

EFEITO DA RELAÇÃO ENTRE TEORES TROCÁVEIS DE Ca e Mg DO SOLO NA ABSORÇÃO DE K POR PLANTAS DE CENTEIO ¹

Edmir Soares ²
Leonia A. de Lima ²
Martha M. Mischan ³
Francisco A.F. de Mello ⁴
A. Enedi Boaretto ²

INTRODUÇÃO

O estudo da interrelação entre os cátions cálcio, magnésio e potássio é um assunto que tem despertado a atenção de muitos pesquisadores, tendo dado margem a conclusões por vezes bastante divergentes.

A interação, positiva ou negativa, entre os cátions cálcio, magnésio e potássio, parece ainda não estar bem nítida, pois de modo geral, tanto o cálcio e/ou magnésio pode deprimir a absorção de potássio, como este também pode deprimir a absorção dos outros dois cátions pelas

¹ Parte da dissertação de Mestrado defendida na E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

² Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu.

³ Instituto Básico de Biol. Med. e Agric.; UNESP, Botucatu.

⁴ Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba.

plantas, e sob certas condições, o cálcio e o magnésio, podem ainda estimular a absorção do potássio.

COLLANDER (1941) observou em seus estudos, que a absorção de potássio foi fracamente influenciada pela adição de cálcio e a absorção deste foi influenciada pela adição de potássio no meio nutritivo.

TEWARI *et alii* (1971), em estudos sobre a dinâmica do Ca, Mg e K e seus efeitos em plantas de ervilhas, verificaram a existência de uma estreita relação entre estes nutrientes. A medida que a relação Ca/Mg aumentava, ocorriam decréscimos nos teores de magnésio e potássio absorvidos pelas plantas e observações semelhantes foram obtidas para a relação Mg/K.

LIANS & TANAKA (1972), em estudos com arroz, observaram que a absorção de potássio foi reduzida quando o teor de cálcio era alto e o potássio apresentava-se com teores baixo no solo.

OVERSTREET *et alii* (1952) mostraram que o efeito estimulante do cálcio sobre a absorção de potássio é observado quando o mesmo está em baixas concentrações, mas, com o aumento gradativo na concentração do cálcio, esse efeito diminui até o momento em que ocorre um efeito antagônico entre esses cátions a níveis mais altos de cálcio e conseqüente redução na absorção de potássio.

Em estudo com algodoeiro, FUZZATO & FERRAZ (1967) verificaram que a relação entre teores trocáveis de cálcio e potássio no solo mostrou-se como principal fator para explicar os efeitos provocados pela adubação potássica, pois, em valores de Ca/K acima de 20, houve aumentos consideráveis na produção, em decorrência da aplicação de potássio, e estes aumentos foram tanto maiores, quanto maior o valor dessa relação. Todavia valores abaixo de 10 estavam associados a respostas insignificantes ou frequentemente negativas da adubação potássica.

ALBAREDA et alii (1958, a, b e c), em uma série de estudos em solos com problemas de fertilidade, cultivando trigo, observaram que a absorção do cálcio relacionou-se diretamente com a relação Ca/K no meio nutritivo, enquanto que a absorção de potássio foi reduzida pelo aumento no valor da relação Ca/K.

Em decorrência disto, teve este trabalho o objetivo de estudar a influência da relação Ca/Mg, dentro de dois níveis de potássio, na absorção do potássio por plantas de centeio cultivadas em dois solos Latossolos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Dois ensaios foram instalados, em casa de vegetação, em vasos de barro de capacidade para 9 kg de terra, nos quais foram utilizados os solos Latossolo Vermelho Escuro-orto (LE) e Latossolo Vermelho Amarelo-fase arenosa (LV), ambos Oxissolos, de baixa fertilidade natural e com acidez média, coletados respectivamente, em Capão Bonito e Mogi-Guaçu, com vegetação de pastagem. Os resultados químicos e mecânicos dos solos encontram-se no quadro I.

