

DESEMPENHO DO MILHO À ELEVAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DO CÁLCIO NA CTC

Neuri Coldebella^{1*}, Eloisa Lorenzetti², Juliano Tartaro³, Elizana Lorenzetti Treib⁴,
Robson Evandro Pinto¹, Adriano Fontana¹, Adalto Belice Alves¹

SAP 20230 Data envio: 22/08/2018 Data do aceite: 18/10/2018
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 4, out./dez., p. 443-450, 2018

RESUMO - Devido a elevada importância do milho e buscando elevar sua produção, pode-se utilizar de algumas técnicas que promovem grandes resultados, como por exemplo a calagem. Através deste estudo, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho do milho em função da elevação da participação do cálcio na capacidade de troca catiônica, utilizando o calcário calcítico em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, contendo sete tratamentos: 35, 40, 45, 50, 55, 60 e 65% da participação do cálcio na CTC (capacidade de troca catiônica) e quatro repetições. Foram coletadas amostras de solo nas parcelas, 18 meses após aplicação do calcário calcítico incorporado, para avaliação química do solo nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm, nas quais determinou-se o pH, H + Al, Ca, Mg, K, SB, V, Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, Ca + Mg/K, K/(Ca + Mg)^{1/2}, Ca(%), Mg(%) e K(%). Avaliaram-se os componentes de produção, altura de inserção da espiga, diâmetro de colmo, comprimento de espiga, diâmetro de base, mediano e ápice da espiga, número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), biomassa de 1000 grãos (MMG) e produtividade. O aumento da participação do cálcio (Ca) na CTC promoveu maior número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 1.000 grãos e conseqüentemente, maior produtividade. A elevação do Ca na CTC promoveu maior disponibilidade do elemento e Ca (%) na camada 0 - 20 cm de profundidade. A participação do Ca na CTC a 65% promoveu melhores resultados para os componentes de produção e atributos químicos do solo.

Palavras-chaves: Atributos químicos, calagem, participação na CTC.

PERFORMANCE OF CORN TO THE EXPANSION OF CALCIUM PARTICIPATION IN CTC

ABSTRACT - Due to the high importance of maize and seeking to increase its production, it is possible to use some techniques that promote great results, such as liming. The objective of this study was to evaluate the performance of maize as a function of the elevation of calcium participation in the cation exchange capacity, using calcitic limestone in LATOSSOL RED Distroferric. The experimental design consisted of a randomized block design with seven treatments: 35, 40, 45, 50, 55, 60 and 65% of the calcium participation in the CTC (cation exchange capacity) and four replications. Soil samples were collected in the plots, 18 months after the application of the incorporated limestone, for chemical evaluation of the soil at depths of 0 - 20 and 20 - 40 cm, in which pH, H + Al, Ca, Mg, K, Ca, Mg/K, Ca + Mg /K, K/(Ca + Mg)^{1/2}, Ca(%), Mg(%) and K(%). The production components, ear insertion height, stalk diameter, ear length, base diameter, median and apex of the ear, number of rows per spike (NRS), number of grains per row (NGR), biomass of 1000 grains (BTG) and productivity. The increase in calcium (Ca) participation in CTC promoted a greater number of rows per ear, number of grains per row, mass of 1,000 grains and consequently higher productivity. The elevation of Ca in the CTC promoted higher element availability and Ca (%) in the 0 - 20 cm depth layer. The participation of Ca in the CTC at 65% promoted better results for the production components and soil chemical attributes.

Keywords: chemical attributes, liming, participation in CTC.

INTRODUÇÃO

O Brasil o terceiro maior produtor mundial de milho, e entre os fatores que afetam a produtividade desta

cultura no Brasil, destaca-se a inexistência de programas de adubação e impedimentos físico-químicos que ocorrem nos solos brasileiros, os quais impedem o pleno

¹Engenheiro Agrônomo, Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Campus Toledo, Avenida União, 500, Centro, CEP 85902-532, Paraná, Brasil. E-mail: neuricoldebella@hotmail.com; robson.evandro@hotmail.com; adriano_fontana201@outlook.com; beliceadalto@gmail.com.

²Doutoranda em Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Marechal Cândido Rondon, Rua Pernambuco, 1777, Centro, CEP 85960-000, Paraná, Brasil. E-mail: eloisalorenzetti@hotmail.com. *Autora para correspondência.

³Engenheiro agrônomo, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Marechal Cândido Rondon, Rua Pernambuco, 1777, Centro, CEP 85960-000, Paraná, Brasil. E-mail: julianotartato@hotmail.com.

⁴Graduanda em Agronomia, Universidade Positivo (UP), Rua Professor Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300, Bairro Campo Comprido, CEP 81280-330, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: elizana.lorenzetti@hotmail.com.

desenvolvimento radicular das plantas (SILVA et al., 2013).

