

## EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DO MILHO EM RESPOSTA A FONTES E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO

Álvaro Vilela de Resende<sup>(1)</sup>, Antonio Eduardo Furtini Neto<sup>(2)</sup>, Ivânia Barbosa Araújo<sup>(2)</sup>, Vera Maria de Carvalho Alves<sup>(3)</sup>, José Zilton Lopes Santos<sup>(2)</sup>, Leonardo Coelho Soares Vilela<sup>(2)</sup>. <sup>(1)</sup>Embrapa Cerrados, Rodovia BR 020, Km 18, 73301-970, Planaltina – DF; <sup>(2)</sup>UFLA, Departamento de Ciência do Solo, 37200-000, Lavras – MG; <sup>(3)</sup>Embrapa Milho e Sorgo, Rodovia MG 424, Km 65, 35701-970, Sete Lagoas – MG.

Entre as estratégias apontadas por Sanchez & Salinas (1981) para contornar a escassez do fósforo nos solos trópicos, além da determinação de métodos mais eficientes de aplicação dos fertilizantes e a pesquisa de fontes alternativas, estão a seleção e uso de espécies e variedades mais tolerantes a baixos níveis de P no solo.

A escolha do modo de aplicação de fósforo depende das características do fertilizante utilizado e do solo (Novais & Smyth, 1999), sendo sua eficiência influenciada também por outros fatores, como as condições climáticas (Goedert & Sousa, 1986) e a própria planta (Fageria, 1998). Como alternativa aos fertilizantes fosfatados solúveis, tem sido aumentado o uso de fosfatos naturais de menor solubilidade. Entretanto, os resultados de pesquisa e as indicações técnicas para uso desses produtos (Lopes, 1999, Novais, 1999) ainda suscitam dúvidas sobre a melhor forma de manejo da adubação.

Objetivou-se neste trabalho, avaliar a eficiência nutricional do milho a fósforo em função de fontes e modos de aplicação do nutriente.

O experimento foi conduzido em condições de campo (sequeiro), na Fazenda Boa Vista, município de Itumirim-MG, num Argissolo Vermelho típico, textura argilosa, sob vegetação de cerrado e com baixa disponibilidade de fósforo. A planta-teste foi o milho híbrido triplo HT 971011 da Embrapa-CNPMS.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de um fatorial 4x2+1, combinando quatro fontes de fósforo (ST - superfosfato triplo, TM - termofosfato magnésiano Yoorin, FR - fosfato reativo de Arad, e FA - fosfato natural de Araxá) e duas formas de aplicação (a lanço em área total e localizada no sulco), sendo que uma testemunha que não recebeu fósforo constituiu o tratamento adicional.

Empregou-se uma dose de calcário dolomítico para elevar o pH em água próximo a 5,5. Na época do plantio, as fontes fosfatadas foram aplicadas na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, considerando-se o teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total dos fertilizantes. No modo de aplicação a lanço, os fertilizantes foram distribuídos manualmente em toda a área da parcela experimental e incorporados a 10 cm de

profundidade. Na aplicação localizada, os fertilizantes foram distribuídos no fundo do sulco de plantio.

Por ocasião da colheita, duas plantas e cinco espigas representativas de cada parcela foram coletadas para a determinação da concentração de nutrientes. Mediu-se também a produção de matéria seca da parte aérea e de grãos na parcela. Considerando-se os teores de P nas diferentes partes da planta e os respectivos pesos secos, foi obtido o conteúdo do nutriente (acúmulo). Conforme proposto por Moll et al. (1982), índices de eficiência nutricional foram calculados (Tabela 1) visando à avaliação da contribuição dos processos de aquisição, translocação e utilização do P na resposta do genótipo de milho aos tratamentos.

Tabela 1. Procedimentos de cálculo dos índices de eficiência nutricional.

