

NOTA

RESPOSTA DE CULTIVARES DE MILHO A ZINCO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA ⁽¹⁾

ANGELA MARIA CANGIANI FURLANI ^(2,3) e PEDRO ROBERTO FURLANI ^(2,3)

RESUMO

Este trabalho, desenvolvido em solução nutritiva, em casa de vegetação, no Centro Experimental de Campinas, Instituto Agronômico, objetivou definir parâmetros para avaliação e diferenciação de cultivares de milho quanto à exigência em zinco. Desenvolveram-se 24 cultivares durante 30 dias em solução nutritiva completa, com dois níveis de zinco (0,125 e 0,350 mg/L de Zn). O experimento seguiu o delineamento em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, com duas repetições por parcela e quatro plantas de cada cultivar por parcela. Os níveis de zinco ocuparam as parcelas e os cultivares, as subparcelas. Determinaram-se as seguintes variáveis: altura de planta, produção de massa seca da parte aérea, teores e conteúdos de zinco na parte aérea. Observaram-se reduções na produção de massa seca, na altura das plantas e nos teores e conteúdos de zinco, para o nível inferior do micronutriente na solução nutritiva. Os cultivares D-468, ICI-791152 e C-701 mostraram as menores reduções em altura em função do baixo nível de zinco e, C-808, Hatã-2000, OC-5045-6 e BR-201, as maiores respostas ao nível mais alto de zinco. A variação na altura das plantas (sintoma característico da deficiência de zinco) revelou alta correlação ($r = 0,86$) com a variação no conteúdo de zinco da parte aérea dos diferentes cultivares. A altura das plantas e o conteúdo de zinco constituíram as melhores variáveis para discriminação dos cultivares; entretanto, a técnica em solução nutritiva necessita ser aperfeiçoada para permitir quantificar, com maior precisão, as diferenças detectadas na exigência em zinco.

Termos de indexação: milho, cultivares, deficiência de zinco, solução nutritiva.

⁽¹⁾ Parte do projeto temático da FAPESP "Micronutrientes e microelementos tóxicos na agricultura". Apresentado na XXI Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Petrolina (PE), 28-8 a 2-9-94. Recebido para publicação em 28 de fevereiro e aceito em 30 de agosto de 1996.

⁽²⁾ Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Instituto Agronômico (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

⁽³⁾ Com bolsa de pesquisa do CNPq.

ABSTRACT**CORN CULTIVAR RESPONSES TO ZINC IN NUTRIENT SOLUTION**

This experiment was conducted in a greenhouse, in nutrient solution, at the Experimental Center of Campinas, Instituto Agronômico, State of São Paulo, Brazil, in order to define variables and parameters to evaluate and differentiate corn cultivars as to zinc requirement. Twenty four corn cultivars were grown in complete nutrient solution with two zinc levels (0.125 and 0.350 mg Zn/ L), during 30 days, in a randomized complete block design, arranged in a split-plot, with two replications and four plants/ cultivar/ plot. Plant height, top dry matter yield, top Zn concentration and content were the traits scored. Low Zn treatment gave rise to reduced dry matter yields and plant heights, as well as to low top Zn concentrations and contents. The cultivars D-468, ICI-791152 and C-701 were the best in the low zinc level. By the other hand, the cultivars C-808, Hatã-2000, OC-5045-6 and BR-201 were more responsive to the high Zn level. High and positive correlation ($r = 0,86$) was estimated between plant height and top zinc content, which might be useful in future selection schemes. However, more research is needed to quantify, with higher precision, genotype differences in zinc demands.

Index terms: corn, cultivars, plant selection, zinc deficiency, nutrient solution.

A ocorrência de deficiência de zinco (Zn) em culturas tem sido relatada com frequência na literatura mundial e, particularmente, nas condições brasileiras. A exigência quantitativa em zinco é variável em função de espécies e cultivares, encontrando-se na faixa de 20 a 50 mg/kg de matéria seca, sendo frequente o aparecimento de sintomas de deficiência para teores inferiores a 20 mg/kg.