Visando propiciar melhores condições de crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas, a calagem tem sido utilizada para corrigir a acidez por alumínio (Al^{3+}), que restringe o crescimento radicular (CHANDRAN et al., 2008). A calagem, proporciona inúmeros benefícios em solos ácidos, como o aumento do pH, e o fornecimento de cálcio e magnésio, que propicia melhor desenvolvimento das raízes, e melhora a eficiência de uso dos nutrientes e água do solo (RAIJ, 2011).

Características do solo relacionadas com o tamponamento são também responsáveis por afetar a profundidade de ocorrência das reações de correção provocadas pela calagem (XU et al., 2012). O poder tampão do solo tem relação com a sua capacidade de resistir as aplicações de ácidos, ou bases, sem que ocorram alterações expressivas em seu pH (XU et al., 2012). Esta capacidade está associada aos constituintes do solo. Assim, solos argilosos ou muita matéria orgânica, geralmente apresentam maior poder tampão, pois os pontos de troca dos colóides orgânicos e minerais funcionam como receptores e fornecedores de H^+ , mantendo o pH do solo sem grandes alterações (YAO et al., 2009).

Quando a saturação de cálcio (Ca) no complexo de troca (CTC) for inferior a 35%, há forte limitação ao crescimento das raízes no solo, na maioria das espécies cultivadas (QUAGGIO, 2000). A participação ideal do Ca na CTC é de (35 a 50%) para solos arenosos e de (50 a 65%) para solos argilosos, a disponibilidade de Ca é ideal

quando os solos não são ácidos de modo geral (pH entre 5,5 e 6,0). O aumento do pH do solo altera a disponibilidade de nutrientes (FAGERIA et al., 2010), causando aumentos na absorção de macro e micronutrientes para o milho (MELO et al., 2011) e regulam a disponibilidade de nutrientes na parte líquida do solo (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). A calagem pode ser realizada para adicionar Ca de modo eficiente ao solo (MELO et al., 2011).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho do milho em função da elevação da participação do cálcio na capacidade de troca catiônica, utilizando o calcário calcítico como fonte de cálcio em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico Típico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Toledo (PR), situado nas coordenadas 24°43'38,49"S de latitude, 53°43'02,56"W de longitude e altitude de 578 m. O clima, segundo a classificação de Köpen, é tipo subtropical úmido (*Cfa*) (APARECIDO et al., 2016). Os dados de precipitação e temperatura foram coletados durante todo o período de condução do experimento, de acordo com a Figura 1, assim como realizou-se análise de solo na área do experimento (Tabela 1). O solo é de textura argilosa, classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico Típico (SANTOS et al., 2013), encontrando-se com cobertura de palhada de aveia no período anterior a implantação do experimento.

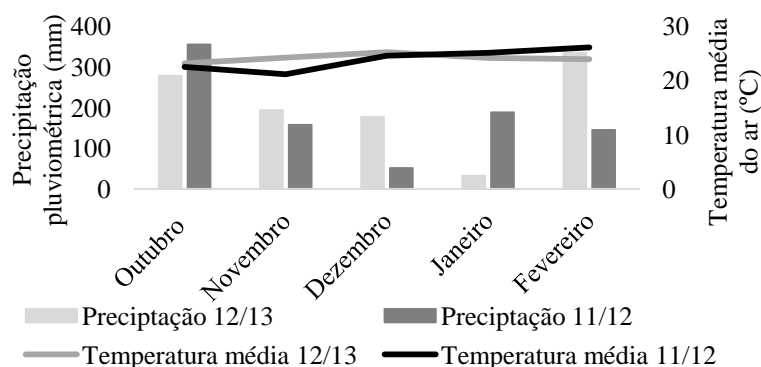


FIGURA 1 - Precipitação pluviométrica e temperaturas médias do ar mensais acumuladas no período do experimento 2011/12 e 2012/13 em Toledo (PR).

TABELA 1 - Caracterização química e física (granulométrica) da amostra de LATOSSOLO VERMELHO Distroférico antes da implantação do experimento.

Profund. (cm)	Caracterização química do solo									
	C	P	pH	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	CaCl ₂	cmol _c dm ⁻³						%
0 - 20	10,91	3,00	5,40	3,97	0,18	3,75	2,98	6,91	10,88	63,51
20 - 40	5,84	1,40	4,30	7,76	0,06	1,35	0,81	2,22	9,98	22,24
Caracterização física do solo										
	Argila			Silte			Areia			
	g kg ⁻¹									
0 - 20	790			110			100			
20 - 40	820			100			80			

Profund. = profundidade; P e K = Mehlich⁻¹; Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e C = Walkey Black; H⁺ + Al³⁺ = tampão SMP.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, contendo sete tratamentos, quatro repetições. Cada parcela media 5,75 m x 3,6 m, totalizando 20,7 m², onde foi semeada a cultura de milho safra verão. Os tratamentos foram constituídos pela participação do cálcio na capacidade de troca catiônica (CTC), sendo 35, 40, 45, 50, 55, 60 e 65% na CTC.

