



Uso de fosfatos com diferentes solubilidades no conteúdo de macronutrientes da cultura do milho em dois ciclos de cultivo

N.D.S. BARRETO⁽¹⁾, G.P. DUDA⁽²⁾, C.J. OLIVEIRA⁽³⁾, A.B. ALMAIDA JÚNIOR⁽⁴⁾ & A.M.S. MENDES⁽⁵⁾

RESUMO - O uso de adubos fosfatados é de fundamental importância para a produtividade agrícola, já que o P é o principal elemento limitante as culturas tornando seu uso necessário para obtenção de altas produtividades principalmente em solos brasileiros que, caracterizam-se por apresentar baixos teores de fósforo disponível às plantas. Diante dessa realidade objetivou-se avaliar o uso de distintas fontes de fosfato bem como seus efeitos residuais na cultura do milho em solo do semi-árido. O experimento foi realizado em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRS. Para montagem do experimento, utilizou-se um solo com baixo teor de P₂O₅ coletado a uma profundidade de 0 -20 cm. Foram adicionados cinco tipos de adubos fosfatados com diferentes solubilidades: Superfosfato triplo, Yoorin, Araxá, Fosfobahia e Gafsa, sob duas formas de aplicação: na superfície do vaso e Localizado, mantendo um tratamento adicional como testemunha. O experimento foi montado em blocos ao acaso com três repetições. O processo repetiu-se por dois ciclos consecutivos para que se pudesse avaliar o efeito residual. Os resultados obtidos demonstraram que as plantas de milho acumularam mais P quando submetidas à aplicação de Super Fosfato Triplo, independentemente da forma de aplicação. Já os fosfatos naturais, por apresentar menor solubilidade, tendem a ser mais eficientes na acumulação de P, quando aplicados de forma localizada, tanto no primeiro quanto no segundo ciclo de cultivo. Quanto a acumulação de Ca, pode-se constatar que os fosfatos naturais propiciaram maior acúmulo deste elemento, quando aplicados em superfície no primeiro ciclo. Já no segundo ciclo a aplicação de forma localizada foi mais eficiente na acumulação de Ca.

Introdução

As fontes de fósforo podem ser divididas

basicamente em solúveis, pouco solúveis e insolúveis. As primeiras, quando adicionadas ao solo, aumentam rapidamente a concentração do fósforo na solução do solo. Os fosfatos solúveis têm sua eficiência diminuída ao longo do tempo devido ao processo de "adsorção" ou "fixação" de P. Já os fosfatos naturais, que são insolúveis em água, se dissolvem lentamente na solução do solo e tendem a aumentar a disponibilidade do P para as plantas com o tempo [1]. As adubações fosfatadas são feitas principalmente utilizando-se formas solúveis. As quantidades utilizadas são várias vezes superiores às necessidades das culturas, visto que cerca de 80% do P aplicado torna-se indisponível após a incorporação ao solo. Como alternativa sugere-se o uso de fosfatos naturais, embora estes possuam uso limitado por apresentarem-se na forma de apatitas de baixa solubilidade, o que diminui sua eficiência [2]. Comumente tem sido recomendado o superfosfato triplo e superfosfato simples como fontes de fósforo. Atualmente, outras fontes reativas de menor solubilidade têm apresentado bons resultados na produtividade de diversas culturas [3]. Diante dessa realidade objetivou-se avaliar o uso de distintas fontes de fosfato sob duas formas de aplicação bem como seus efeitos residuais na cultura do milho em solo do semi-árido.

Palavras-Chave: Zea mays, macronutrientes, fontes de fosfato.

Material e métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRS. O solo utilizado no experimento apresentou-se com baixo teor de P₂O₅, localizado no próprio campus da UFRS, situado na cidade de Mossoró-RN, com latitude (5 o 11'), longitude oeste (37 o 20'); temperatura média anual 27,40 o C; umidade relativa do ar 69%, cuja classificação climática, segundo W. Köppen é do tipo Bsw^h, ou seja, muito seco e quente [4]. O solo foi coletado a profundidade

(1) Primeiro Autor é Estudante de Mestrado em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. BR 110, km 47, Costa e Silva, Mossoró, RN, CEP 59625-900. E-mail: normaterrarios@yahoo.com.br (apresentador do trabalho)

(2) Segundo Autor é Professor Adjunto, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. BR 110, km 47, Costa e Silva, Mossoró, RN, CEP 59625-900.

