato de amônio	65,45		62,37			14,56
DAP	52,86		47,55			17,67
Termofosfato	21,00	19,00			30	
Superfosfato triplo	45,00		45,00		14,00	
Superfosfato simples	21,00		21,00			
Fosforita de Olinda	34,00				48,00	

Dos 8 tratamentos com adubos fosfatados, 5 deles (menos os tratamentos com DAP, polifosfato e testemunha) receberam a mesma quantidade de N contido no DAP e seis deles, com exceção do tratamento com metafosfato de potássio e testemunha receberam a mesma quantidade de potássio contido no metafosfato de potássio. Os vasos com polifosfato de amônio receberam quantidade de nitrogênio equivalente a diferença entre a quantidade existente no polifosfato de DAP.

Cada tratamento, portanto, recebeu as seguintes quantidades de adubos:

	N (g de sulfato de amônio)	P (g de adubo fosfatado)	K (g de KCl)
1. Testemunha	0	0	0
2. N	0,225	0	0
3. N-K	0,225	0	0,095
4. Metafosfato de K	0	0,272	0,095
5. DAP	0	0,255	0,095
6. Metafosfato de Ca	0,225	0,199	0,095
7. Fosforita	0,225	0,397	0,095
8. Superfosfato triplo	0,225	0,299	0,095
9. Superfosfato simples	0,225	0,675	0,095
10. Termofosfato	0,225	0,642	0,095
11. Polifosfato de amônio	0,075	0,206	0,095

NOTA: 0,095 g de KCl equivale a quantidade K_2O (0,045 g) contido em 0,272 g de Metafosfato de K.

0,225 g de sulfato de amônio equivale a quantidade (0,045 g de N contido no DAP).

O metafosfato de potássio (proveniente da T.V.A., U.S.A.), que originalmente apresentava-se em forma de lâmina de 2 a 4 mm de espessura e tamanhos variáveis de 1 a 4 mm, ou em pedaços, foi finamente moído.

Os fertilizantes foram misturados nos respectivos vasos, antes do plantio (15 sementes de trigo por vaso).

O experimento foi instalado no dia 4/7/1969. Foram semeadas 15 sementes por vaso e no 13.º dia efetuou-se o desbaste; foram deixadas 10 plantas em cada vaso.

As plantas foram cortadas aos 70 dias, secas em estufa a 70°C, pesadas e moídas no moinho Wiley, malha 20. O nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl modificado; o fósforo pelo método colorimétrico e o potássio pela fotometria de chama. O extrato para determinação de P e K foi preparado utilizando-se o método nitroperclórico, segundo LOTT et al., 1956.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de peso de matéria seca, teor em nitrogênio, fósforo e potássio nas plantas do experimento estão nos Quadros 3 e 4.

Quadro 3 — Peso em g de matéria seca (m.s.) e mg de elementos na matéria seca, em trigo no Regossol.

TRATAMENTO	m.s.	N	P	K
	(g)	(mg)		
1. Testemunha	0,766	16,81	0,671	20,46
2. N	0,705	16,54	0,705	18,66
3. N + K	0,731	17,12	0,846	24,63
4. Metafosfato de K	2,215	53,96	4,293	74,33
5. DAP	2,942	60,46	7,358	72,75
6. Metafosfato de Ca	2,039	49,35	3,758	68,64
7. Fosforita	1,126	24,86	1,572	35,11
8. Superfosfato simples	2,538	52,83	4,240	71,00
9. Superfosfato Triplo	3,306	69,23	7,784	75,02
10. Termofosfato	2,052	44,71	3,743	65,27
11. Polifosfato	3,149	60,43	7,093	71,35
dms	0,802	19,695	1,889	25,482
CV %	14,01	15,90	16,91	16,03

Dentro de cada experimento, a diferença nos desenvolvimentos entre as plantas de diferentes tratamentos começou a aparecer a partir do 30.º dia. As plantas dos tratamentos DAP, superfosfato simples, polifosfato de amônio e superfosfato triplo, em ambos os tipos de solos, foram os que aparentemente melhor desenvolviam, enquanto que os tratamentos Testemunha e N, eram os piores.