Utilizou-se calcário calcítico (45,8% CaO e 3,6% MgO), com PRNT = 75%, a fim de elevar a participação do cálcio na CTC. Os tratamentos foram: T1 = participação atual de 35% sem o produto (testemunha), T2 = participação elevada a 40% com 734 kg ha⁻¹ do produto, T3 = participação elevada a 45% com 1.397 kg ha⁻¹ do produto, T4 = participação elevada a 50% com 2.064 kg ha⁻¹ do produto, T5 = participação elevada a 55% com 2.727 kg ha⁻¹ do produto, T6 = participação elevada a 60% com 3.390 kg ha⁻¹ do produto e T7 = participação elevada a 65% com 4.052 kg ha⁻¹ do produto.

As quantidades de cálcio, proveniente de calcário calcítico foram aplicadas no solo um ano antes da instalação do experimento. Previamente a área experimental foi cultivada com aveia branca e sucessivamente com o milho. A semente de aveia branca foi colocada a 5 cm de profundidade e utilizou-se o híbrido simples P30F53 HX, na densidade de 5,4 sementes m⁻¹ (linear), em espaçamento de 90 cm entre linhas e população de 60.000 sementes ha⁻¹.

O milho foi semeado sete dias após a dessecação pré-plantio. Foi aplicado herbicida (tembotriona) 45 dias após a semeadura e inseticida (imidacloprido + metomil) aplicados 20 e 35 dias após a semeadura. A adubação foi igual para todos os tratamentos, utilizando 370 kg ha⁻¹ de fertilizante (N-P₂O₅-K₂O, 10-24-15), aplicado no sulco de plantio a 10 cm de profundidade. Foram aplicados, em cobertura, 250 kg ha⁻¹ de N (45% do produto comercial), com auxílio de um carrinho de mão adubador, quando o milho se apresentava no estágio vegetativo V6.

Antes da implantação da cultura e após 18 meses de cultivo, realizou-se uma amostragem de solo, nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm. Coletou-se de forma aleatória, seis subamostras de cada parcela nas duas profundidades para gerar uma amostra composta, sendo levada ao Laboratório de Análise de Solo para determinação do pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹), acidez potencial (H + Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), soma de bases (SB), saturação de bases (V%), capacidade de troca catiônica (CTC), relações Ca/Mg, Mg/K, Ca + Mg/K, K/(Ca + Mg)^{1/2} e participações do Ca, Mg e K em percentagens (%) na CTC, para análise química do solo.

Para avaliação dos componentes de produção utilizou-se a área útil de cada parcela, composta por duas linhas centrais, descartando 1 m de bordadura de cada lado da parcela, avaliando-se 10 plantas por parcela. A altura da inserção da espiga principal foi mensurada com trena (cm), desde o solo até o ponto de inserção da espiga principal com o colmo. O diâmetro do colmo foi mensurado com paquímetro digital (mm), na altura do primeiro nó acima do nível do solo quando as plantas quando as plantas estavam em pleno florescimento feminino. O comprimento da espiga (cm) foi realizado com auxílio de uma trena, medindo o comprimento da base até o ápice da espiga. O diâmetro da base, mediano e do ápice da espiga (mm) foi mensurado com paquímetro digital.

O número de fileiras e de grãos por fileira foram obtidos por contagem manual, contando dez espigas por parcela. Logo, para determinação de número de grãos por espiga, multiplicaram-se os dois dados obtidos anteriormente. A contagem de mil grãos foi realizada manualmente após debulha das espigas, contando-se uma amostra de cada parcela e pesadas em balança analítica de precisão, sendo a medida expressa em gramas (g). Com bases nestes dados e na área útil de cada parcela, calculou-se a produtividade por unidade de área.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 2) houve diferenças significativas para os componentes de produção estudados, nas safras de 2011/2012 e 2012/2013 em função do aumento da participação do Ca na CTC deste LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico quando adicionou-se calcário calcítico.

Na safra 2011/2012, verificou-se diferença significativa com incrementos positivos da participação na CTC, apenas para o componente AIE. Na safra de 2012/2013, foram verificadas diferenças significativas para os componentes AIE, CE, DME, NGF, MMG, NFE e produtividade. Possivelmente, as condições climáticas decorridas no ano de 2012/2013 favoreceram a solubilização e reação de neutralização da acidez do solo, proporcionando um ambiente favorável ao desenvolvimento da cultura do milho (PRADO; NATALE, 2008).

TABELA 2 - Resumo da análise de variância para os componentes de produção do milho, como altura de inserção da espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), comprimento de espiga (CE), diâmetro de base, mediano e ápice da espiga (DME), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), massa de 1000 grãos (MMG) e produtividade de milho em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico Típico.

