

ACÚMULO DE NUTRIENTES NA PARTE AÉREA DO MILHO CV. P30K75 EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE FONTES DE ZINCO VIA SEMENTE

Renato de Mello Prado¹, Danilo Eduardo Rozane², Liliane Maria Romualdo², Melissa de Castro Mouro³

¹Professor Doutor do Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Jaboticabal, SP, CEP 14884-900. E-mail: rmp Prado@fcav.unesp.br

²Pós-Graduando em Agronomia (Produção Vegetal), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

³Zootecnista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

A aplicação de zinco (Zn) em sementes afeta a nutrição das plântulas. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de doses de Zn aplicado em semente de milho cv. P30K75, sobre o acúmulo de macronutrientes e micronutrientes na fase inicial de crescimento. Para isto, foi realizado um experimento em condições de casa de vegetação, na FCAV/Unesp, em Jaboticabal-SP. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo testadas cinco doses de Zn (0; 5; 10; 20 e 40 g.kg⁻¹ de sementes) e duas fontes (sulfato de zinco, 22% de Zn e óxido de zinco, 50% de Zn), com três repetições. A utilização de Zn na forma de sulfato promoveu maior acúmulo de N, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe e Mn pela parte aérea e de N, K, Ca, Mg, S, Cu e Fe pela raiz do milho, entretanto, diminuiu o acúmulo de B e Fe pela raiz. O emprego do Zn na forma de óxido promoveu maior acúmulo de B, Cu, Fe e Mn pela parte aérea e de K, Mg, S e Cu pela raiz do milho, entretanto diminuiu o acúmulo de N, Ca, B, Fe e Mn pela raiz.

Palavras-chave: *Zea mays* L., absorção, transporte, micronutriente, Zn.

ACCUMULATION OF NUTRIENTS IN THE SHOOTS OF MAIZE CV. P30K75 IN FUNCTION OF THE APPLICATION OF ZINC SOURCES VIA SEED

ABSTRACT

The zinc application (Zn) in seeds affects the nutrition of seedlings. This study evaluates the effect of rates of Zn applied in maize seed cv. P30K75, on the accumulation of macronutrients and micronutrients in the initial growth phase. The experiment was set in a greenhouse, through a completely randomized design, testing five rates of Zn (0; 5; 10; 20 and 40 g.kg⁻¹ of seeds) and two sources (zinc sulphate, 22% of Zn and zinc oxide, 50% of Zn), with three replications in Jaboticabal, State of São Paulo, Brazil. The use of Zn sulphate promoted higher accumulation of N, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe and Mn in the shoots and of N, K, Ca, Mg, S, Cu and Fe in the roots, but lowered the accumulation of B and Fe in the roots. The use of Zn oxide promoted higher accumulation of B, Cu, Fe and Mn in the shoots and of K, Mg, S and Cu in the roots but lowered the accumulation of N, Ca, B, Fe and Mn in the roots.

Key words: *Zea mays* L., absorption, transport, micronutrient, Zn.

INTRODUÇÃO

O zinco (Zn) é um nutriente que impõe limitações à produção agrícola brasileira. Assim, a adubação com zinco tem sido amplamente utilizada em diversas culturas, a exemplo da cultura do milho, considerada exigente a este micronutriente. A adubação com Zn na cultura do milho pode ser realizada pela aplicação no solo, nas folhas e nas sementes. Vidor & Peres (1988) indicam a adubação com Zn, via tratamento de sementes, como a prática mais fácil e eficaz de adubação. Tal indicação vem de encontro ao baixo aproveitamento do Zn (4,3%), quando aplicado via adubação de plantio (Shaw et al., 1954).

Tendo em vista que as doses requeridas pela cultura são pequenas, existe dificuldade para se distribuir uniformemente, por meio de adubos via solo, enquanto as aplicações foliares apresentam restrições devido à baixa mobilidade do Zn no floema.

Portanto, as aplicações através das sementes têm se mostrado uma alternativa promissora. Neste sentido, alguns trabalhos estudando a aplicação de Zn em sementes, têm indicado respostas positivas na cultura do milho (Galvão, 1981). Entretanto, estes estudos realizados com a aplicação de Zn em sementes de milho, não estudaram os efeitos na nutrição dos demais nutrientes. Este fato torna-se importante porque é conhecido que o Zn poderá apresentar interação com outros nutrientes, afetando absorção dos mesmos e conseqüentemente a produção de matéria seca. São conhecidas interações do tipo competitiva entre P-Zn (Boawn & Legget, 1963; Adriano et al., 1971; Olsen, 1972); Ca-Zn (Berton et al., 1997) e Fe-Zn (Souza & Ferreira, 1988; Paula et al., 1999).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de doses de Zn aplicado em semente de milho cv. P30K75, sobre o acúmulo de macronutrientes e micronutrientes na fase inicial de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação, na FCAV/Unesp, Campus Jaboticabal, SP.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, sendo testadas cinco doses de Zn (0; 5; 10; 20 e 40 g kg⁻¹ de sementes) e duas fontes de Zn (sulfato de zinco, 22% de Zn e óxido de zinco, 50% de Zn), com três repetições.