Experimento I: Regossol (Quadro 3)

No regossol, antes da colheita, as plantas dos tratamentos superfosfato simples, DAP e superfosfato triplo apresentavam-se desenvolvidos. Os demais mostraram desenvolvimento aparentemente semelhantes entre si, com exceção do testemunha, N e N + K, que atingiram o tamanho máximo aproximadamente metade daqueles mais desenvolvidos.

Quadro 4 — Peso em g de matéria seca (m.s.) e mg de elementos na matéria seca, em trigo no Latossol.

TRATAMENTO	m.s.	N	P	K
	(g)		(mg)	
1. Testemunha	2,584	68,13	5,927	83,97
2. N	2,783	67,18	4,903	89,04
3. N + K	2,555	64,96	5,443	107,19
4. Metafosfato de K	4,644	105,70	12,144	156,32
5. DAP	5,899	126,33	10,781	129,59
6. Fosforita	3,812	94,75	9,546	119,72
7. Superfosfato simples	4,414	103,63	10,332	125,08
8. Superfosfato triplo	4,356	103,68	9,697	110,65
9. Termofosfato	4,305	106,26	10,609	153,68
10. Polifosfato	5,999	135,54	13,356	140,43
11. Metafosfato de Ca	4,255	106,74	10,569	148,23
dms	1,447	36,127	5,067	61,696
CV	11,94	12,56	18,46	17,03

1) *Peso de matéria seca*

São significativas (Teste de Tukey — nível 5%) as seguintes diferenças (Quadro 3): a) Todos os tratamentos, com exceção do fosforita, superiores aos tratamentos: Testemunha, N e N + K. b) Todos os tratamentos, com exceção dos testemunhas, N e N + K, superiores a do fosforita, c) DAP: maior em relação a metafosfato de Ca e Termofosfato. d) Polifosfato: maior em relação a metafosfato de Ca, termofosfato e metafosfato de K. e) Super triplo: maior em relação a metafosfato de Ca, termofosfato e metafosfato de K.

Não houve diferença significativa entre:

- a) DAP, polifosfato, super triplo e super simples.
- b) DAP e metafosfato de K.
- c) metafosfato de Ca, termofosfato, super simples e metafosfato.
- d) Testemunha, N, N + K e Fosforita.

2) *Teor em nitrogênio*

Considerando-se o teor em nitrogênio nas plantas, os contrastes que diferiram significativamente são:

- a) Todos os tratamentos, com exceção do fosforita, superiores:
 a) Testemunha, N e N + K. b) Todos os tratamentos, com exceção do N, N + K e testemunha, superiores a do fosforita, c) o tratamento super triplo apresenta quantidade de N superior as do termofosfato.
 d) O tratamento super triplo apresenta quantidade de N superior ao de metafosfato de Ca.

Não houve diferença significativa entre:

- a) Metafosfato de K, metafosfato de Ca, DAP, super simples, termofosfato e polifosfato, b) Testemunha, N, N + K e fosforita, c) super simples, metafosfato de K, super triplo, DAP e polifosfato.

3) *Teor em fósforo*

Os contrastes que diferiram significativamente são (Teste Tukey — nível 5%): a) Todos superiores aos seguintes tratamentos: Testemunha, N, N + K e fosforita; b) DAP, super triplo e polifosfato, que não diferiram significativamente entre si, apresentavam quantidade de P superior aos: metafosfato de Ca, termofosfato, super simples e metafosfato de K, os quais também não se diferiram significativamente entre si.

Não apresentaram diferença significativa entre:

- a) DAP, super triplo e polifosfato, b) metafosfato de Ca, termofosfato, super simples e metafosfato de K, c) Testemunha, N, N + K e fosforita.