Tem sido demonstrado que o nível crítico para milho é de 17 mg/kg de Zn na matéria seca de folhas maduras recém-expandidas (Igue et al., 1962; Trani et al., 1983; Bataglia & Dechen, 1986; Malavolta, 1987). Sintomas de toxicidade podem surgir para teores acima de 400 mg/kg de Zn na matéria seca (Adriano et al., 1971; Jones Jr., 1972).

Os sintomas característicos de deficiência de Zn em plantas adultas no campo aparecem nas folhas mais novas, que se tornam pequenas e formam roseta, devido ao encurtamento dos internódios. Perdem a coloração verde e podem tornar-se tortas e necróticas. O florescimento, a frutificação e a altura das plantas podem ser muito reduzidos em condições de deficiência severa de Zn (Adriano et al., 1971).

No Brasil, foi de Igue & Gallo (1960) o primeiro relato de deficiência de Zn na cultura do milho. É um dos cereais mais exigentes desse micronutriente, sendo considerado mais sensível que o sorgo a tal deficiência (Brown et al., 1972).

As características inerentes às espécies e cultivares são responsáveis pela restrição ou melhoria da planta na absorção e/ou utilização de um nutriente e na tolerância a seu excesso ou a sua falta. É bastante descrito na literatura que as plantas possuem diferentes necessidades em macro- e em micronutrientes, e que sua eficiência na absorção e utilização desses nutrientes é passível de melhorar geneticamente (Clark, 1983).

Entretanto, pouco é conhecido a respeito da diferença entre cultivares de milho quanto à absorção e ao aproveitamento do Zn (Giordano & Mortvedt, 1969, 1974; Brown et al., 1972; Shukla & Raj, 1976, 1987; Clark, 1978; Safaya & Gupta, 1979).

As aplicações de fertilizantes contendo Zn são realizadas quase empiricamente para todas as culturas, não levando em conta a espécie e, muito menos, as variedades ou cultivares. A diferenciação e

a quantificação entre espécies e dentro de espécies quanto às necessidades de micronutrientes são importantes subsídios para a recomendação de fertilizantes e corretivos e para a adequação de culturas e cultivares aos solos com problemas.

O objetivo deste trabalho foi definir parâmetros para avaliação da resposta diferencial a zinco, de plantas jovens de 24 cultivares de milho, em condições de solução nutritiva, com base na produção de massa seca, no crescimento em altura e nos teores e conteúdos de zinco na parte aérea das plantas.

Material e Métodos

Desenvolveu-se o experimento em casa de vegetação, no Centro Experimental de Campinas. Plântulas de milho com cinco dias de idade (radícula com cerca de 5 a 10 cm de comprimento) foram transplantadas para placas perfuradas suspensas em caixas contendo 15 L de solução nutritiva. Utilizaram-se quatro plantas por cultivar, por caixa. A solução nutritiva básica empregada foi composta de (mg/L): N-NO₃ (148), N-NH₄ (18), P (12), K (98), Ca (180), Mg (24), S (30), B (0,24), Cu (0,10), Fe (2,1), Mn (0,37) e Mo (0,08) (Furlani & Furlani, 1988). Dois níveis de Zn foram usados: 0,125 mg/L (Zn₁) e 0,350 mg/L (Zn₂).

O experimento seguiu o delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com duas repetições por parcela e quatro plantas de cada cultivar por subparcela; a parcela principal constituiu-se pelos dois níveis de Zn e, as subparcelas, pelos 24 cultivares de milho. Renovou-se a solução nutritiva a cada dez dias. À colheita do experimento, realizada aos trinta dias do transplante, seguiu-se a avaliação da altura de cada planta, definida como a distância do colo à extremidade da folha mais nova. Na sequência, lavou-se o material com água destilada e deionizada.

Após sua secagem, a 60-65°C em estufa com circulação forçada de ar, efetuou-se a pesagem para determinação da massa seca, encaminhando-a, posteriormente, à dosagem de zinco, usando-se digestão por via seca e análise em espectrômetro de plasma.