(3) Terceiro Autor é Professor Adjunto Escola Agrícola de Jundiá RN 106, Km 03 - UFRN - Distrito de Jundiá – Macaíba-RN, CEP: 59.280-000.

(4) Quarto Autor é Estudante de Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. BR 110, km 47, Costa e Silva, Mossoró, RN, CEP 59625-900.

(5) Quinto Autor é Pesquisador, Embrapa Semi-Árido. BR 428, Km 152, Zona Rural - Caixa Postal 23 Petrolina, PE - Brasil - CEP 56302-970.

de 0-20 cm, as quais foram caracterizadas quimicamente (Tabela 1). Encheu-se trinta e três baldes com capacidade 3 dm³ de solo. Após essa fase foi realizada a adubação nitrogenada, conforme exigência da cultura mediante análise de solo na forma de uréia, e feita a adição de cinco tipos de adubos fosfatados: Superfosfato triplo, fosfato magnesiano Yoorin, fosfatos naturais Araxá, Fosfobahia e Gafsa. Estes fosfatos foram aplicados de duas formas: na superfície e localizado. A quantidade de cada adubo usado foi, calculada para a dose de 80 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, conforme recomendação para cultura do milho e considerando-se o teor de P₂O₅ em cada adubo. A irrigação foi realizada com água destilada de forma que se mantivesse a capacidade de campo.

O delineamento Experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2, onde o primeiro fator representa cinco tipos de fosfato (Super triplo, Araxá, Gafsa, Fosfobahia e Yoorin) e o segundo representa 2 formas de aplicação (na Superfície e localizado), com uma testemunha totalizando 11 tratamentos em 3 repetições.

As plantas foram colhidas logo que iniciaram a fase de florescimento e adicionadas a sacos de papel sendo então colocadas em estufa com aeração forçada, para obtenção da matéria seca. As amostras trituradas foram submetidas a digestão nitro-perclórica e no extrato foi realizada a determinação dos elementos P, K, Ca, Mg e Na conforme [5].

Os dados obtidos para cada variável foram submetidos à análise de variância utilizando-se o nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A aplicação do fertilizante diretamente na superfície do solo, proporcionou maior absorção de K para a maioria dos adubos utilizados. Exceção foi observada para o fosfato de Araxá que teve melhor desempenho quando aplicado de forma localizada.

Quanto ao teor de Na, a exceção do Yoorin que não diferiu quanto à forma de aplicação, todas as fontes apresentaram resultado estatisticamente superior quando fornecidos de forma superficial. O fosfato Araxá proporcionou menor teor de Na e o Fosfobahia maior teor em ambos os modos de aplicação (Tabela 2).

No segundo cultivo, os resultados foram diferentes do primeiro, quanto a acumulação de K, tendo em vista que fosfobahia apresentou os maiores resultados em ambos os métodos de aplicação. As demais fontes utilizadas proporcionaram maior conteúdo de K quando foram aplicados de forma superficial. No modo aplicação localizado observou-se o menor acúmulo de K submetidos a Yoorin e a fosfato de Araxá. A forma de aplicação de P que melhor se destacou para o Na foi a superficial com o fosfato de Araxá detendo os melhores resultados para a de aplicação (Tabela 3).

A adição do Yoorin aumentou o teor de Ca na

planta somente quando fornecido na forma superficial. Já o Superfosfato triplo apresentou melhor resultado quando fornecido de forma localizada. Os fosfatos naturais, apresentaram menor conteúdo de Ca, sendo o fosfato de Gafsa responsável pelo menor acúmulo em ambos os métodos (Tabela 4).

No segundo cultivo o fosfato de Gafsa manteve-se responsável pelo menor fornecimento de Ca à planta. O superfosfato trilo fornecido de modo superficial ao solo e o Fosfobahia de modo localizado apresentaram os melhores teores do nutriente às plantas (Tabela 5).