A unidade experimental foi uma bandeja de polietileno preenchida com 5 L de areia grossa lavada, com 50 sementes de milho cv. P30K75.

Para a aplicação de Zn nas sementes, utilizou-se a técnica de umedecimento estabelecida segundo indicações de Volkweiss (1991), a partir da dissolução das respectivas fontes em um recipiente com quantidade mínima de água, adicionando-se, esta mistura, às sementes e em seguida, a semeadura do milho nas bandejas com areia lavada. Considerou-se que a dose de Zn foi integralmente aplicada nas unidades experimentais (bandejas). Salienta-se que durante o período experimental todos os tratamentos foram fertirrigados com solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon (1950), menos zinco.

Aos 25 dias após a semeadura, efetuou-se o corte das plantas, separando-as em parte aérea e raízes, em seguida o material foi lavado em água destilada e seco em estufa à temperatura de 65°C. Realizou-se as determinações químicas dos teores de macronutrientes e B, Cu, Fe e Mn no tecido vegetal, seguindo a metodologia descrita por Bataglia et al. (1983). Com os resultados do teor de nutrientes na parte aérea e nas raízes das plantas e da matéria seca, calculou-se o acúmulo dos nutrientes da parte aérea e raízes.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e para comparação das médias das fontes o teste

Tukey. As doses foram analisadas pelo estudo de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de nutrientes na parte aérea, com exceção ao Nitrogênio (N) para doses e interação e para o Fósforo (P) em doses, fontes e interação, as demais variáveis

estudadas, apresentaram diferença estatística significativa para todos os fatores estudados. O uso da fonte sulfato de zinco proporcionou maior acúmulo de Enxofre (S), para os demais nutrientes o emprego do óxido de zinco, resultou em maior acúmulo de nutrientes, exceto o P que não apresentou diferença significativa (Tabela 1).

Tabela 1. Valor de F dos resultados da análise de variância referente ao acúmulo de macro e micronutrientes da parte aérea, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de zinco às sementes do milho cv. P30K75.

Doses de Zn	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn
g.kg ⁻¹	----- mg.planta ⁻¹ -----					----- µg.planta ⁻¹ -----				
0	77,6	17,7	35,9	31,3	15,2	7,1	123,9	40,7	507,5	256,2
5	76,4	17,8	32,2	37,6	15,4	10,4	130,7	92,5	628,7	399,3
10	76,0	18,1	35,4	38,3	14,1	14,1	131,7	104,3	693,8	397,8
20	74,6	17,9	38,2	32,3	13,3	14,6	151,8	102,2	712,2	409,5
40	78,9	19,0	35,0	20,7	11,2	10,1	145,9	107,9	683,3	252,3
Teste F	0,34ns	0,60ns	2,86*	70,85**	17,21**	48,37**	5,49**	113,19**	35,65**	56,33**
Fontes										
(F)	72,1b	17,8	34,0b	29,8b	11,9b	15,5a	106,0b	44,5b	483,8b	483,8b
Sulfato	81,2a	18,4	36,5a	34,3a	15,8a	7,0b	167,5a	134,6a	806,3a	806,3a
Óxido										
Teste F	13,01**	1,03ns	4,46*	35,90**	108,82**	458,85**	192,49**	1478,83**	672,95**	7,68*
D x F	1,26ns	1,55ns	4,81**	74,40**	14,62**	54,18**	36,71**	153,05**	188,85**	67,42**
CV (%)	8,9	8,9	8,9	6,4	7,3	9,7	8,8	7,2	5,3	7,7

** ; * e ns - Significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Letras iguais não diferem entre na coluna, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O acúmulo dos nutrientes na raiz foram todos significativos para o fator doses, fontes e interação, exceto à variável fonte para P e Ferro (Fe) e interação para P. Pelos resultados obtidos pode-se observar que a fonte de zinco sulfato proporcionou maior absorção de N, Magnésio (Mg), S e Manganês (Mn), pelo milho, enquanto a fonte óxido de zinco promoveu maior absorção de Potássio (K), Cálcio (Ca), Boro (B) e Cobre (Cu) (Tabela 2).