Quadro 1. Produção de massa seca da parte aérea e altura de planta em função da deficiência de zinco apresentada por 24 cultivares de milho, crescidos em solução nutritiva, com dois níveis de zinco: 0,125(-Zn) e 0,350 (+Zn) mg/L de Zn

Cultivares	Massa seca		Altura	
	+Zn	-Zn	+Zn	-Zn
	—mg/planta—		—cm/planta—	
C 808	646	374	50,1	29,4
XL 520	500	312	50,4	33,3
G 79S	448	432	48,4	35,5
G 74S	498	488	55,9	39,0
C 955	392	314	50,5	39,6
C 805	477	335	52,8	40,6
C 81S	385	305	50,1	39,0
D 468	370	437	51,2	42,7
C 901	620	499	60,0	43,3
ICI 791152	554	496	59,1	49,4
XL 510	669	365	62,6	44,0
SR 100	532	552	62,2	46,1
C 701	320	243	48,4	40,5
Hatã 2000	480	465	55,8	35,6
Agromen 3000	422	315	56,9	41,8
CO 26	575	453	58,5	40,6
AG 702	555	557	54,2	40,2
AG 513	497	292	60,7	44,0
C 777	534	345	60,3	39,8
OC 5045-6	714	508	60,5	38,5
OC 5645-6	552	481	53,4	37,8
AG 9004	623	494	62,5	45,2
P 3069	509	402	58,4	39,7
BR 201	643	556	55,1	30,1
F zinco (a)	**		**	
F cultivares (b)	**		**	
F zinco vs. cultivares	ns		ns	
C.V. % (a)	21,6		14,2	
C.V. % (b)	25,3		8,0	
r (massa seca vs. altura) = 0,56**				

Quadro 2. Teor e conteúdo de zinco na massa seca da parte aérea em função da deficiência de zinco apresentada por 24 cultivares de milho, crescidos em solução nutritiva com dois níveis de zinco: 0,125 (-Zn) e 0,350 (+Zn) mg/L de Zn

Cultivares	Teor		Conteúdo	
	+Zn	-Zn	+Zn	-Zn
	— mg/kg —		— µg/planta —	
C 808	27,45	14,30	17,9	5,4
XL 520	27,05	18,10	13,5	5,6
G 79S	26,95	14,90	12,1	6,4
G 74S	29,70	17,00	14,7	8,2
C 955	30,15	13,25	11,7	4,2
C 805	24,80	16,40	11,7	5,5
C 81S	31,00	15,10	11,7	4,6
D 468	33,55	14,75	12,5	6,3
C 901	27,85	16,45	17,1	8,2
ICI 791152	33,35	16,75	18,3	8,3
XL 510	27,20	15,60	18,2	5,7
SR 100	26,90	14,85	14,7	8,1
C 701	33,90	14,85	10,6	3,6
Hatã 2000	24,90	14,20	11,9	6,6
Agromen 3000	25,75	11,45	10,8	3,6
CO26	24,05	13,60	13,8	6,3
AG 702	28,40	13,75	14,9	7,7
AG 513	27,15	13,75	13,5	4,2
C 777	27,40	16,65	14,7	5,7
OC 5045-6	25,30	14,35	18,1	7,1
OC 5645-6	24,55	15,00	13,3	7,2
AG 9004	23,85	16,65	14,8	8,3
P 3069	30,15	14,00	14,6	5,6
BR 201	26,35	12,80	15,7	7,5
F zinco (a)	**		**	
F cultivares (b)	*		ns	
F zinco vs. cultivares	ns		ns	
C.V. % (a)	4,1		19,9	
C.V. % (b)	11,6		25,1	
r (altura vs. teor de zinco) = 0,79**				
r (altura vs. conteúdo de zinco) = 0,86**				

Resultados e Discussão

Os resultados de produção de massa seca da parte aérea e altura das plantas de milho encontram-se no quadro 1. Para o nível mais baixo de zinco, houve redução na produção de massa seca e na altura das plantas dos cultivares testados. A altura de planta foi a variável que refletiu melhor o estresse de zinco, inclusive com menor erro experimental entre sub-parcelas (C.V. % = 8,0).

