

Fontes de Fósforo e Micronutrientes no Crescimento e Estado Nutricional do Milho.

Antonio Costa⁽¹⁾; Mário Miyazawa⁽²⁾; Iris Tiski⁽³⁾

⁽¹⁾ Pesquisador, Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Londrina, PR, antcosta@iapar.br; ⁽²⁾ IAPAR, Londrina, PR, miyazawa@iapar.br; ⁽³⁾ Química, Produquímica, São Paulo, SP, iris@wsct.com.br.

RESUMO: O requerimento de grandes quantidades de fosfatos na correção da fertilidade dos solos e a ausência de reservas abundantes de rochas fosfatadas de boa qualidade no País, associados ao elevado custo dos fertilizantes, justificam estudos para aumentar a eficiência no uso de adubos fosfatados. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a resposta de plantas de milho ao MAP e ao MAP revestido com Policote e formas de fornecimento de micronutrientes na adubação (em pó e aderido aos grânulos de MAP). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos na dose de 700 mg P₂O₅/kg de solo foram aplicados em vasos com capacidade para 4 kg de solo. Aos 45 dias após a emergência das plantas foram avaliados a produção de matéria seca, os teores e acúmulo de fósforo, boro, cobre, manganês e zinco na parte aérea e raiz. A maior produção de matéria seca de parte aérea foi observada quando da aplicação de MAP revestido com Policote. O fornecimento de micronutrientes aderidos no fertilizante (MAP) resultou em maior produção de matéria seca de plantas, teores e acúmulo de nutrientes nas plantas.

Termos de indexação: MAP; polímero; revestimento.

INTRODUÇÃO

Devido ao intenso intemperismo, os solos de regiões tropicais apresentam reduzida fração de P biodisponível, muitas vezes abaixo das exigências mínimas das culturas (Santos et al., 2008). Essa característica está associada à alta capacidade que esses solos têm em reter o P na fase sólida, na forma de compostos de baixa solubilidade. Segundo Resende et al., 2006, o requerimento de grandes quantidades de fosfatos na correção da fertilidade dos solos e a ausência de reservas abundantes de rochas fosfatadas de boa qualidade no País, associados ao elevado custo dos fertilizantes, justificam estudos para aumentar a eficiência no uso de adubos fosfatados. Em relação ao fornecimento de micronutrientes às culturas, a calibração de critérios de recomendação de dosagem tem sido a principal

ferramenta para aumentar a eficiência da adubação com esses nutrientes. Entretanto, a forma de aplicação de micronutrientes também pode em muito influenciar a resposta das lavouras. Atualmente tem sido utilizada a mistura física de fontes granuladas de micronutrientes com grânulos de fertilizantes NPK, no entanto, tais misturas físicas resultam em segregação e desuniformidade de aplicação de micronutrientes, razão pela qual se avaliou a adesão ao grânulo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de matéria seca, os teores e os acúmulos de fósforo, boro, cobre, manganês e zinco de parte aérea e de raízes de milho em função do revestimento de MAP com Policote e a forma de fornecimento de micronutrientes na adubação, em pó e aderido aos grânulos de MAP.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa-de-vegetação, no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Londrina/PR, utilizando solo com as características abaixo (**Tabela 1**).

Tabela 1. Análise química e física do solo.

pH	K	Ca	Mg	Al
5,5	1,2	27,2	25,5	0,00
M.O.	P-melhich	CTC	V(%)	
6,07	0,8	54,4	54,8	

K, Ca, Mg, Al e CTC mmolc/dm³; M.O. g/dm³; P mg/dm³

O experimento, conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com quatro repetições e foi formado pelos tratamentos descritos na **tabela 2**.

A unidade experimental foi formada por vaso com capacidade de 4,0 kg de solo. Foi realizada calagem do solo com a aplicação de calcário dolomítico (3,5 g/kg solo). Os tratamentos foram aplicados na parcela experimental em três furos centrais, e equidistantes entre si, na profundidade de cinco centímetros, utilizando-se a dose de 700 mg P₂O₅/kg de solo. Cada furo foi coberto com dois centímetros de solo, seguido por semeadura do milho híbrido AS3421, a três centímetros de profundidade. Após a aplicação dos tratamentos, a umidade da parcela

experimental foi mantida a 70% da capacidade de campo.