Os tratamentos utilizados e as quantidades de cloreto de potássio, carbonato de cálcio e óxido de magnésio, adicionadas em ambos os solos, encontram-se no quadro II.

Utilizou-se um delineamento de blocos inteiramente casualizados, envolvendo dezesseis tratamentos com três repetições.

O mesmo procedimento foi utilizado em ambos os ensaios: 9 kg de terra foram homogeneizadas com o carbonato de cálcio, óxido de magnésio e com o cloreto de potássio em vasos de barro, seguiu-se um período de incubação de 40 dias, durante o qual a terra nos vasos foi mantida

QUADRO I - Resultados das análises químicas e mecânicas do Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa (LV) e Latossolo Vermelho Escuro-orto (LE) (profundidade 0-20 cm).

Solos	pH	M.O. %	PO_4^{3-} (1)	K ⁺ (2)	Ca ²⁺ (2)	Mg ²⁺ (2)	H ⁺	Al ³⁺
LV	5,24	1,89	0,01	0,07	0,30	0,10	2,00	0,64
LE	4,06	3,96	0,01	0,12	0,10	0,08	7,67	1,50
	Argila	Limo	Areia					
	%	%	Total					
LV	13	1	%					
LE	39	6	%					

(1) extraído em H_2SO_4 0,05N

(2) extraído em HNO_3 0,05N

QUADRO II - Quantidades em gramas de carbonato de cálcio e óxido de magnésio, adicionadas nos solos Latossolo Vermelho Amarelo-fase arenosa (LV) e Latossolo Vermelho Escuro-orto (LE).

Níveis de Ca/Mg	LV				LE			
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CaCO ₃	MgO	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CaCO ₃	MgO
	meq/100g solo		g/vaso		meq/100g solo		g/vaso	
20,00	2,00	0,10	7,65	-	4,00	0,20	17,55	0,22
10,00	1,90	0,19	7,20	0,16	3,81	0,38	16,69	0,54
5,00	1,75	0,35	6,53	0,45	3,50	0,70	15,30	1,12
2,50	1,50	0,60	5,40	0,90	3,00	1,20	13,05	2,02
1,25	1,17	0,94	3,93	1,51	2,33	1,87	10,03	3,72
0,65	0,83	1,27	2,38	2,10	1,65	2,54	7,02	4,43
0,35	0,55	1,55	1,05	2,61	1,09	3,10	4,45	5,43
0,17	0,30	1,80	-	3,06	0,61	3,59	2,30	6,33

Todas as relações Ca/Mg foram estudadas dentro de dois níveis de K (0,12 e 0,24 m.eq/100g TFSA).

úmida com água desmineralizada, em quantidade suficiente para manter o teor de umidade em torno de 75% da capacidade de campo. Após esse período, amostras de terra foram coletadas para os trabalhos de laboratório. A seguir, adicionaram-se fosfato de diamônio e sulfato de amônio em níveis equivalentes a 60 kg de P_2O_5 /ha e 30 kg de N/ha, respectivamente em todos os tratamentos. Em seguida à adubação, foi semeado o centeio, variedade Gayrawo, utilizando-se 40 sementes/vaso, deixando após desbaste 20 plantas por vaso.

Sessenta e cinco dias após a germinação, as plantas foram cortadas bem rente à superfície da terra do vaso. O material obtido foi lavado, seco em estufa a 50°C até peso constante, pesado, moído em moinho tipo Wiley e preparado para a análise química de cálcio, magnésio e potássio segundo a técnica de LEGETT & WESTERMANN (1973).

Nas amostras de terra coletadas imediatamente antes do plantio e da adubação nitrogenada e fosfatada foram determinados os teores trocáveis de potássio, cálcio e magnésio, empregando-se como solução extratora o HNO_3 0,05N.

Durante todo o desenvolvimento do ensaio, utilizou-se água desmineralizada para a irrigação das plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram feitas com o auxílio do computador IBM 1130.

Foi realizada a análise de variância dos dados de: produção de matéria seca; concentração de nutrientes na planta.