Considerando que um dos sintomas de falta de zinco é o encurtamento de internódios, a altura é a característica que deve, preferencialmente, ser examinada para estimar uma possível diferença varietal quanto à eficiência de utilização desse micronutriente. Alguns cultivares apresentaram maior resposta à adição de zinco, destacando-se o C-808, o Hatã-2000, o OC-5045-6 e o BR-201. Os que mostraram menores reduções, em função do baixo nível de zinco, foram D-468, ICI-791152 e C-701. No entanto, a correlação entre a altura das plantas e as produções de massa seca, embora significativa, não foi muito elevada ($r = 0,56^{**}$).

No quadro 2, encontram-se os teores de zinco na massa seca da parte aérea e os valores calculados dos conteúdos de zinco. Houve variação nos teores e conteúdos de quase todas as plantas para os dois níveis de Zn na solução nutritiva, mostrando os dados elevada correlação com a variação na altura das plantas ($r = 0,79$ e $0,86$ respectivamente). Sendo assim, no sistema de cultivo utilizado neste ensaio, a altura revelou-se variável adequada para avaliação das plantas, quanto à deficiência de zinco.

Entretanto, o sistema de cultivo necessita ser aperfeiçoado de forma a quantificar as diferenças entre cultivares com maior precisão. A quantidade de zinco nas sementes de origem e o cultivo individual das plantas em recipientes pequenos deverão ser avaliados nos próximos estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, D.C.; PAULSEN, G.M. & MURPHY, L.S. Phosphorus-iron and phosphorus-zinc relationship in corn (*Zea mays* L.) seedlings as affected by mineral nutrition. *Agronomy Journal*, Madison, **63**:36-39, 1971.

- BATAGLIA, O.C. & DECHEN, A.R. Critérios alternativos para diagnose foliar. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1., Piracicaba, 1986. *Anais*. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p.115-136.
- BROWN, J.C.; AMBLER, J.E.; CHANEY, R.L. & FOY, C.D. Differential responses of plant genotypes to micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil Science Society of America Proceedings, 1972. p.389-418.
- CLARK, R.B. Differential response of maize inbreds to Zn. *Agronomy Journal*, Madison, **70**:1057-1060, 1978.
- CLARK, R.B. Plant genotype differences in uptake, translocation, accumulation, and use of mineral elements required for plant growth. *Plant and Soil*, Dordrecht, **72**:175-196, 1983.
- FURLANI, A.M.C. & FURLANI, P.R. *Composição e pH de soluções nutritivas para estudos fisiológicos e seleção de plantas em condições nutricionais adversas*. Campinas, Instituto Agrônômico, 1988. 34p. (Boletim técnico, 121)
- GIORDANO, P.M. & MORTVEDT, J.J. Response of several corn hybrids to level of water-soluble zinc in fertilizers. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, **33**:145-148, 1969.
- GIORDANO, P.M. & MORTVEDT, J.J. Response of several rice cultivars to zinc. *Agronomy Journal*, Madison, **66**:220-223, 1974.
- IGUE, K.; BLANCO, H.G. & ANDRADE SOBRINHO, J. Influência do zinco na produção do milho. *Bragantia*, Campinas, **21**:263-269, 1962.
- IGUE, K. & GALLO, J.R. *Deficiência de zinco em milho no Estado de São Paulo*. São Paulo, IBEC Research Institute, 1960. 19p. (Boletim, 20)
- JONES JR., J.B. Plant tissue analysis for micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil Science Society of America Proceedings, 1972. p.319-346.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral de plantas. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO, Ilha Solteira, 1987. *Trabalhos apresentados*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. p.33-101.
- SAFAYA, N.M. & GUPTA, A.P. Differential susceptibility of corn cultivars to zinc deficiency. *Agronomy Journal*, Madison, **71**:132-136, 1979.
- SHUKLA, V.C. & RAJ, H. Zinc response in corn as influence by genetic variability. *Agronomy Journal*, Madison, **68**:20-22, 1976.
- SHUKLA, V.C. & RAJ, H. Relative response of corn, pearl-millet, sorghum and cowpea to zinc deficiency in soil. *Journal of Plant Nutrition*, New York, **10**:2057-2067, 1987.
- TRANI, P.E.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C. *Análise foliar: amostragem e interpretação*. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 18p.