O aumento das doses de zinco, na forma de sulfato não apresentou relação significativa com o aumento do acúmulo de

N e P pela parte aérea, nem pelo Mn na raiz. Entretanto, com o aumento da dose de zinco pela fonte óxido houve diminuição linear, pela parte aérea do milho, na absorção de Mg e Cu e quadrática para Ca, B e Fe, mas ocorreu aumento quadrático na absorção de K, S e Mn. Na raiz somente a absorção de B teve diminuição linear com o aumento das doses de sulfato, para os demais nutrientes houve incremento quadrático (Tabela 3).

A fonte de óxido de zinco promoveu aumento linear no acúmulo de B e Cu e quadrática para Cu e Fe na parte aérea das plantas de milho. Para absorção radicular

houve aumento linear para K, Mg e S e quadrático para Cu, Fe e Mn em função ao aumento das doses de zinco na forma de

óxido, entretanto, houve decréscimo quadrático no acúmulo de N, Ca e B (Tabela 4).

Tabela 2. Valor de F dos resultados da análise de variância referente ao acúmulo de macro e micronutrientes da raiz, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de zinco às sementes do milho cv. P30K75.

Doses de Zn	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn
g.kg ⁻¹	mg.planta ⁻¹					µg.planta ⁻¹				
0	64,6	7,7	16,5	6,2	2,0	6,3	84,0	91,4	9985,0	143,1
5	42,1	5,3	12,5	4,1	1,7	6,5	49,7	143,4	2763,7	85,0
10	63,2	8,3	17,3	6,5	3,0	12,7	76,1	240,0	3743,6	117,1
20	77,4	9,3	19,5	7,0	3,3	13,7	81,8	323,5	4372,6	114,6
40	90,5	11,6	18,1	5,8	2,8	12,1	104,1	456,9	4863,8	115,2
Teste F	53,78**	43,02**	9,02**	25,77**	19,29**	44,05**	34,19**	140,34**	456,32**	11,79**
Fontes (F)										
Sulfato	70,1 ^a	8,5	15,9 ^b	5,5 ^b	2,9 ^a	13,8 ^a	62,8 ^b	96,8 ^b	5264,0	128,0 ^a
Óxido	65,0 ^b	8,3	17,7 ^a	6,4 ^a	2,2 ^b	6,7 ^b	95,5 ^a	405,3 ^a	5429,1	102,0 ^b
Teste F	5,42*	0,37 ^{ns}	5,07*	20,55**	21,46**	223,83**	119,65**	787,29**	1,47 ^{ns}	23,61**
D x F	3,72*	1,64 ^{ns}	12,63**	44,23**	6,99**	28,08**	39,42**	148,00**	27,21**	8,51**
CV (%)	8,9	10,2	12,8	9,0	16,1	12,8	11,2	10,3	12,0	7,0

** ; * e ns - Significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Letras iguais não diferem entre na coluna, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Estudos de regressão linear e quadrático sobre o efeito da aplicação de sulfato de zinco em sementes de milho cv. P30K75, sobre o acúmulo de macronutrientes (g kg⁻¹) e B, Cu, Fe e Mn (mg kg⁻¹) na parte aérea e na raiz de plântulas em estágio inicial de crescimento.

Nutriente	Parte aérea			Raiz		
	Equação	R ²	F	Equação	R ²	F
N	---	---	1,26 ^{ns}	Y= 1,11x + 54,78	0,67**	54,81
P	---	---	1,03 ^{ns}	---	---	0,58 ^{ns}
K	Y= -0,0133x ² + 0,457x + 32,9	0,41*	5,22	Y= -0,0151x ² + 55,850x + 13,9	0,57**	27,14
Ca	Y= -0,038x ² + 0,785x + 34,0	0,96**	139,36	Y= -0,0071x ² + 0,231x + 5,1	0,63**	73,42
Mg	Y= -0,2040x + 15,0	0,99**	140,13	Y= -0,0048x ² + 0,225x + 1,5	0,75**	51,79
S	Y= -0,0340x ² + 1,490x + 7,6	0,95**	221,85	Y= -0,0271x ² + 1,320x + 5,5	0,85**	111,55
B	Y= -0,0510x ² + 0,928x + 113,8	0,80**	11,72	Y= -0,4100x + 68,9	0,16**	10,58
Cu	Y= -0,7150x + 55,2	0,50**	44,02	Y= -0,0133x ² + 0,457x + 32,9	0,99**	62,8
Fe	Y= -0,4400x ² + 9,420x + 529,7	0,98**	41,88	Y= 8,0800x ² - 436,00x + 8372,0	0,43**	174,07
Mn	Y= -0,7810x ² + 27,120x + 281,6	0,97**	220,58	---	---	3,2 ^{ns}