FV	GL	QM							Produtividade
		AIE	DC	CE	DME	NFE	NGF	MMG	
Safrá 2011/2012									
Bloco	2	36,13 ^{ns}	12,26 ^{ns}	8,6 ^{ns}	33,23 ^{ns}	5,86 ^{ns}	6,60 ^{ns}	174,25 ^{ns}	17135,30 ^{ns}
P.CTC	6	198,60*	20,30 ^{ns}	4,63 ^{ns}	81,64 ^{ns}	15,70 ^{ns}	27,65 ^{ns}	220,56 ^{ns}	65749,30 ^{ns}
Erro	12	66,66	10,00	7,25	55,60	11,56	24,62	114,25	142201,30
CV (%)		27,07	24,06	30,00	29,50	54,00	68,65	22,62	98,50
Médias gerais		30,20	13,14	9,00	25,27	6,30	7,23	47,28	388,25
Safrá 2012/2013									
Bloco	2	1659,85 ^{ns}	0,18 ^{ns}	52,08 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,11 ^{ns}	2,46 ^{ns}	31,64 ^{ns}	108.001,80 ^{ns}
P.T	6	4515,36**	0,47 ^{ns}	269,14**	6,07**	0,38*	9,80**	487,94**	2.826.332,15**
Erro	12	666,04	0,20	17,95	1,20	0,11	1,41	99,39	91.475,17
CV (%)		3,61	2,35	2,81	2,39	2,12	3,41	3,79	4,07
Médias gerais		715,25	18,87	150,70	45,88	15,46	34,82	262,84	7426,46

^{ns} = não significativo; *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro, pelo teste F, respectivamente; P.CTC = participação na CTC; P.T = participação na T.

Para os resultados médios de componente de produção, na safra 2012/2013, pode-se constatar que o tratamento com 65% da participação do Ca na CTC promoveu melhores resultados para AIE, CE, DME, NFE, NGF, MMG e produtividade (Tabela 3). A baixa produtividade do milho na safra 2011/2012 pode ter sido influenciada por fatores climáticos e por se tratar do

primeiro ano de cultivo neste solo (AMADO et al., 2009). Para a safra 2012/2013, o tratamento com 65% da participação do Ca na CTC se destacou com produtividade superior em 2452 kg ha⁻¹. Assim, podemos entender que a aplicação de calcário se torna viável com relação custo benefício.

TABELA 3 - Resultados médios para os componentes de produção do milho, como altura de inserção da espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), comprimento de espiga (CE), diâmetro de base, mediano e ápice da espiga (DME), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), massa de 1000 grãos (MMG) e produtividade de milho, em função do Ca na CTC em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico Típico.

P.CTC (%)	AIE	DC	CE	DME	NFE	NGF	MMG	Produtiv.
	--- cm ---	--- mm ---	--- cm ---	--- mm ---			--- g ---	- kg ha ⁻¹ -
Safrá 2011/2012								
35	21,40 a*	12,30 a	8,60 a	23,10 a	3,90 a	4,40 a	50,10 a	236 a
40	25,70 a	11,90 a	9,40 a	26,90 a	6,90 a	7,70 a	50,40 a	522 a
45	28,80 a	12,30 a	9,90 a	23,60 a	5,13 a	4,70 a	52,30 a	327 a
50	21,90 a	9,20 a	6,90 a	17,30 a	4,70 a	5,10 a	28,00 a	200 a
55	31,90 a	13,50 a	8,00 a	22,60 a	4,80 a	6,00 a	48,50 a	349 a
60	42,30 a	16,50 a	10,50 a	32,40 a	9,27 a	12,00 a	51,00 a	575 a
65	39,10 a	16,40 a	9,70 a	30,90 a	9,50 a	10,70 a	50,50 a	508 a
Safrá 2012/2013								
35	72,40 a	18,30 a	13,80 e	43,85 b	15,65 ab	32,50 c	243,30 b	6.805 cd
40	71,40 a	18,50 a	14,70 cde	45,45 ab	15,55 ab	33,30 bc	263,30 ab	6.611 d
45	70,30 ab	18,90 a	14,50 de	45,62 ab	15,10 b	34,10 abc	265,70 ab	6.785 cd
50	71,40 a	18,80 a	15,00 bcd	45,70 ab	15,10 b	35,20 ab	260,10 ab	7.478 bc
55	65,20 b	19,10 a	15,70 ab	46,37 ab	15,68 ab	36,20 a	258,60 ab	7.521 b
60	74,50 a	19,20 a	15,60 abc	46,15 ab	15,25 ab	35,80 ab	269,90 a	7.722 b
65	75,50 a	19,20 a	16,20 a	47,98 a	15,88 a	36,65 a	279,10 a	9.063 a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. Produtiv. = produtividade. P.CTC (%) = participação na CTC (%).

Resultados semelhantes foram obtidos por Caires et al. (2004), que verificaram uma produtividade maior de milho com as alterações químicas do solo ocorridas em função da calagem, independentemente do modo de aplicação do calcário. Ernani et al. (2002) verificaram que

a calagem aumentou a produtividade de milho em três anos de cultivos. Dos componentes de rendimento avaliados, o NFE, NGF e MMG interferiram diretamente na produtividade, sendo maiores valores obtidos quando a participação do Ca na CTC foi 65% (Tabela 3).