4) *Teor em potássio*

São significativas (Tukey — nível de 5%) as seguintes diferenças:

1. Todos os tratamentos superiores aos seguintes tratamentos: testemunha, N, N + K e fosforita.

Não houve diferenças significativas entre a) Testemunha, N, N + K e fosforita. b) Os demais tratamentos.

Experimento IIs latossol (Quadro 4)

1) *Peso de matéria seca*

No latossol, considerando-se o peso de matéria seca, são significativas (Teste de Tukey — nível de 5%) as seguintes diferenças: a) Todos os tratamentos, com exceção do fosforita superiores aos: Testemunha, N e N + K. b) DAP e polifosfato superiores aos seguintes tratamentos: fosforita, super simples, super triplo termofosfato e metafosfato de Ca.

Não houve diferença significativa entre: a) Testemunha N, N + K e fosforita, b) DAP e polifosfato. c) Fosforita, super simples, super triplo, termofosfato e metafosfato de Ca.

2) *Teor em nitrogênio*

Para o teor em nitrogênio nas plantas as seguintes diferenças são significativas: a) todos os tratamentos, com exceção do fosforita e testemunha superiores aos seguintes: N e N + K. b) todos, com exceção do fosforita, super simples, N, N + K e super triplo, superiores a Testemunha, c) Tratamentos polifosfato, metafosfato de P, DAP, termofosfato e polifosfato, superiores ao fosforita e Testemunha.

Não houve diferenças significativas entre: a) N, N + K, testemunha e fosforita; b) Fosforita, super simples, super triplo, termofosfato, DAP, metafosfato de Ca, c) Polifosfato e os anteriores (com exceção do fosforita).

3) *Teor em fósforo*

As seguintes diferenças são significativas: a) metafosfato de Ca, metafosfato de K, super simples, termofosfato polifosfato apresentam quantidade de P superior aos seguintes tratamentos: N e N + K.

b) Metafosfato de K e polifosfato, superiores ao Testemunha.

Não apresentam diferenças significativas entre: a) Metafosfato de Ca, metafosfato de K, super simples, termofosfato, super triplo, polifosfato. b) N, N + K, testemunha e fosforita, c) fosforita com 1. d) Testemunha com a (com exceção do metafosfato de K e polifosfato). e) DAP com a.

4) *Teor em potássio*

São significativas as seguintes diferenças: a) Metafosfato de Ca, metafosfato de K e termofosfato apresentam quantidades de K superior ao da Testemunha. b) Metafosfato de K e termofosfato superiores ao de tratamento N.

Não há diferença significativa entre: a) metafosfato de Ca, metafosfato de K e termofosfato. b) Testemunha, N e N + K. c) super simples, super triplo, DAP, polifosfato, fosforita, N + K e os do a. d) Testemunha e os seguintes: super simples, super triplo, DAP, polifosfato, fosforita e N + K.

CONCLUSÕES

1. No Regossol

1.1. Super Triplo, Polifosfato e DAP deram maiores quantidades de matéria seca.

1.2. Como fonte de P os melhores adubos foram super triplo, DAP e polifosfato. O metafosfato de K, metafosfato de Ca e termofosfato apresentaram efeito semelhante à do super simples.

2. No Latossol

2.1. Polifosfato, DAP e metafosfato de K deram maiores quantidades de matéria seca.

2.2. Como fontes de P os melhores adubos foram: polifosfato, metafosfato de K, DAP e termofosfato. Os demais apresentaram efeitos semelhantes a do super.

3. O Fosforita, tanto para a matéria seca como para fonte de P foi o adubo que deu pior resultado em ambos os tipos de solos.

4. As plantas absorveram maior quantidade de K do metafosfato de K do que do KCl (aplicado com outros adubos fosfatados). Portanto, além de ser ótimo adubo fosfatado, é também ótima fonte de potássio.