<b>Índices de Eficiência</b>	<b>Formas de cálculo<sup>(1)</sup></b>
Eficiência de Absorção – IEA (kg kg <sup>-1</sup> )	Pp/Pa
Eficiência de Redistribuição – IER (kg kg <sup>-1</sup> )	Pg/Pp
Eficiência de Utilização – IEU (kg kg <sup>-1</sup> )	Prod/Pp
Eficiência de Produção de Grãos – IEP (kg kg <sup>-1</sup> )	Prod/Pg
Eficiência do Fertilizante – IEF (kg kg <sup>-1</sup> )	Prod/Pa

<sup>(1)</sup> Pp = fósforo acumulado na parte aérea da planta, Pa = quantidade de fósforo aplicada, Pg = fósforo acumulado nos grãos, Prod = produção de grãos.

A análise dos dados de conteúdo de P nos grãos, em relação ao total acumulado na planta (Tabela 2), permite inferir sobre a possibilidade de uma estratégia interna do genótipo em utilizar eficientemente o P absorvido, sob condições de maior ou menor disponibilidade, priorizando, em qualquer situação, a mobilização do nutriente para a produção de grãos, constituindo-se este compartimento no dreno preferencial da planta. Entretanto, o fato de aparentemente não ter havido relação direta entre conteúdo de P nos grãos e produção (Araújo, 2001), pode indicar que o genótipo em questão seria tolerante ao baixo suprimento, porém, pouco responsivo à adubação fosfatada.

Tabela 2. Conteúdo (kg ha<sup>-1</sup>) de P nos grãos e conteúdo total de P na parte aérea do milho em função de fontes e modos de aplicação de fósforo.

<b>Modos de aplicação</b>	<b>Fontes</b>				<b>Testemunha</b>
	<b>ST</b>	<b>TM</b>	<b>FR</b>	<b>FA</b>	
	Grãos				
Lanço	40,87 a A	33,77 b AB	28,47 b BC	22,38 b C	27,12*
Sulco	25,89 b B	45,09 a A	43,27 a A	31,21 a B	
	Total na parte aérea				
Lanço	50,98 a A	45,85 b A	38,13 b BC	33,74 b C	35,96*
Sulco	38,78 b B	56,07 a A	56,42 a A	42,62 a B	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

\* Média do tratamento testemunha difere em relação à média do fatorial pelo teste F (P<0,05).

Quando os fertilizantes fosfatados foram aplicados a lanço, a eficiência de absorção (IEA) tendeu a ser decrescente conforme diminui a solubilidade das fontes fosfatadas (Tabela 3), na seqüência ST>TM>FR>FA. Como a dose de P utilizada para o cálculo do IEA diz respeito ao teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total dos fertilizantes, esse comportamento é condizente com a maior ou menor facilidade de aquisição do nutriente pelas raízes, na medida que as fontes diferem bastante quanto à solubilidade. A aplicação dos fertilizantes TM, FR e FA no sulco de plantio favoreceu maior absorção do P fornecido, provavelmente por minimizar o contato do adubo com o solo e, conseqüentemente, restringir os processos de fixação de fósforo.

Tabela 3. Índices de eficiência (kg kg<sup>-1</sup>) a fósforo para o milho em função de diferentes fontes e modos de aplicação do nutriente.

Modos de aplicação	Fontes				Testemunha
	ST	TM	FR	FA	
	IE Absorção				
Lanço	0,27 a A	0,25 b B	0,21 b B	0,19 b B	
Sulco	0,21 b B	0,31 a A	0,31 a A	0,24 a B	-
	IE Redistribuição				
Lanço	0,82 a A	0,74 b B	0,75 a B	0,66 b C	
Sulco	0,67 b B	0,80 a A	0,77 a AB	0,73 a B	0,75 ns
	IE Utilização				
Lanço	168,8 aB	184,0 a B	179,8 a B	225,3 a A	
Sulco	195,5 a A	136,6 b B	148,5 b B	165,5 a AB	192,5 ns
	IE Produção de Grãos				
Lanço	204,5 b B	250,2 a B	241,7 a B	341,1 a A	
Sulco	294,1 a A	170,8 b B	193,4 a B	223,4 b AB	157,7 ns
	IE do Fertilizante				
Lanço	46,5 a A	46,9 a A	37,9 b B	42,3 a AB	
Sulco	41,4 a AB	42,3 a AB	46,6 a A	37,2 a B	-

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

ns=média do tratamento testemunha não difere em relação à média do fatorial pelo teste F (P<0,05).