A comparação entre as médias foi feita pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Efeito dos tratamentos na produção de matéria seca e na absorção de K, Ca e Mg por plantas de centeio.

A produção de matéria seca, os teores de K, Ca e Mg em planta de centeio são apresentados nos quadros III e IV e os valores de F na análise da variância desses parâmetros estão inseridos nos quadros V e VI, respectivamente para o centeio cultivado nos solos Latossolo Vermelho Amarelo-fase arenosa (LV) e Latossolo Vermelho Escuro - orto (LE).

Os dados obtidos neste trabalho evidenciaram que a produção de matéria seca de centeio, considerando-se o ensaio como um todo, em média, foi beneficiado com o incremento no teor de potássio no solo.

Todavia, para o centeio cultivado no solo LV constatou-se a interação significativa entre os parâmetros estudados de tal maneira que o aumento de produção de matéria seca devido ao incremento de K no solo ocorreu somente dentro das relações Ca/Mg iguais a: 20, 10, 2,5 e 0,17 e o aumento dessa produção em função do aumento nos valores da relação Ca/Mg quer dentro do nível 1 de K como no nível 2, evidenciam que a produção de centeio é favorecido por altas relações Ca/Mg no solo.

A produção de matéria seca de centeio cultivados no solo LE, entretanto, mostrou efeito individual tanto do incremento do potássio quanto da relação Ca/Mg no solo, evidenciando que essa planta é favorecida pela adição individual desses elementos no solo.

Ficou bem evidenciado neste trabalho, que a absorção do cálcio pelo centeio está estreitamente relacionada com o valor da relação Ca/Mg do solo, pois quanto maior esta, maior foi o teor de cálcio absorvido pela planta, e a absorção do magnésio foi inversamente proporcional a essa relação, pois maiores teores desse nutrien

QUADRO III - Produção de matéria seca (g), concentração (%) de Ca, Mg e K, na parte aérea das plantas de centeio colhidas 65 dias após a germinação, no solo Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa.

Níveis de K	Níveis de Ca/Mg	Matéria seca (g)	Concentração de nutrientes			
			% Ca	% Mg	% K	
0,12	20,00	38,0	1,85	0,25	1,45	
	10,00	37,5	1,62	0,36	0,69	
	5,00	37,0	1,39	0,42	0,98	
	2,50	34,0	1,16	0,61	1,68	
	1,25	31,0	0,93	0,70	1,65	
	0,65	30,5	0,62	0,93	1,03	
	0,35	27,0	0,31	1,05	1,12	
	0,17	26,0	0,29	1,16	1,33	
	0,24	20,00	42,0	1,51	0,23	0,64
		10,00	41,7	1,32	0,34	1,02
5,00		37,5	1,13	0,42	1,58	
2,50		35,5	0,94	0,53	2,56	
1,25		31,5	0,75	0,61	2,78	
0,65		31,0	0,50	0,82	1,83	
0,35		28,0	0,25	1,01	1,86	
0,17		27,5	0,22	0,97	1,89	
d.m.s. (5%)			2,30	0,16	0,20	0,16
C.V. %			2,58	6,74	11,79	4,21

QUADRO IV - Produção de matéria seca (g), concentração (%) de Ca, Mg e K na parte aérea das plantas de centeio colhidas 65 dias após a germinação, no Latossolo Vermelho Escuro-orto.

Níveis de K	Níveis de Ca/Mg	Matéria seca (g)	Concentração de nutrientes			
			% Ca	% Mg	% K	
0,12	20,00	39,0	1,35	0,35	1,06	
	10,00	39,5	1,15	0,32	1,43	
	5,00	39,0	0,95	0,37	2,12	
	2,50	35,0	0,75	0,44	2,63	
	1,25	31,5	0,64	0,55	2,86	
	0,65	31,0	0,53	0,68	2,03	
	0,35	26,5	0,32	0,85	2,09	
	0,17	25,0	0,25	0,98	2,12	
	0,24	20,00	43,0	1,05	0,23	1,02
		10,00	43,5	0,87	0,25	1,65
5,00		40,5	0,66	0,26	2,35	
2,50		38,0	0,62	0,31	2,93	
1,25		35,0	0,48	0,43	3,22	
0,65		33,5	0,39	0,58	2,23	
0,35		29,5	0,29	0,73	2,28	
0,17		27,5	0,23	0,81	2,32	
d.m.s. (5%)			2,26	0,12	0,14	0,34
CV %			2,44	7,31	10,77	6,05

