

INFLUÊNCIA GENOTÍPICA NAS INTERAÇÕES MAGNÉSIO E ZINCO NA SOJA

GENOTYPIC INFLUENCE ON MAGNESIUM AND ZINC INTERACTIONS IN SOYBEAN

MOREIRA, A.¹; MALAVOLTA, E.²; CASTRO, C.³; FAGERIA, N.K.⁴

¹Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, CEP 69011-970 São Carlos-SP, ²CENA/USP, Piracicaba, SP, ³Embrapa Soja, Londrina, PR, ⁴Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO; e-mail: adonis@cnpse.embrapa.br

Resumo

O balanço da composição mineral é uma das condições básicas para o adequado crescimento e desenvolvimento das plantas. O presente estudo foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2x4, com três repetições. Foram avaliadas quatro cultivares de soja [IAC15-1 e DM Nobre (semi-tardia) e IAC 17 e FT Estrela (precoce)]. Os tratamentos foram constituídos por duas doses de Mg (0,1 e 1,0 mmol L⁻¹) e quatro doses de Zn (0, 1, 2 e 5 µmol L⁻¹). Os resultados indicaram que nas duas doses de Mg, a cultivar IAC 15-1 foi mais eficiente na absorção de Mg nas folhas, caules e pericarpos, enquanto a IAC 17 apresentou os maiores de Zn. Houve diminuição dos teores de Zn com aumento da concentração de Mg na solução nutritiva, porém, ficaram dentro ou acima da faixa de 21-50 mg kg⁻¹, considerada como adequada para a cultura.

Palavras-chave: *Glycine max*, variação genotípica, macronutriente e micronutriente

Introdução

O zinco (Zn) participa no metabolismo de carboidratos e de proteínas, atuando também na formação de auxina (Acido indol acético – síntese de triptofano), RNA e ribossomos, na sua carência as plantas ficam raquíticas, com internódios e pecíolos pequenos (Mengel & Kirkby, 2001). Em solos de cerrado, a deficiência tem sido reportada em várias culturas, como soja, milho, arroz e trigo (Fageria, 2009). Nestas condições edafoclimáticas, caracterizadas por solos com acidez elevada e baixos teores de Zn disponível, tal situação é mais agravada devido a aplicação de grandes quantidades de calcário que elevam consideravelmente o pH do solo diminuindo a disponibilidade de Zn para as plantas (Malavolta, 2008). Outro agravante é o uso de calcário dolomítico com maiores concentrações de Mg (>13% MgO). O íon Mg apresenta mesma valência e tem potencial e raio iônico semelhantes aos do íon Zn (Kabata Pendias & Pendias, 2001), com isso, pode deslocar este último para solução do solo diminuindo a concentração nas plantas. O objetivo deste trabalho foi estudar a influência genotípica de quatro cultivares de soja com características de ciclo vegetativo distintas na absorção dos nutrientes Mg e Zn em função da interação magnésio e zinco na solução.

Material e métodos

Os experimentos foram realizados em condições de casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), Piracicaba, SP, em solução nutritiva de Johnson et al. (1957) modificada. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2x4, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por duas doses de Mg (0,1 e 1,0 mmol L⁻¹) e quatro doses de Zn (0, 1, 2 e 5 µmol L⁻¹). Neste estudo, foram utilizadas as cultivares IAC15-1 e DM Nobre (semi-tardia) e as cultivares IAC 17 e FT Estrela (precoce).

Sementes foram colocadas para germinar em bandejas contendo vermiculita, umedecida com CaSO₄ (0,1 mol L⁻¹), no estádio V1 foram transplantadas para os vasos contendo os tratamentos (Mg e Zn). No estádio R7 (Fehr et al., 1971) – final do ciclo reprodutivo – foram colhidas as plantas e separadas em caule (incluindo o pecíolo), folhas, pericarpos, grãos e raízes. O material foi acondicionado em sacos de papel e secas em estufa a 65°C. Posteriormente, os materiais foram pesados (g vaso⁻¹) e moídos em moinho tipo Willey para realização das análises utilizadas para determinação dos teores de Mg e Zn nas diferentes partes da planta (Malavolta et al., 1997). Além do estado nutricional, foram determinadas as quantidades de Mg e Zn exportadas pelos grãos.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste F e comparação de contraste de médias com o teste de Tukey a 5% de significância (Pimentel Gomes & Garcia, 2002).