** ; * e ns - Significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, e não significativo, respectivamente.

Tabela 4. Estudos de regressão linear e quadrático sobre o efeito da aplicação de óxido de zinco em sementes de milho cv. P30K75, sobre o acúmulo de macronutrientes (g kg^{-1}) e B, Cu, Fe e Mn (mg kg^{-1}) na parte aérea e na raiz das plântulas em estágio inicial de crescimento.

Nutrientes	Parte aérea			Raiz		
	Equação	R ²	F	Equação	R ²	F
N	---	---	1,26 ^{ns}	$Y = 0,0280x^2 - 0,212x + 56,27$	0,80*	9,49
P	---	---	1,03 ^{ns}	---	---	0,37 ^{ns}
K	---	---	1,14 ^{ns}	$Y = 0,2470x + 13,96$	0,81**	30,52
Ca	---	---	2,54 ^{ns}	$Y = 0,0022x^2 - 0,010x + 5,55$	0,74*	6,34
Mg	---	---	0,98 ^{ns}	$Y = 0,0270x + 1,78$	0,73**	13,57
S	---	---	0,32 ^{ns}	$Y = 0,0910x + 5,29$	0,77**	25,64
B	$Y = 2,3400x + 132,3$	0,90**	78,32	$Y = -0,0585x^2 - 256,00x + 74,46$	0,90**	14,93
Cu	$Y = -0,1640x^2 + 9,82x + 57,35$	0,92**	216,54	$Y = -0,1866x^2 + 26,170x + 92,09$	0,99*	8,12
Fe	$Y = -0,2370x^2 + 25,09x + 530,8$	0,98**	37,50	$Y = 14,2414x^2 - 620,000x + 8677$	0,57**	565,18
Mn	$Y = 2,1700x + 2,97$	0,50**	39,60	$Y = 0,1260x^2 - 5,490x + 130,70$	0,78**	32,82

** ; * e ns - Significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, e não significativo, respectivamente.

Em concordância com o presente trabalho, Bingham et al. (1963) também não observaram interação significativa entre P-Zn para diversas culturas estudadas, fato atribuído pelos autores, a não influencia do P na absorção de Zn. Entretanto sabe-se que esta relação é complexa e pouco entendida. Para Pauli et al. (1968) o P pode aumentar a absorção de Zn, em contrapartida Boawn & Legget (1963) dizem poder haver antagonismo mútuo entre P e Zn, particularmente quando um dos elementos excede o nível crítico. Esta diminuição do Zn o tecido vegetal pode ocorrer porque o P pode diminuir a absorção do Zn (Adriano et al., 1971) e, ou, a adição de P em solo deficiente em Zn poderá estimular o crescimento das plantas, em com isso diluir a concentração de Zn no tecido da planta (Olsen 1972). E ainda, pode haver interação fisiológica, que pode acontecer durante o processo de absorção, e também durante a translocação dos nutrientes na planta (Bingham & Garber, 1960 e Burleson et al., 1960). Salienta-se que o adequado balanço nutricional, tanto no solo como na planta, poderão atenuar e, ou, sanar os possíveis problemas de interação entre nutrientes.

A diminuição do acúmulo de Ca pelas plantas de milho em função à aplicação de Zn (Tabelas 1 e 2), ou seja, a interação

negativa entre Ca-Zn, também foi relatada por Berton et al. (1997) onde os autores citam a diminuição do acúmulo de Zn na parte aérea do milho submetido a altas doses de calcário. Barbosa Filho et al. (1992) obtiveram o mesmo resultado em plantas de arroz.

A interação competitiva entre Ca-Zn pode estar relacionado com a precipitação do Zn na superfície radicular. Em contrapartida, Furlani et al. (2005) acrescentando doses de Zn em milho, verificaram aumento do teor de Ca e K, na parte aérea.