Como ao final do ciclo, a maior parte do P acumulado na planta de milho foi mobilizada para os grãos(Tabela 2), a eficiência de redistribuição (IER) parece apresentar estreita relação com a eficiência de absorção (Tabela 3), sugerindo que o transporte interno de P na planta seria mera conseqüência da absorção, sendo influenciado pelas mesmas condições que a afetam.

Estando na dependência da relação entre os valores de produção de grãos e da quantidade de P acumulada na planta, a eficiência de utilização (IEU) foi maior (Tabela 3) nos tratamentos que proporcionaram menor acúmulo do nutriente na planta. A ausência de diferença significativa entre a testemunha e os tratamentos que receberam adubação fosfatada, quanto à eficiência de utilização, evidencia a alta capacidade do genótipo em utilizar o P em condições de baixo suprimento, sem, contudo, mostrar intensa resposta ao fornecimento do nutriente.

Quanto aos índices de eficiência do fertilizante (IEF), as principais diferenças estatísticas ocorreram entre as fontes, dentro de cada modo de aplicação (Tabela 3). Quando aplicadas a lanço, as fontes mais solúveis (ST e TM) foram mais eficientes que os fosfatos naturais (FR e FA), o que deve estar ligado ao equilíbrio diferenciado que se estabelece na interação entre o P dissolvido das fontes e os componentes coloidais do solo, de forma que os fosfatos solúveis liberaram o nutriente em quantidades mais elevadas, minimizando os efeitos da competição entre solo e planta pelo fósforo fornecido, condição não alcançada com o uso dos fosfatos naturais onde a menor quantidade de P liberada atende primeiramente a demanda do solo, dreno preferencial no sistema (Novais & Smyth, 1999).

Dentre os índices utilizados para avaliação da eficiência nutricional do genótipo neste estudo, as eficiências de absorção (IEA) e redistribuição (IER) de fósforo foram incrementadas conforme o aumento da solubilidade das fontes, ao passo que as eficiências de utilização (IEU) e produção de grãos (IEP) seguiram tendência inversa. Dessa forma, o efeito dos tratamentos parece ter sido mais bem expresso pelo índice de eficiência do fertilizante (IEF), o qual refletiu melhor a interação dos fatores relacionados ao comportamento das fontes de P e do genótipo.

### Referências

- ARAÚJO, I.B. Fontes e modos de aplicação de fósforo na produção e nutrição mineral do milho em primeiro cultivo. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. 76p. (Dissertação de mestrado).
- FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. R. Bras. Eng. Agr. Amb., 2:6-16, 1998.
- GOEDERT, W.J. & SOUSA, D.M.G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: Seminário P, Ca, Mg, S e micronutrientes: situação atual e perspectiva na agricultura, São Paulo, 1984. Anais... São Paulo, Manah, 1986. p.21-53.
- LOPES, A.S. Fosfatos naturais. In: Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G. & Alvarez V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5a aproximação. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.65-6.
- MOLL, R.H.; KAMPRATH, E.J. & JACKSON, W.A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agr. J., 74:562-64, 1982.
- NOVAIS, R.F. Utilização de fosfato naturais de baixa reatividade. In: Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G. & Alvarez V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5a aproximação. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.62-4.
- NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, UFV-DPS, 1999. 399p.
- SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in Tropical America. Adv. Agr., 34:279-406, 1981.