Resultados e discussão

Os teores de magnésio (Mg) nas diferentes partes da planta e dentro das doses de Mg e Zn, indicaram comportamento diferenciado entre as cultivares, havendo interação entre as variáveis estudadas (Tabela 1). Com aplicação de 0,1 mmol L⁻¹ de Mg, a cultivar IAC 15-1 apresentou, na média das doses de Zn, os maiores teores de Mg nas folhas e nos pericarpos, enquanto nos grãos foi a cultivar com o menor teor, diferindo estatisticamente ($p \leq 0,05$) das demais cultivares. Os teores de Mg nas folhas, no tratamento com 0,1 mmol L⁻¹ de Mg, ficaram abaixo da faixa de 3 a 10 g kg⁻¹, considerada adequada por Malavolta et al. (1997), no caso dos grãos, exceto a FT Estrela na doses 1,0 mmol L⁻¹ de Mg, os teores também foram inferiores aos encontrados por Moreira (1999) com as mesmas cultivares.

Devido à grande mobilidade do nutriente no floema (Fageria, 2009), nas menores concentrações de Mg, os maiores teores foram verificados no pericarpo, havendo porém, baixa remobilização para os grãos (Tabela 1). Segundo Castro (1999), a quantidade de Mg aplicada pode ter sido suficiente para um bom desenvolvimento da planta, mas insuficiente para completar todo o ciclo. A aplicação de 1,0 mmol L⁻¹, os teores de Mg nas folhas ficaram dentro da faixa considerada adequada por Malavolta et al. (1997). A exportação de Mg pelos grãos acompanhou o aumento do teor do nutriente na solução e na produção de grãos – dados não mostrados. As diferenças entre as cultivares ocorrem por existir uma tolerância diferencial na absorção dos nutrientes, fatores esses, que atuam nos processos fisiológicos que são controlados geneticamente (Marschner, 1995).

Tabela 1. Teor de Mg nas folhas, caules, pericarpos, raízes e grãos das cultivares IAC 15, IAC 17, FT Estrela e DM Nobre em função da interação Mg e Zn. Média das doses 0, 1, 2 e 5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de Zn. Entre parênteses a quantidade do nutriente exportado em mg vaso⁻¹.

Mg	Cultivares	Teor médio de Mg, g kg ⁻¹				
		Folhas	Caules	Pericarpos	Raízes	Grãos
0,1 mmol L ⁻¹	IAC 15-1	1,21a	1,06ab	2,62a	0,33a	0,12c (0,61)
	IAC 17	1,14ab	0,79c	2,10c	0,37a	0,21b (0,86)
	FT Estrela	1,15a	1,09a	2,35b	0,38a	0,26b (1,34)
	DM Nobre	0,99b	0,95b	1,51d	0,22b	0,42a (2,60)
	Média	1,12B	0,97B	2,15A	0,33C	0,25C (1,37)
1,0 mmol L ⁻¹	IAC 15-1	5,32a	4,27a	5,81a	0,81a	0,90c (8,62)
	IAC 17	5,40a	2,97d	5,80a	0,49c	0,71d (4,80)
	FT Estrela	4,69b	3,79c	5,78a	0,60b	2,14a (21,63)
	DM Nobre	4,07	3,96b	5,82a	0,43c	1,93b (17,74)
	Média	4,87A	3,75B	5,80A	0,58C	1,42C (13,05)
	CV%	4,64	8,98	7,72	19,72	14,34
Cultivar (a)		2,93*	2,71*	1,28*	0,26*	8,12*
Magnésio (b)		337,12*	184,84*	321,20*	1,56*	20,16*
Zinco (c)		5,92*	0,96*	0,56*	0,08*	0,31*
a x b x c		0,73*	0,28*	0,55*	0,07*	0,31*

[†]Médias seguidas por letras distintas minúsculas na mesma coluna e maiúscula na mesma linha dentro de cada dose de Mg diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

*significância a 5% de probabilidade do quadrado médio (QM) do teor de magnésio e das interações entre as cultivares e as doses de magnésio e zinco.

No caso do Zn, os teores nas diferentes partes da planta das quatro cultivares estudadas são mostradas na Tabela 2. As análises da variância mostraram interações significativas entre cultivares x Mg x Zn. Verificou-se que nas doses 0,1 e 1,0 mg L⁻¹ de Mg, os maiores teores de Zn foram verificados nas folhas ($p \leq 0,05$), enquanto os menores foram verificados nos pericarpos (Tabela 2). Com 1,0 mg L⁻¹ de Mg, as cultivares IAC 15-1 e FT Estrela foram as que exportaram as maiores quantidades de Zn através dos grãos (337,2 e 449,9 $\mu\text{g Zn vaso}^{-1}$), enquanto as cultivares IAC 17 e DM Nobre exportaram 253,9 e 132,5 $\mu\text{g Zn vaso}^{-1}$, respectivamente.