No presente trabalho o acúmulo de Fe na raiz decresceu em função das doses de Zn. Galrão (1984) e Paula et al. (1999) observaram que na ausência de Zn, o teor de Fe em plantas de arroz foi significativamente maior. Segundo Souza & Ferreira (1988), a interação Zn x Fe ocorre como um processo de competição com os agentes quelantes do solo. Para Kabata-Pendias & Pendias, citados pelos mesmos autores, a interação Zn x Fe ocorre com o a formação de franklinita (ZnFe_2O_4), diminuindo a disponibilidade de ambos os nutrientes.

CONCLUSÕES

A utilização de zinco na forma de sulfato promoveu maior acúmulo de N, K,

Ca, Mg, S, B, Cu, Fe e Mn pela parte aérea e de N, K, Ca, Mg, S, Cu e Fe pela raiz do milho, entretanto, diminui o acúmulo de B e Fe pela raiz.

O emprego do zinco na forma de óxido promoveu maior acúmulo de B, Cu, Fe e Mn pela parte aérea e de K, Mg, S e Cu pela raiz do milho, entretanto diminuiu o acúmulo de N, Ca, B, Fe e Mn pela raiz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, D.C.; PAULSEN, G.M.; MURPHY, L.S. 1971. Phosphorus-iron and phosphorus-zinc relationships in corn seedlings as affected by mineral nutrition. *Agron. J.*, Madison, v.63, p.36-39.
- BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F.; BARBOSA, M.A. 1992. Interação entre calagem e zinco na absorção de nutrientes e produção de arroz de sequeiro em casa de vegetação. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.16, p.355-360.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. 1983. *Método de análises química de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico, 48 p. (Boletim Técnico, 78).
- BERTON, R.S.; VALADARES, J.M.A.S.; CAMARGO, O.A.; BATAGLIA, O.C. 1997. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO₃ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três Latossolos. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.21, p.685-691.
- BINGHAM, F.T. & GARBER, M.J. 1960. Solubility and availability of micronutrients in relation to phosphorus fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, v. 24, p.209-213.
- BINGHAM, F.T. 1963. Relation between phosphorus and micronutrients in plants. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, v.27, p.389-391.
- BOAWN, L.C.; LEGGET, G.E. 1963. Zinc deficiency of the Russet Burbank potato. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, v.27, p.137-141.
- BURLESON, C.A.; DACUS, A.D.; GERALD, C.J. 1960. The effect of phosphorus fertilization on the zinc nutrition of several irrigated crops. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, v. 25, p.365-368.
- FURLANI, A.M.C., FURLANI, P.R., MEDA, A.R.; DUARTE, A.P. 2005. Eficiência de cultivares de milho na absorção e utilização de zinco. *Sci. Agricola*, v.62, n.3, p.264-273.
- GALRÃO, E.Z. & MESQUITA FILHO, M.V. 1981. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, v.5, p.167-170.
- GALRÃO, E.Z. 1984. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção e composição química de arroz, milho e soja em solo de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.8, p.111-116.
- HOAGLAND, D.; ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. *California Agriculture Experimental Station Circular*, 1950. 347 p.
- OLSEN, S.R. 1972. *Micronutrients interactions*. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. *Micronutrients in agriculture*. Madison: Soil Sci. Soc. of America, p.243-264.
- PAULA, M.B.; CARVALHO, J.G.; NOGUEIRA, F.D.; MESQUITA, H.A. 1999. Curva de resposta e avaliação de extratores para zinco disponível em solos hidromórficos e aluviais sob arroz inundado. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.15, n.1, p.49-55.
- PAULI, A.W.; ELLIS, R.; MOSER, H.C. 1968. Zinc uptake and translocation as

- influenced by phosphorus and calcium carbonate. *Agron. J.*, Madison, v.60, p.394-396.
- SHAW, E.; MENZEL, R.G.; DEAN, L.A. 1954. Plant uptake of ^{65}Zn from soils and fertilizers in the greenhouse. *Soil Sci.*, Philadelphia, v.77, p.205-214.
- SOUZA, E.C.A. & FERREIRA, M.E. 1988. Zinco no solo, In: Simpósio sobre micronutrientes na agricultura, Jaboticabal, FCAV/Unesp, IAC, ANDA, POTAFOS, *Anais...v.1*, p.279-317.
- VIDOR, C.; PERES, J. R. R. 1988. **Nutrição das plantas com molibdênio e cobalto.** In: BORKET, C. M.; LANTMANN, A. F. (Ed.). Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. Londrina: Embrapa-CNPSO/SBCS, p.197-204.
- VOLKWEISS, S.J. Fontes e métodos de aplicação. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1998, Jaboticabal. *Anais...Piracicaba*, POTAFÓS/CNPq, 1991.p.391-412.