QUADRO V - Valores de F, na análise da variância para os dados de: matéria seca (MS); teores (%) de K, Ca e Mg na planta e desdobramento dos componentes de 1º e 2º grau na análise da variância das interações significativas; com a soja cultivada no solo LVa.

Fonte de variação	G.L.	F (M.S)	F (% K)	F (% Ca)	F (% Mg)
Níveis de K	1	46,88a	1.383,18a	115,75a	9,30a
Rel. Ca/Mg	7	216,13a	523,20a	440,56a	100,48a
K x Ca/Mg	7	4,69a	36,89a	4,21a	1,03
Resíduo	32				
Total	47				
DESDOBRAMENTO DAS INTERAÇÕES					
Nív. K d. Rel. 1	1	31,97 a	14,60a	44,55a	
Nív. K d. Rel. 2	2	35,25a	44,05a	34,68a	
Nív. K d. Rel. 3	3	0,49	145,63a	26,05a	
Nív. K d. Rel. 4	4	4,49a	313,27a	18,65a	
Nív. K d. Rel. 5	5	0,49	516,56a	12,48a	
Nív. K d. Rel. 6	6	0,49	258,90a	5,55a	
Nív. K d. Rel. 7	7	1,99	221,52a	1,38	
Nív. K d. Rel. 8	8	4,49a	126,86a	1,88	
Nív. Rel. d.K1	7	89,28a	150,25a	265,45a	
Nív. Rel. d.K2	7	131,53a	409,83a	179,32a	

a. Significativo ao nível de 5%.

QUADRO VI - Valores de F_1 na análise da variância para os dados de: matéria seca (MS); teores (%) de K, Ca e Mg na planta e desdobramento dos componentes de 1º e 2º grau da análise da variância do teor de Ca em plantas de soja cultivada no solo LE-orto.

Fonte de variação	G.L.	F(M.S.)	F (% K)	F (% Ca)	F (% Mg)
Níveis de K	1	148,51a	29,81a	146,64a	51,74a
Rel. Ca/Mg	7	281,66a	142,69a	290,83a	110,51a
K X Ca/Mg	7	1,47	1,19	8,23	0,21
Resíduo	32				
Total	47				
DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO					
Niv. K d. Rel. 1	1	58,22a			
Niv. K d. Rel. 2	1	50,71a			
Niv. K d. Rel. 3	1	54,40a			
Niv. K d. Rel. 4	1	10,93a			
Niv. K d. Rel. 5	1	16,56a			
Niv. K d. Rel. 6	1	12,67a			
Niv. K d. Rel. 7	1	0,58			
Niv. K d. Rel. 8	1	0,17			
Niv. Rel. d K1	7	194,98a			
Niv. Rel. d. K2	7	104,07a			

a - Significativo ao nível de 5%.

te na planta foram observadas dentro das menores relações Ca/Mg no solo, explica-se o fato, devido aos teores de cálcio no solo aumentar com o incremento no valor da relação Ca/Mg.

O incremento no nível de K no solo, reduziu a absorção do cálcio e do magnésio por plantas de centeio, sendo esse efeito, individual no centeio cultivado no solo LE, porém no solo LV ocorreu a interação significativa entre nível de K e valor da relação Ca/Mg do solo na absorção desses cátions. Talvez essa diferença, seja devida aos solos apresentarem capacidade de retenção de cátions diferentes, pois é conhecido o reflexo da maior ou menor retenção de cátions pelo solo na disponibilidade dos mesmos às plantas, quanto maior a retenção menos disponível será o elemento às plantas, dentro de certos limites.