Para os teores de Ca, e Ca (%) na CTC, observou-se significância no solo aos 9 meses após aplicação deste elemento, com aumento da sua concentração à medida que aumentou a participação na CTC, com variação de 4,30 a 6,60 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ entre os tratamentos 40 e 60% de Ca na CTC, e variação de 33,46 a 43,28 (Ca%) entre o tratamento 40 e 65%, respectivamente. Isso pode ser um indicativo de que o calcário adicionado ao solo sofreu dissolução e liberação de Ca. Torna-se necessária maior quantidade de calcário em relação à dose recomenda, a fim de atingir a participação de Ca na CTC esperada para solos com maior teor de argila, pois estes possuem maior poder tampão (SILVA et al., 2008).

Para os atributos Mg e Mg (%), não foram observadas diferenças significativas para as duas épocas analisadas. Este resultado pode ser compreendido pela fonte de cálcio utilizada ser calcário calcítico, onde apresenta somente 4% de MgO (RODRIGHERO et al., 2015).

Quanto ao atributo K e K (%), também não houve diferença significativa nas duas safras analisadas. Os teores médios de K no solo, em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ foram 0,21 (0 - 5 cm); 0,12 (5 - 10 cm); 0,09 (10 - 20 cm); 0,08 (20 - 40 cm) e 0,06 (40 - 60 cm). A medida que se aumentava a profundidade no solo, a concentração de K diminuiu. Estes

resultados já eram esperados, pois a aplicação de calcário no solo não tem influência no aumento do nível analítico de K, mas sim, em sua disponibilidade para a planta. O mesmo fora observado por Caires et al. (2002) em trabalho de correção da acidez do solo, onde o K trocável no solo não apresentou alteração significativa, considerando os tratamentos de calagem, em cinco profundidades estudadas. Para os atributos SB e V, não verificou-se diferença significativa nas duas safras analisadas.

Com relação à interação entre profundidade de amostragem e participação do Ca na CTC, observou-se resultados significativos para os atributos químicos do solo, entre as profundidades (Tabelas 4, 5, 6, 7). Para pH, nas participações 50 e 55%, H + Al exceto para a participação 40%, Ca exceto para a participação 35%, Mg exceto para a participação 40%, CTC exceto para a participação 35%, Ca/Mg para a participação 50, 55, 60 e 65%, Ca/K exceto para as participações 40 e 65%, Mg/K exceto para a participação 65%, %Mg exceto para as participações 35 e 45%, Ca + Mg/K exceto para a participação 65%, V para todas as participações, K para todas as participações, SB para todas as participações, $\text{K}/(\text{Ca} + \text{Mg})^{1/2}$ para todas as participações, %Ca para todas as participações, %K para todas as participações.

TABELA 4 - Resultados médios para os atributos químicos (pH, H + Al, Ca, Mg) do solo após a instalação da cultura do milho e colheita, em função da profundidade de amostragem e participação do cálcio (Ca) na CTC.

Participação na CTC (%)	Profundidade do solo (cm)							
	0 - 20		20 - 40		0 - 20		20 - 40	
	Primeiro período de avaliação (9 meses após a calagem)							
	pH		H + Al		Ca		Mg	
$\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$								
35	5,50 aA*	5,30 aA	3,70 aA	4,64 aA	6,00 abA	4,87 aA	3,75 aA	3,87 aA
40	5,50 aA	5,40 aA	3,90 aA	4,74 aA	5,02 bA	3,57 aA	3,82 aA	3,55 aA
45	5,70 aA	5,50 aA	3,84 aA	5,10 aA	6,62 abA	4,07 aB	4,50 aA	3,42 aA
50	5,90 aA	5,20 aB	3,72 aA	4,46 aA	6,00 abA	5,70 aA	4,10 aA	3,35 aA
55	5,70 aA	5,10 aB	4,44 aA	3,76 aA	5,27 bA	4,92 aA	4,20 aA	2,75 aA
60	5,50 aA	5,30 aA	3,23 aA	4,32 aA	8,25 aA	4,95 aB	3,45 aA	5,50 aA
65	5,70 aA	5,70 aA	3,14 aA	3,84 aA	7,12 abA	4,70 aB	4,25 aA	3,40 aA
Segundo período de avaliação (18 meses após a calagem)								
35	5,44 aA	4,80 aB	3,79 aB	4,55 aA	2,96 abA	2,28 aA	2,13 aA	1,39 aB
40	5,27 aA	4,84 aB	4,17 aA	4,48 aA	2,81 bA	1,37 aB	1,82 aA	1,30 aA
45	5,70 aA	4,77 aB	3,51 aB	4,48 aA	3,70 abA	1,44 aB	2,21 aA	1,25 aB
50	5,42 aA	4,83 aB	3,95 aB	4,65 aA	3,61 abA	1,55 aB	1,92 aA	1,39 aA
55	5,73 aA	4,83 aB	3,44 aB	4,56 aA	3,77 abA	1,52 aB	1,96 aA	1,30 aB
60	5,64 aA	4,73 aB	3,48 aB	4,71 aA	4,31 abA	1,39 aB	2,18 aA	1,31 aB
65	5,67 aA	4,78 aB	3,58 aB	4,64 aA	4,40 aA	1,52 aB	2,16 aA	1,31 aB

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

TABELA 5 - Resultados médios para os atributos químicos (K, SB, T, V) do solo após a instalação da cultura do milho e colheita, em função da profundidade de amostragem e participação do cálcio (Ca) na CTC.