Os maiores teores de Mg no segundo cultivo (Tabela 5) ocorreram quando se aplicou o Yoorin na superfície e o Superfosfato triplo localizado. No caso do Fosfobahia, não houve diferença quanto ao modo de aplicação deste fosfato, tendo em vista que os resultados foram estatisticamente iguais.

A aplicação localizada do Superfosfato Triplo ocasionou maior conteúdo de P na planta de milho, como destacado por Novais & Smyth [6]. Quanto à adubação superficial a fonte que proporcionou menor acúmulo de P foi o fosfato de Gafsa. Já no caso da aplicação de forma localizada a utilização de fosfato de Araxá acarretou em menor conteúdo de P (Tabela 6).

No cultivo subsequente constatou-se um aumento do conteúdo de P nas plantas, embora as fontes menos solúveis como os fosfatos naturais não tenham se igualado ao Super triplo como se esperava, talvez devido ao curto espaço de tempo entre os cultivos. O Superfosfato Triplo, por sua vez, apresentou efeito não significativo quanto ao método de fornecimento. O total do nutriente acumulado na parte aérea foi superior quando as plantas receberam adubação fosfatada de forma superficial no solo, à exceção do Fosfobahia que apresentou tendência contrária (Tabela 6).

Para o conteúdo de P na parte aérea de milho, houve efeito diferenciado das fontes dentro de cada modo de aplicação. O fosfato de Araxá apresentou os menores conteúdos de P sob a forma superficial de adubação e o Fosfato de Gafsa de forma localizada na cova de cultivo. À exceção do Yoorin, observa-se em ambos cultivos que, o uso de fontes mais solúveis (Super Triplo) após a aplicação e a distribuição sob as duas formas de aplicação (superfície e localizado) ocasionaram maior absorção de P.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro da CAPES para o desenvolvimento da pesquisa.

Referências

- [1] KORNDORFER, G.H.; CABEZAS, L.; WALDO, A. & HOROWITZ, N. 2005. [Online] Eficiência agrônômica de fosfatos naturais reativos na cultura do milho Homepage: http://www.sielo.br/sielo.php?script=sci_arttext&pid=s01039016199900200019&lng=pt&nrm=iso
- [2] BRAGA, N.R.; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; RAIJ, B. VAN; FEITOSA, C.T. & HIROCE, R. 1991. Eficiência agrônômica de nove fosfatos em quatro cultivos consecutivos de soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15: 315-319..

- [3] LANA, R.M.Q.; JÚNIOR, L.A.Z.; LUZ, J.M.Q. & SILVA, J.C. 2004. Produção de alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Horticultura*, Brasília 22: n. 3.
- [4] CARMO FILHO, F. & OLIVEIRA, O.F. 1989. Um município do semi-árido nordestino; características climáticas; aspectos florestais. *ESAM (coleção mossoroense)*, Mossoró, B. 672.
- [5] EMBRAPA. 1997. Manual de métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 212p.
- [6] NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. 1999. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: DPS/UFV, 399 p.

Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado no experimento na profundidade 0-20 cm.

pH H ₂ O	P ⁽¹⁾	K ⁽¹⁾	Ca ⁽²⁾	Mg ⁽²⁾	Na ⁽¹⁾	Al ⁽²⁾
	mg. dm ⁻³	cmol _c .dm ⁻³				
6,0	7,0	0,24	4,4	1,0	0,04	0,05

Tabela 2. Teores médios de K e Na (mg planta⁻¹) em função do uso de diferentes fontes de fósforo sobre duas formas de aplicação no primeiro cultivo de milho.

Fontes	K		Na	
	Superfície	Localizado	Superfície	Localizado
Gafsa	139,19 a BC	106,92 b C	20,93 a B	17,67 b B
Super triplo	159,99 a A	141,26 b A	19,52 a B	12,41 b C
Yoorin	266,61 a A	135,67 b B	17,76 a BC	18,35 a B
Araxá	131,99 b D	142,73 a A	14,98 a c	11,98 b C
Fosfobahia	135,93 a C	79,26 b D	29,66 a A	25,35 b A
Testemunha	103,19		17,87	
CV(%)	1,14		7,25	

Médias seguidas por letra minúsculas e distintas, entre colunas, indicam diferença entre métodos de aplicação e médias seguidas por letras maiúsculas, entre linhas, indicam diferença entre fontes de P para cada nutriente a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Teores médios de K e Na (mg planta⁻¹) em função do uso de diferentes fontes de fósforo sobre duas formas de aplicação no segundo cultivo de milho.