Dessa forma, a disponibilidade dos cátions K, Ca e Mg, presumivelmente é maior no solo LV, pois esse apresenta-se com menor poder de retenção, conseqüentemente, na solução desse complexo, acredita-se que os efeitos contrários entre esses nutrientes, devam ocorrer com maior intensidade, evidenciando assim melhor os efeitos das mesmas, reciprocamente. Pode-se pelos dados obtidos nesses experimentos, observar que a produção de matéria seca, os teores de K e Ca na planta de centeio cultivada no solo LV, apresentaram significância para a interação entre níveis de K e valores da relação Ca/Mg do solo, enquanto no solo LE, de maior poder de retenção, essa interação somente ocorreu para os dados de teor de Ca na planta.

Dessa forma, estes dados, permitem supor, que além dos teores de K, Ca e Mg no solo se correlacionarem muito bem com seus teores na planta, a maior ou menor disponibilidade dos mesmos em função das suas retenções pelos complexos ativos dos solos, deve influir muito nas interações entre os elementos de tal modo, que níveis menores de um nutriente pode afetar com maior intensidade a absorção dos outros dois nutrientes em solos com poder de retenção mais baixo do que solos com retenção maior.

A constatação dos efeitos sinérgicos e antagônicos entre os cátions nutrientes na absorção de Ca, Mg e K pelas plantas, tem sido demonstrado por diversos autores, em estudos realizados sob as mais diferentes condições, como demonstram os trabalhos de KHAN & HANSON (1957) com soja e milho; ANDREW & ROBINS (1969) com leguminosas forrageiras; BOTTINI & MARTORELLI (1973) com aveia e trevo. Os dados apresentados neste trabalho, permitem chegar a observações semelhantes às obtidas por OVERSTREET et alii (1952), ALBAREDA et alii (1958a, b, c), Resnik citado por MALAVOLTA (1970), MENGEL & AKSAY (1954), em que o efeito estimulante do cálcio sobre a absorção de potássio é observado quando o mesmo está em baixas concentrações, mas com o aumento gradativo na concentração do cálcio, esse efeito diminui até o momento em que ocorre efeito antagônico entre esses cátions a níveis mais altos de cálcio e conseqüente redução na absorção de potássio pelas plantas.

CONCLUSÕES

- 1 - Alta relação Ca/Mg no solo aumentou a produção de matéria seca de centeio. Os dados de concentração de nutrientes na planta mostraram a influência negativa do cálcio e do magnésio sobre a absorção do potássio. A influência do cálcio foi bem mais depressiva na absorção do potássio do que o magnésio.
- 2 - O potássio reduziu a absorção do cálcio e do magnésio, e em média, essa redução foi maior sobre a absorção do cálcio do que sobre o magnésio.
- 3 - Os teores de cálcio, magnésio e potássio do solo, relacionaram-se diretamente com seus níveis no solo.

RESUMO

Para estudar o efeito da relação Ca/Mg dentro de dois níveis de potássio sobre a produção de matéria seca e a absorção de potássio pela planta de centeio, variedade Gayerowo, conduziu-se dois ensaios em casa de vegetação, nos solos Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa (LVa) e Latossolo vermelho Escuro - orto (LE), envolvendo oito valores da relação Ca/Mg e dois níveis de potássio no solo, utilizando como fornecedores de Ca, Mg e K, o carbonato de cálcio, óxido de magnésio e o cloreto de potássio, e uma adubação básica de N e P (30 kg N/ha e 60 kg P₂O₅/ha).

Os dados de produção de matéria seca, permitiram observar que o centeio cultivado, em ambos os solos, apresentaram resposta altamente significativa à adição de potássio e cálcio. Os dados de concentração de nutrientes na planta caracterizou o antagonismo entre os cátions cálcio, magnésio e potássio, de modo que quando o nível de um dos cátions é alto no solo, a absorção dos outros foi reduzida.