Participação na CTC (%)	Profundidade do solo (cm)							
	0 - 20		20 - 40		0 - 20		20 - 40	
	Primeiro período de avaliação (9 meses após a calagem)							
	K		SB		T		V	
	cmol _c dm ³						%	
35	0,35 aA*	0,39 aA	10,10 aA	9,14 aA	13,80 aA	13,80 aA	73,43 aA	65,70 aA
40	0,43 aA	0,50 aA	9,30 aA	7,63 aA	13,16 aA	12,36 aA	70,00 aA	62,04 aA
45	0,24 aA	0,28 aA	11,36 aB	7,80 aA	15,20 aA	12,88 aA	74,60 aA	60,83 aB
50	0,31 aA	0,22 aA	10,40 aA	9,27 aA	14,13 aA	13,73 aA	73,70 aA	67,03 aA
55	0,41 aA	0,23 aA	9,90 aA	7,90 aA	14,33 aA	11,67 aA	70,01 aA	67,06 aA
60	0,34 aA	0,26 aA	12,04 aA	10,71 aA	15,27 aA	15,03 aA	78,70 aA	68,54 aB
65	0,43 aA	0,26 aA	11,80 aA	8,36 aB	14,94 aA	12,20 aA	78,64 aA	68,30 aB
	Segundo período de avaliação (18 meses após a calagem)							
35	0,25 aA	0,04 aB	5,34 aA	3,70 aB	9,13 aA	8,26 aA	57,98 aA	42,56 aB
40	0,33 aA	0,04 aB	4,97 aA	2,71 aB	9,14 aA	7,18 aB	54,28 aA	37,58 aB
45	0,31 aA	0,03 aB	6,21 aA	2,73 aB	9,72 aA	7,20 aB	63,73 aA	37,63 aB
50	0,33 aA	0,04 aB	5,86 aA	2,98 aB	9,81 aA	7,63 aB	59,88 aA	38,78 aB
55	0,24 aA	0,03 aB	5,98 aA	2,84 aB	9,42 aA	7,41 aB	63,24 aA	38,23 aB
60	0,36 aA	0,04 aB	6,86 aA	2,74 aB	10,34 aA	7,45 aB	65,22 aA	36,15 aB
65	0,35 aA	0,07 aB	6,90 aA	2,90 aB	10,48 aA	7,53 aB	64,97 aA	37,67 aB

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

TABELA 6 - Resultados médios para os atributos químicos (Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, Ca + Mg/K) do solo após a instalação da cultura do milho e colheita, em função da profundidade de amostragem e participação do cálcio (Ca) na CTC.

Participação na CTC (%)	Profundidade do solo (cm)							
	0 - 20		20 - 40		0 - 20		20 - 40	
	Primeiro período de avaliação (9 meses após a calagem)							
	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca + Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
35	1,74 Aa*	1,24 aA	18,95 aA	19,51 aA	12,12 aA	15,36 aA	31,07 aA	34,87 aA
40	1,36 aA	1,03 aA	12,82 aA	9,50 aA	10,73 aA	9,91 aA	23,56 aA	19,40 aA
45	1,50 aA	1,25 aA	27,90 aA	27,50 aA	19,34 aA	21,90 aA	47,23 aA	49,37 aA
50	1,47 aA	2,11 aA	21,53 aA	29,33 aA	14,33 aA	15,84 aA	35,86 aA	45,18 aA
55	1,26 aA	1,91 aA	14,20 aA	25,40 aA	11,23 aA	14,40 aA	25,42 aA	39,80 aA
60	2,90 aA	1,00 aB	25,39 aA	19,20 aA	11,26 aA	21,22 aA	36,65 aA	40,41 aA
65	1,76 aA	1,76 aA	17,58 aA	22,30 aA	10,46 aA	13,50 aA	28,04 aA	35,80 aA
	Segundo período de avaliação (18 meses após a calagem)							
35	1,39 aA	1,58 aA	12,44 aB	65,47 aA	8,95 aB	41,02 aA	21,39 aB	106,49 aA
40	1,55 aA	1,07 aA	8,78 aA	40,82 aA	5,71 aB	38,31 aA	14,49 aB	79,13 aA
45	1,69 aA	1,18 aA	14,79 aB	52,38 aA	8,95 aB	45,88 aA	23,75 aB	98,26 aA
50	1,89 aA	1,10 aB	11,07 aB	51,09 aA	5,89 aB	45,92 aA	16,96 aB	97,00 aA
55	1,95 aA	1,17 aB	16,80 aB	58,78 aA	8,69 aB	50,77 aA	25,49 aB	109,54 aA
60	2,09 aA	1,06 aB	12,60 aB	50,98 aA	6,51 aB	47,84 aA	19,11 aB	98,81 aA
65	2,16 aA	1,18 aB	12,48 aA	24,45 aA	6,01 aA	20,65 aA	18,49 aA	45,10 aA

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Como anteriormente fora discutido, é provável que o aumento verificado para os atributos químicos do solo, se deve a aplicação e incorporação de calcário calcítico na camada de 0 - 20 cm, promovendo a neutralização de cátions ácidos (ZANDONÁ et al., 2016).