5. O DAP e polifosfato são adubos que deram melhores resultados em matéria seca e quantidade de N e P absorvidas.

SUMMARY

EFFICIENCY OF PHOSPHATE FERTILIZERS. I IMMEDIATE EFFECT.

Ordinary superphosphate, triple superphosphate, Olinda rock phosphate, thermosphosphate, ammonium poliphosphate, diammonium phosphate, potassium metaphosphate were applied to regosol and red yellow latosol and evaluated as phosphorus sources for wheats in greenhouse experiment.

Considering the dry matter weight and phosphorus content in the plants, the experiment showed that triple superphosphate, ammonium poliphosphate and diammonium poliphosphate were the best phosphorus sources in regosol, whereas in the latosol, ammonium poliphosphate, diammonium poliphosphate and potassium metaphosphate were the best sources.

LITERATURA CITADA

- BLANCHARD, R.W., CALDWELL, A.C., 1965. Phosphorus availability of monocalcium and diammonium phosphates in calcareous soils. *J. Agric. Food Chem.*, **13**: 171-173.

- BLANCO, H.C., VENTURINI, W.R., GARGANTINI, H., 1965. Modo de ação do adubo fosfatado aplicado em trigo e o seu efeito residual em soja em solos de acidez variável. *Bragantia*, **24**: 261-279.
- LITYNSKI, T.; JURKOWSKA, H., GORLACH, E., 1957. Investigations on the value of calcium metaphosphate as a phosphate fertilizer *Sesz. Navk. Szkol. Rol. Rol. N.º 2*, 65-91. Abstracts Soil and Fertilizers.
- LOTT, W.J.P., GALLO, R.J. MEDCALF, J.J., 1956. A técnica da análise foliar aplicado ao cafeeiro. *Bol. Inst. Agron. Campinas*, n.º 79.
- MALAVOLTA, E., COURY, T., RANZANI, G., CATANI, R.A. BRASIL, Sob. M.O.C., ARRUDA, H.V. de, 1953. Competição entre adubos fosfatados em milho (*Zea mays*, L.). *Anais da ESALQK. Piracicaba*, **10**: 110-120.
- MATTINGLY, G.E.G., PENNY, A., 1968. Evaluation of Phosphate Fertilizers. I. Immediate value of dicalcium phosphate, nitrophosphates, Gafsa Rock Phosphate, Basic Slag and Potassium metaphosphate for barley and reye grass. *J. Agric. Sci., Camb.* **70**: 131-138.
- MATTINGLY, G.E.G., 1968. Evaluation of Phosphate fertilizers. II. Residual value of dicalcium phosphate, nitrophosphates, Gafsa Rock phosphate, Basic Slag and Potassium metaphosphate for potatoes, barley and swedes grown in rotation, with special reference to changes in soil phosphorus status. *J. Agric. Sci.* **70**: 139-156.
- PATELA, J.F., KALCKMANN, R.E., 1967. Experimentação sobre o valor agrícola de alguns fertilizantes fosfatados. *Folha de Resultados N.º 4*, IPEAS.
- STROEHLEIN, J.L., SABET, S.A. e CLEMENTZ, D.M., 1968. Response of plants to polyphosphate on calcareous soils. *Agron. J.*, **60**: 576-577.
- TERMAN, G.L., 1971. Phosphate fertilizer sources: Agronomic effectiveness in relation to chemical and physical properties. Meeting of Fertilizer Society, Burlington House, Piccadilly, London, 14/10/1971.
- TERMAN, G.L. e SILVERBERG, J. 1958. Some results with new high analysis fertilizers. *Farm. Chem.* **12**(6): 31-32.
- TISDALE, S.L. e D.L. RUCKER, 1964. Crop response to various phosphates. The sulphur Institute Technical Bulletin Number 9.
- TISDALE, S.L. e WINTERS, E., 1953. Crop responses to calcium metaphosphate on alkaline soils. *Agronomy Journal*, **45**(6): 228-234.