SUMMARY

The effects of Ca/Mg ratio on dry matter yield and on potassium % in plant aerial parts, were studied by means of a plot experiment carried out in greenhouse, using rye - Gayerowo variety, in two soils classified as Red-Yellow Latosol Sandy Phase and ortho-Dark Red Latosol.

Treatments were obtained by addition of calcium carbonate, magnesium oxide and potassium chloride, in the way to obtain light different Ca/Mg ratios and two levels of soil potassium, All treatments received a basic application of nitrogen (30 kg N/ha) and phosphorus (60 kg P₂O₅/ha).

Dry matter production in both soils was highly influenced by application of potassium and calcium. Otherwise, the percentage of K, Ca and Mg in plant showed a clear and pronounced antagonism; the soil level of one of those cations being high, the absorption of the other ones was reduced.

LITERATURA CITADA

- ALBAREDA, J.M., V. HERNANDO & M. del P. SANCHES CONDE, 1958a. Interaction Ca/K en la absorcion de estos elementos por la planta de trigo. I. Influencia del pH en el desarrollo de la planta de trigo. *An. Edafol. Fisiol. Veg. Madrid* 17: 223-253.
- ALBAREDA, J.M., V. HERNANDO & M. del P. SANCHES CONDE, 1958b. Interaction Ca/K en la absorcion de estos elementos por la planta de trigo. II. Relaciones Ca/K utilizados y estudio de los resultados obtenidos. *An. Edafol. Fisiol. Veg. Madrid* 17: 503-563.
- ALBAREDA, J.M., V. HERNANDO & M. del P. SANCHES CONDE, 1958c. Interaction Ca/K en la absorcion de estos elementos por la planta de trigo. III. Influencia de la relation Ca/K en la asimilacion de los distintos elementos por la planta de trigo. *An. Edafol. Fisiol. Veg. Madrid* 17: 898-934.
- ANDREW, C.S. & F. ROBINS, 1969. The effect of potassium on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes: II. Potassium, Calcium, Magnesium, Sodium, Nitrogen, Phosphorus and Chloride. *Aust. J. Agric. Res.* 20:1009-1021.
- BOTTINI, E. & M. MARTORELLI, 1973. Potassium fertilizing and the antagonism between calcium and potassium. *Annali Ist. Sper. Nutr. Pl. Série III* (279)

- COLLANDER, R., 1941. Selective absorption of cations by higher plants. *Plant Physiology* 16: 691-720.
- FUZZATO, M.G. & C.A.M. FERRAZ, 1967. Correlação entre o efeito da adubação no algodoeiro e análise química do solo. *Bragantia* 26: 345-342.
- KHAN, J.S. & J.B. JANSON, 1957. The effect of calcium on potassium accumulation in corn and soybean roots. *Pl. Physiol.* 32: 312-316.
- LEGETT, G.E. & WESTERMANN, D.T., 1973. Determination of mineral elements in plant tissues using Trichloroacetic acid extraction. *Journ. Agric. Food Chem.* 21: 65-69.
- LIANS, S. & A. TANAKA, 1972. Calcareous soils in Ping tong area (Taiwan) in relation to the growth of lowland rice. *Soil Science and Plant Nutrition, Tokyo*, 18: 15-22.
- MALAVOLTA, E., 1970. Apostilas do Curso de Pós-Graduação de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP/Piracicaba, S.P. mimeo, 218p.
- MENGEL, K. & AKSAY, 1954. The potassium concentration of the soil solution and its effect on the yield of spring wheat. *Soil Sci.* 77: 419-426.
- OVERSTREET, R., L. JACOBSON & R. HANDLEY, 1952. The effect of calcium on the absorption of potassium by barley roots. *Plant Physiology* 27: 583-590.
- TEWARI, S.N., M.K. SINHA & S.C. MANDAL, 1971. Studies on the interrelationships among calcium, magnesium and potassium in plant nutrition. *Inter. Symp. Soil Fertil. Eval. Proc.*, New Delhi, India, 1:325.