Quanto aos níveis de pH, mostra-se resultados significativos entre as camadas, mas não entre os tratamentos aos 18 meses. Quanto ao período de 18 meses, verificam-se diferenças significativas, para o atributo Ca e Ca (%) na CTC, com uma variação de 2,81 - 4,40

cmol_cdm⁻³ e 30,77 - 41,53%, respectivamente, entre os tratamentos 40 e 65% de Ca na CTC (Tabela 5).

Portanto, evidencia-se que a aplicação do calcário influenciou na elevação dos teores de Ca no solo somente na camada de 0 - 20 cm, possivelmente pela incorporação ter sido na camada superficial. Soratto e Crusciol (2008) verificaram, em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, um aumento nos valores de pH, na camada de 20 - 40 cm, e nos teores de Ca e Mg até 60 cm, após

12 meses da aplicação superficial de calcário na implantação do sistema plantio direto.

A aplicação do calcário eleva os teores de Ca no solo (ARAUJO et al., 2009), porém os resultados obtidos para as alterações dos atributos químicos estão mais restritos a camada superficial, e se deve provavelmente a baixa solubilidade do corretivo. Para CTC verificou-se diferença significativa entre as profundidades, mas não entre os tratamentos, com um aumento de 9,13 a 10,48 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-1}$ entre os tratamentos e participações de 35 e 65% na CTC. Corroborando com este estudo, Albuquerque et al. (2000) trabalhando com milho e utilizando 0; 4,5; 9,0; 13,5 e 18 mg ha^{-1} de calcário em um latossolo Bruno,

obtiveram aumento na CTC de 6,38; 9,14; 11,3; 13,4 e 14,8 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente.

Zandoná et al. (2016) também verificaram aumento da CTC na camada de 0-10 cm de profundidade em estudo realizado com gesso e calcário em soja e milho submetidos a déficit hídrico.

Para a relação Ca/Mg, não houve diferenças significativas para os 18 meses (Tabela 7). Para as demais relações, as diferenças entre as profundidades analisadas se devem pelo aumento de Ca, devido a aplicação de calcário calcítico incorporado na camada 0 - 20 cm, pois este faz parte das relações, soma de bases e saturação por base (SILVA et al., 2008).

TABELA 7 - Resultados médios para os atributos químicos [$\text{K}/(\text{Ca} + \text{Mg})^{1/2}$, Ca (%), Mg (%) e K (%)] do solo após a instalação da cultura do milho e colheita, em função da profundidade de amostragem e participação do cálcio (Ca) na CTC.

Participação na CTC (%)	Profundidade do solo (cm)							
	0 - 20		20 - 40		0 - 20		20 - 40	
	Primeiro período de avaliação (9 meses após a calagem)							
	$\text{K}/(\text{Ca} + \text{Mg})^{1/2}$		Ca (%)		Mg (%)		K (%)	
35	0,11 aA*	0,15 aA	43,47 abA	34,40 aA	27,48 aA	28,04 aA	2,48 aA	3,22 aA
40	0,14 aA	0,19 aA	37,80 bA	29,13 aA	28,93 aA	28,80 aA	3,26 aA	4,14 aA
45	0,07 aA	0,10 aA	43,34 abA	32,20 aB	29,70 aA	26,70 aA	1,57 aA	1,97 aA
50	0,10 aA	0,07 aA	42,50 abA	41,75 aA	29,00 aA	23,72 aA	2,20 aA	1,56 aA
55	0,13 aA	0,08 aA	37,10 bA	42,10 aA	30,03 aA	23,01 aA	2,92 aA	1,95 aA
60	0,10 aA	0,09 aA	53,30 aA	32,50 aB	34,15 aA	23,20 aB	2,22 aA	1,90 aA
65	0,13 aA	0,09 aA	47,60 abA	38,96 aA	28,07 aA	27,25 aA	2,97 aA	2,10 aA
	Segundo período de avaliação (18 meses após a calagem)							
35	0,12 aA	0,02 aB	32,08 abA	25,23 aB	23,08 aA	16,86 aB	2,81 aA	0,47 aB
40	0,15 aA	0,02 aB	30,77 bA	19,12 aB	19,89 aA	17,99 aA	3,62 aA	0,48 aB
45	0,13 aA	0,02 aB	37,99 abA	19,97 aB	22,66 aA	17,21 aB	3,09 aA	0,45 aB
50	0,14 aA	0,02 aB	36,91 abA	20,10 aB	19,56 aA	18,19 aA	3,41 aA	0,48 aB
55	0,10 aA	0,02 aB	39,96 abA	20,39 aB	20,67 aA	17,47 aA	2,61 aA	0,38 aB
60	0,15 aA	0,02 aB	41,39 aA	18,32 aB	20,50 aA	17,31 aA	3,63 aA	0,52 aB
65	0,14 aA	0,04 aB	41,53 aA	19,84 aB	20,06 aA	16,97 aA	3,37 aA	0,86 aB