Tabela 2 – Tratamentos

T	Fonte	Garantias
1	Controle	-
2	MAP	9% N; 54% P ₂ O ₅
3	MAP+B	8,8% N; 53% P ₂ O ₅ ; 0,2% B (980 kg MAP + 20 kg Produtor)
4	MAP+MIB 03	8,7% N; 52% P ₂ O ₅ ; 0,05% B; 0,02% Cu; 0,06% Mn; 0,29% Zn (970 kg MAP + 30 Kg MIB 03A)
5	MAP+Policote	09% N; 48% P ₂ O ₅
6	MAP+Policote+B	09% N; 48% P ₂ O ₅ ; 0,2% B (Produtor em Pó)
7	MAP+Policote+MIB 3A	09% N; 48% P ₂ O ₅ ; 0,05% B; 0,02% Cu; 0,06% Mn; 0,29% Zn (MIB 3A em pó)

Produtor – 10% B; MIB 03 – 1,8% B; 0,8% Cu; 2% Mn; 9% Zn.

Tratamento 3 – mistura física de MAP granulado com Produtor granulado.

Tratamento 4 – mistura física de MAP granulado com MIB 03 granulado.

Tratamentos 6 e 7 – MAP revestido com Policote e micronutrientes.

Após a emergência das plantas foi realizado desbaste, deixando-se três plantas/parcela experimental, seguido de aplicação semanal de 50 mg N + 40 mg K₂O sobre a superfície do vaso, utilizando ureia e KCl como fontes. Aos 45 dias após a emergência das plantas foram avaliados a produção de matérias seca, os teores e acúmulo de P na parte aérea e raiz. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias por meio de contrastes (teste de Scheffé). Os contrastes avaliados foram:

a. Resposta à adubação:

$$\hat{C}1 = 6T_1 - T_2 - T_3 - T_4 - T_5 - T_6 - T_7$$

b. Resposta à adubação fosfatada:

$$\hat{C}2 = 2T_1 - T_2 - T_5$$

c. Resposta ao revestimento do MAP com Policote:

$$\hat{C}3 = T_2 - T_5$$

d. Resposta à adubação com Boro granulado:

$$\hat{C}4 = T_2 - T_3$$

e. Resposta ao Boro aderido no fertilizante:

$$\hat{C}5 = T_5 - T_6$$

f. Comparação entre Produtor granulado e aderido no grânulo de fertilizante:

$$\hat{C}6 = T_3 - T_6$$

g. Resposta ao MIB 3A granulado:

$$\hat{C}7 = T_2 - T_4$$

h. Resposta ao MIB 3A aderido no fertilizante:

$$\hat{C}8 = T_5 - T_7$$

i. Comparação entre MIB 3A granulado e aderido no grânulo de fertilizante:

$$\hat{C}9 = T_4 - T_7$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 3, 4 e 5 ilustram os valores de teste F, nível de significância, média geral e coeficientes de variação para produção de matéria seca de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR), teores de fósforo na parte aérea (PPA) e na raiz (PR) e acúmulos de fósforo na parte aérea (AcPpa), na raiz (AcPr), teores e acúmulos de B, Cu, Mn e Zn na parte aérea e nas raízes para tratamentos e contrastes avaliados neste trabalho.

Resposta à Adubação

Todas as características avaliadas foram estatisticamente influenciadas pelos manejos de adubação, exceto teor de Mn nas raízes. Entretanto, apenas MSR, teores de B, Cu e Mn na parte aérea, teores de B, Mn e Zn nas raízes, conteúdo de B na parte aérea e conteúdos de B, Mn e Zn nas raízes não foram significativamente influenciados pela adubação fosfatada.

Resposta ao revestimento do MAP com Policote

Apenas a MSPA foi estatisticamente influenciada pelo revestimento do MAP com Policote ($p < 0,10$). Quando do uso de MAP produziu-se 2,58 g/pl de MSPA, ao utilizar o MAP revestido com Policote a produção foi de 3,60 g/pl, aumento de 39,5%.

Resposta à adubação com fonte de Boro

Apenas os teores e acúmulo de boro na parte aérea das plantas foram influenciados pelo fornecimento de boro na adubação. Entretanto, o fornecimento do B aderido ao fertilizante resultou em maiores teores e acúmulos de B na parte aérea das plantas (Tabela 6).

Tabela 6 – Teor e acúmulo de B na parte aérea das plantas em função da forma de fornecimento de B.

	Teor de B (mg/kg)	Acúmulo de B (µg/pl)
Controle (sem Boro)	22,02	61,56
Boro granulado	82,95	137,93
Boro aderido ao fertilizante	143,61	393,46

Resposta à adubação com fonte de Boro, Cobre, Manganês e Zinco

Apenas o teor de B na raiz foi significativamente influenciado pela adubação com a fonte granulada de B/Cu/Mn/Zn, reduzindo o teor deste nutriente de 45,2 mg/kg (adubação com MAP) para 42,63 mg/kg (adubação com MAP+Boro granulado).

Entretanto, ao realizar adubação com fonte de B/Cu/Mn/Zn aderido ao grânulo do MAP foi possível obter resposta significativa para MSPA, MSR, PPA, PR, AcPR, teor de Mn na parte aérea, teores de B, Cu e Zn nas raízes, acúmulos de B, Mn e Zn na parte aérea e acúmulos de Mn e Zn nas raízes (**Tabela 7**).