Houve diminuição dos teores de Zn com aumento da concentração de Mg na solução nutritiva, havendo redução na média das cultivares de 19,4% - folhas, 42,7% - caules, 78,3% - pericarpos, 10,2% - raízes e 8,1% - grãos (Tabela 2). No caso das cultivares, a IAC 17 apresentou os maiores teores de Zn nas folhas e nos caules, enquanto a DM Nobre teve os menores teores. Moreira et al. (2003) verificaram que a aplicação de altas concentrações de Mg diminui a absorção de Zn, sendo a inibição do tipo não competitiva. Apesar da diminuição

dos teores foliares de Zn, independentemente da dose de Mg, ficaram dentro ou acima da faixa de 21 a 50 mg kg⁻¹, indicada como adequada por Malavolta et al. (1997).

Tabela 2. Teor de Zn nas folhas, caules, pericarpos, raízes e grãos das cultivares IAC 15, IAC 17, FT Estrela e DM Nobre em função da interação Mg e Zn. Média das doses 0, 1, 2 e 5 μmol L⁻¹ de Zn. Entre parênteses a quantidade do nutriente exportado em μg vaso⁻¹

Mg	Cultivares	Teor médio de Zn, mg kg ⁻¹				
		Folhas	Caules	Pericarpos	Raízes	Grãos
0,1 mmol L ⁻¹	IAC 15-1	65,2b	35,5b	31,0a	26,3b	38,5a (195,1)
	IAC 17	74,2a	40,0a	27,7b	39,0a	41,0a (169,7)
	FT Estrela	68,7ab	30,5c	22,5c	23,8ab	42,7a (219,0)
	DM Nobre	46,0c	22,3d	20,7c	19,3c	43,0a (265,7)
	Média	63,5A	32,1C	25,5D	27,1CD	41,3B (210,9)
1,0 mmol L ⁻¹	IAC 15-1	53,0b	23,2a	17,7a	32,7a	35,2b (337,2)
	IAC 17	64,0a	24,0a	16,5a	18,3c	37,5b (253,9)
	FT Estrela	54,7b	21,8a	12,2b	27,3b	44,5a (449,9)
	DM Nobre	41,0c	21,0	10,7b	20,2c	35,7b (132,5)
	Média	53,2A	22,5C	14,3D	24,6C	38,2B (292,8)
	CV%	9,48	11,13	4,20	23,77	10,63
	Cultivar (a)	2782,60*	479,84*	388,59*	466,84*	189,34*
	Magnésio (b)	2562,67*	2194,59*	3003,84*	1794,01*	142,59*
	Zinco (c)	6387,51*	5847,34*	4009,64*	1526,20*	2397,09*
	a x b x c	122,01*	111,59*	47,34*	157,10*	505,34*

¹Médias seguidas por letras distintas minúsculas na mesma coluna e maiúscula na mesma linha dentro de cada dose de Mg diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

*significância a 5% de probabilidade do quadrado médio (QM) do teor de zinco e das interações entre as cultivares e as doses de magnésio e zinco.

Referências

- CASTRO, C. **Boro e estresse hídrico na nutrição e produção do girassol**. Piracicaba, 1998. 120p Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Quieroz, Universidade de São Paulo.
- FAGERIA, N.K. **The use of nutrients in crop plants**. Boca Raton: CRC Press, 2009. 430p.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T.; PENNINGTON, J.S. Stage of development description for soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). **Crop Science**, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.
- JOHNSON, C.M.; STOUT, P.R.; BROYER, T.C.; CARLTON, A.B. Comparative chlorine requirements of different plant species. **Plant and Soil**, v.8, n.1, p.337-353, 1957
- KABATA PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 2001, 4004p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- Mengel, K; Kirkby, P.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 2001. 849 p.
- MOREIRA, A. **Influência do magnésio na absorção e transporte de manganês e do zinco na soja**. Piracaba, 1999.138p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; HEINRICHS, R.; TANAKA, R.T. Influência do magnésio na absorção de manganês e zinco por raízes destacadas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 95-101, 2003
- PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.