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Existe escassez de trabalhos utilizando o calcário agregado a produtividade do milho (DALLA NORA et al., 2013) o que demonstra a importância destes estudos.

CONCLUSÕES

O aumento da participação do cálcio (Ca) na CTC promoveu maior número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 1.000 grãos e consequentemente, maior produtividade.

A elevação do Ca na CTC promoveu maior disponibilidade do elemento e Ca (%) na camada 0 - 20 cm de profundidade.

A participação do Ca na CTC a 65% promoveu melhores resultados para os componentes de produção e atributos químicos do solo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A. BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTANA, E.C. Propriedades físicas e eletroquímicas de um Latossolo Bruno afetadas pela calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, n.2, p.295-300, 2000.

AMADO, T.J.C.A.; PES, L.Z.; LEMAINSKI, C.L.; SCHENATO, R.B. Atributos químicos e físicos de latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.1, p.831-843, 2009.

APARECIDO, L.E.O.; ROLIM, G.S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P.S.; JOHANN, J.A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, v.40, n.4, p.405-417, 2016.

ARAUJO, S.R.; DEMATTÊ, J.A.M.; GARBUIO, F.J. Aplicação de calcário com diferentes graus de reatividade: alterações químicas no solo cultivado com milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.6, p.1755-1764, 2009.

CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, n.4, p.1011-1022, 2002.

- CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.1, p.125-136, 2004.
- CHANDRAN, D.; SHAROPOVA, N.; VANDENBOSCH, K.A.; GARVIN, D.F.; SAMAC, D.A. Physiological and molecular characterization of aluminum resistance in *Medicago truncatula*. **BMC Plant Biology**, v.8, n.89, p.1-17, 2008.
- ERNANI, P.R.; BAYER, C.; MAESTRI, L. Corn yield as affected by liming and tillage system on an acid Brazilian Oxisol. **Agronomy Journal**, v.2, n.94, p.305-309, 2002.
- FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B.; MOREIRA, A. Yield, nutrient uptake, and changes in soil chemical properties as influenced by liming and iron application in common bean in a no-tillage system. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.41, n.14, p.1740-1749, 2010.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- MELO, L.C.A.; AVANZI, J.C.; CARVALHO, R.; SOUZA, F.S.; PEREIRA, J.L.A.R.; MENDES, A.D.R.; MACÊDO, G.B. Nutrição e produção de matéria seca de milho submetido a calagem e adubação sulfatada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.2, p.193-199, 2011.
- PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.3, p.911-920, 2008.
- PRADO, R.M.; NATALE, W. Effect of liming on the mineral nutrition and yield of growing guava trees in a typical Hapludox soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.39, n.13-14, p.2191-2204, 2008.
- QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111p.
- RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420p.
- RODRIGHERO, M.B.; BARTH, G.; CAIRES, E.F. Aplicação Superficial de Calcário com Diferentes Teores de Magnésio e Granulometrias em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.6, p.1723-1736, 2015.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.T.K.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3a. ed. rev. e ampl., Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.
- SILVA, J.A.G.; REIS, C.E.S.; M. CRESTANI, SOUSA, R.O.; OLIVEIRA, A.C.; CARVALHO, F.I.F. Absorção de cálcio e magnésio por cultivares de aveias submetidas a toxidez de alumínio. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p.3563-3575, 2013.
- SILVA, V.; MOTTA, A.C.V.; MELO, V.F.; LIMA, V.C. Variáveis de acidez em função da mineralogia da Fração argila do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.2 p.551-559, 2008.
- SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.2, p.675-688, 2008.
- XU, R.K.; ZHAO, A.Z.; YUAN, J.H.; JIANG, J. pH buffering capacity of acid soils from tropical and subtropical regions of China as influenced by incorporation of crop straw biochars. **Journal of Soils and Sediments**, v.12, n.4, p.494-502, 2012.
- YAO, H.Y.; BOWMAN, D.; RUFTY, T.; SHI, W. Interactions between N fertilization, grass clipping addition and pH in turf ecosystems: implications for soil enzyme activities and organic matter decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**, v.41, p.1425-1432, 2009.
- ZANDONÁ, R.R.; BEUTLER, A.N.; BURG, G.M.; BARRETO, C.F.; SCHMIDT, M.R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.45, n.2, p.128-137, 2015.