Tabela 7 – Produções de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR), teor de Mn na parte aérea (MnPA), teores de B (BR), Cu (CuR) e Zn (ZnR) nas raízes em função das formas de fornecimento de micronutrientes (granulado ou aderido).

	MSPA (g/pl)	MSR (g/pl)	MnPA (g/kg)	BR (g/kg)	CuR (g/kg)	ZnR (g/kg)
MAP	2,58	1,52	252,90	45,21	102,75	21,39
MAP+ microgrão	2,87	1,59	170,65	14,07	85,88	20,56
MAP+ Policote	3,60	1,99	190,05	35,05	92,13	13,96

Os teores de micronutrientes observados para MnPA, BR, CuR e ZnR foram inferiores quando se forneceu micronutrientes via adubação, o que pode ser resultado de um efeito de diluição devido ao aumento de produção de matéria seca. Em condições de campo, Coutinho et al. (1987) verificaram que a aplicação de doses elevadas de P reduzem as concentrações de Zn nas folhas de sorgo, sendo esse resultado atribuído ao “efeito de diluição”.

A **tabela 8** mostra que ao utilizar micronutriente aderido ao fertilizante (MAP+Policote+Micro) obteve-se maiores valores para AcBPA, AcMnPA, AcZnPA, AcMnR e AcZnR quando comparados à ausência do fornecimento de micronutrientes.

Tabela 8 – Acúmulo de B (AcBPA), Mn (AcMnPA) e Zn (AcZnPA) na parte aérea e acúmulos de Mn (AcMnR) e Zn (AcZnR) nas raízes em função das formas de fornecimento de micronutrientes (granulado x aderido ao fertilizante).

	AcB PA	AcMn PA	AcZn PA	AcMn R	AcZn R
MAP	53,0	606,34	22,44	778,06	30,60

MAP+micro granulado	85,9 5	501,62	23,15	739,26	33,52
MAP+Policote	70,0 5	666,18	25,64	1047,3 8	30,44
MAP+Policote+ Micro	179, 90	1225,7 5	68,76	2234,5 9	208,7 1

CONCLUSÕES

A adubação fosfatada aumentou a produção de matéria seca de parte aérea do milho, os teores e acúmulos de fósforo na planta, o teor de cobre e de zinco nas raízes, os acúmulos de cobre, de manganês e de zinco na parte aérea e de cobre nas raízes.

A adubação com MAP revestido com Policote levou à maior produção de matéria seca de parte aérea quando comparada à adubação com MAP.

A adubação com micronutrientes aumentou a produção de matéria seca de plantas, os teores e acúmulos de micronutrientes na planta, entretanto, quando a adubação foi realizada apenas com B, somente os teores e acúmulos de B na parte aérea das plantas foram influenciados.

O fornecimento de micronutrientes aderidos no fertilizante (MAP) resultou em maior produção de matéria seca de plantas, teores e acúmulo de nutrientes nas plantas.

REFERÊNCIAS

COUTINHO, E. L. M.; NEPTUNE, A. M. L.; SOUZA, E.C. A.; et al. Diagnose da nutrição fosfatada na cultura do sorgo sacarino. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.22, p.451-457, 1987.

RESENDE., A. V.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M.C. et al. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. Revista Brasileira de Ciências de Solo, 30:453-466, 2006.

SANTOS, J.Z.L.; FURTINI NETO., A.E.; RESENDE, A.V. et al. Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho Revista Brasileira de Ciências de Solo 32:705-714, 2008.

Tabela 3 - Valores de teste F, nível de significância, média geral e coeficientes de variação para produção de matéria seca de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR), teores de fósforo na parte aérea (PPA) e na raiz (PR) e acúmulos de fósforo na parte aérea (AcPpa) na raiz (AcPr) para tratamentos e contrastes avaliados.

	MSPA	MSR	TPPA	TPR	AcPpa	AcPr
Tratamentos	19,89***	10,24***	7,91***	8,04***	9,51***	4,95***
C1: Resposta à adubação	29,14***	12,55***	22,64***	36,0***	41,91***	13,72***
C2: Resposta à adubação fosfatada	14,64***	4,20 ^{ns}	26,92***	37,41***	38,75***	7,33***
C3: Resposta ao revestimento do MAP com Policote	3,19*	0,35 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,13 ^{ns}
C4: Resposta a Produbor granulado	0,42 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,84 ^{ns}	2,36 ^{ns}	5,77**	0,08 ^{ns}
C5: Resposta a Produbor aderido no fertilizante	0,37 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,21 ^{ns}
C6: Forma de fornecimento de Produbor	3,32 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,89 ^{ns}	13,81***	1,21 ^{ns}
C7: Resposta a MIB 3A granulado	0,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,91 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,00 ^{ns}
C8: Resposta a MIB 3A aderido no fertilizante	33,52***	25,47***	9,66**	5,22**	0,43 ^{ns}	7,63**
C9: Forma de fornecimento de MIB 3A	52,62***	30,82***	7,52**	3,90*	0,08 ^{ns}	10,00***
Média Geral	3,51 g	2,19 g	5,35 g/kg	2,35 g/kg	15,69mg/pl	5,02mg/pl
CV (%)	39,1	51,1	38,3	26,2	32,7	55,7