Fontes	K		Na	
	Superfície	Localizado	Superfície	Localizado
Gafsa	235,71 b B	396,44 a B	29,20 a E	2,78 b C
Super triplo	236,21 a B	221,25 b E	35,63 a D	14,85 b B
Yoorin	231,71 b B	296,27 a C	65,77 a C	2,40 b C
Araxá	231,19 b B	247,51 a D	102,84 a A	63,77 b A
Fosfobahia	258,87 b A	433,25 a A	81,87 a B	2,96 b C
Testemunha	213,68		86,67	
CV(%)	2,2		4,62	

Médias seguidas por letra minúsculas e distintas, entre colunas, indicam diferença entre métodos de aplicação e médias seguidas por letras maiúsculas, entre linhas, indicam diferença entre fontes de P para cada nutriente a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Teores médios de Ca e Mg (mg planta⁻¹) em função do uso de diferentes fontes de fósforo sobre duas formas de aplicação no primeiro cultivo de milho.

Fontes	Ca		Mg	
	Superfície	Localizado	Superfície	Localizado
Gafsa	28,81 b E	47,10 a C	18,65 b D	28,84 a B
Super triplo	67,03 b C	76,59 a A	32,37 b B	35,62 a A
Yoorin	77,99 a A	59,64 b B	51,89 a A	36,30 b A
Araxá	72,24 a B	39,59 b D	22,77 b C	28,76 a B
Fosfobahia	49,11 a D	37,44 b D	17,88 b C	23,37 a C
Testemunha	38,57		23,08	
CV(%)	2,18		3,33	

Médias seguidas por letra minúsculas e distintas, entre colunas, indicam diferença entre métodos de aplicação e médias seguidas por letras maiúsculas, entre linhas, indicam diferença entre fontes de P para cada nutriente a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 5. Teores médios de Ca e Mg (mg planta^{-1}) em função do uso de diferentes fontes de fósforo sobre duas formas de aplicação no segundo cultivo de milho.

Fontes	Ca		Mg	
	Superfície	Localizado	Superfície	Localizado
Gafsa	113,40 a D	108,97 b D	0,00 b E	22,34 a B
Super triplo	134,75 b A	142,21 a B	12,26 b D	32,62 a A
Yoorin	119,59 b C	144,75 a B	61,48 a A	0,00 b C
Araxá	128,13 a B	127,30 a C	32,85 a C	0,00 b C
Fosfobahia	126,81 b B	150,72 a A	51,29 a B	24,89 b B
Testemunha	126,5		27,83	
CV(%)	1,67		4,54	

Médias seguidas por letra minúsculas e distintas, entre colunas, indicam diferença entre métodos de aplicação e médias seguidas por letras maiúsculas, entre linhas, indicam diferença entre fontes de P para cada nutriente a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Teores médios de P (mg planta^{-1}) em função do uso de diferentes fontes de fósforo sobre duas formas de aplicação nos primeiro e segundo cultivos de milho.

Fontes	1ºcultivo		2ºcultivo	
	Superfície	Localizado	Superfície	Localizado
Gafsa	0,27 b D	0,67 a C	2,75 a C	1,50 b D
Super triplo	2,48 b A	3,7 a A	6,48 a A	6,25 a A
Yoorin	1,08 b B	1,97 a B	3,72 a B	3,30 b B
Araxá	0,14 b BC	0,75 a D	2,01 a D	1,93 a C
Fosfobahia	0,37 a CD	0,43 a CD	2,54 b C	3,21 a B
Testemunha	0,57		1,75	
CV(%)	15,14		5,28	

Médias seguidas por letra minúsculas e distintas, entre colunas, indicam diferença entre métodos de aplicação e médias seguidas por letras maiúsculas, entre linhas, indicam diferença entre fontes de P para cada cultivo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.