Níveis de significância: ns – não significativo; *** – significativo a 1%; ** – significativo a 5%; * - significativo a 10%.

Tabela 4 - Valores de teste F, nível de significância, média geral e coeficientes de variação para teores de B, Cu, Mn e Zn na parte aérea e nas raízes para tratamentos e contrastes avaliados.

	Parte Aérea				Raiz			
	B	Cu	Mn	Zn	B	Cu	Mn	Zn
Tratamentos	4,92***	2,28*	3,69**	7,43***	3,12**	6,84***	0,62 ^{ns}	4,80***
C1	0,79 ^{ns}	6,44**	4,22*	40,28***	1,07 ^{ns}	9,06***	0,27 ^{ns}	1,56 ^{ns}
C2	0,19 ^{ns}	3,84 ^{ns}	0,90 ^{ns}	28,04***	0,02 ^{ns}	13,87***	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}
C3	0,00 ^{ns}	0,14 ^{ns}	3,62 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,99 ^{ns}
C4	4,16 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,00 ^{ns}
C5	16,91**	0,15 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,55 ^{ns}
C6	4,18*	0,12 ^{ns}	0,42 ^{ns}	2,21 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,48 ^{ns}	1,07 ^{ns}
C7	0,10 ^{ns}	0,26 ^{ns}	6,21**	0,49 ^{ns}	7,70**	1,28 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,04 ^{ns}
C8	0,01 ^{ns}	2,80 ^{ns}	3,46*	0,03 ^{ns}	5,32**	17,45***	1,18 ^{ns}	23,3***
C9	0,18 ^{ns}	2,35 ^{ns}	1,62 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,19 ^{ns}	13,62***	0,23 ^{ns}	10,8***
Média Geral (mg/kg)	50,66	17,37	204,2	8,72	31,06	79,26	467	20,97
CV (%)	82,8	46,6	22,9	19,2	51,1	26,6	32,3	29,0

Níveis de significância: ns – não significativo; *** – significativo a 1%; ** – significativo a 5%; * - significativo a 10%.

Tabela 5 - Valores de teste F, nível de significância, média geral e coeficientes de variação para acúmulos de B, Cu, Mn e Zn na parte aérea e nas raízes para tratamentos e contrastes avaliados.

	Parte Aérea				Raiz			
	B	Cu	Mn	Zn	B	Cu	Mn	Zn
Tratamentos	32,9***	4,36***	6,39***	13,9***	1,49*	2,36*	3,10**	13,8***
C1: Resposta à adubação	34,74**	17,2***	16,3***	18,3***	4,66**	10,8***	5,79**	8,3***
C2: Resposta à adubação fosfatada	3,30 ^{ns}	13,9***	10,2***	8,4***	6,15 ^{ns}	8,3***	2,50 ^{ns}	1,16 ^{ns}
C3: Resposta ao revestimento do MAP com Policote	0,29 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,00 ^{ns}
C4: Resposta a Produbor granulado	7,32**	1,15 ^{ns}	1,13 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}
C5: Resposta a Produbor aderido no fertilizante	106,3***	0,28 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,19 ^{ns}
C6: Forma de fornecimento de Produbor	66,38***	5,56 ^{ns}	4,13 ^{ns}	1,74 ^{ns}	0,19 ^{ns}	2,38 ^{ns}	2,43 ^{ns}	0,04 ^{ns}
C7: Resposta a MIB 3A granulado	1,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,01 ^{ns}	3,00 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}
C8: Resposta a MIB 3A aderido no fertilizante	12,2***	0,25 ^{ns}	8,1***	32,1***	0,38 ^{ns}	0,01 ^{ns}	4,88**	46,8***
C9: Forma de fornecimento de MIB 3A	8,97***	2,50 ^{ns}	13,5***	35,9***	1,17 ^{ns}	0,62 ^{ns}	7,74**	45,2***
Média Geral (□g/planta)	133,2	43,65	612,0	26,3	51,46	144,9	1024,3	55,5
CV (%)	33,3	39,7	45,5	40,9	75,4	57,6	74,2	66,4

Níveis de significância: ns – não significativo; *** – significativo a 1%; ** – significativo a 5%; * - significativo a 10%.