

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE MILHO CULTIVADO COM APLICAÇÃO DE CORRETIVOS E SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Hassen Youssef Neto¹, Ricardo Falqueto Jorge², Cinara Xavier de Almeida², Elias Nascentes Borges², Renato Ribeiro Passos³

¹ Mestrando Universidade Federal de Uberlândia/Instituto de Ciências Agrárias - ICIAG/UFU, (hassenruralpec@hotmail.com), Uberlândia, MG-Brasil

² Professor ICIAG/UFU, Monte Carmelo, MG-Brasil

³ Professor Universidade Federal do Espírito Santo - Centro de Ciências Agrárias, Alegre, ES-Brasil

Recebido em: 08/04/2017 – Aprovado em: 10/06/2017 – Publicado em: 20/06/2017
DOI: 10.18677/EnciBio_2017A18

RESUMO

O estudo da distribuição de nutrientes no perfil do solo é um método adequado para se detectar a influência dos sistemas de manejo do solo na aplicação de corretivos, bem como para avaliar o seu efeito na nutrição das plantas. Assim, objetivou-se avaliar os sistemas de manejo do solo e a aplicação de calcário e gesso sobre os atributos químicos do solo e a produtividade da cultura do milho. O experimento de campo foi realizado em um Latossolo Vermelho Distrófico típico no delineamento de blocos casualizados, no esquema fatorial, com quatro repetições, sendo cultivo convencional, mínimo e semeadura direta e a aplicação de calcário ou calcário e gesso. Foram realizadas análises químicas do solo e foliares da cultura do milho, bem como determinado a produtividade de grãos. Observou-se que os atributos químicos do solo, a nutrição mineral e a produtividade de grãos da cultura do milho sofreram influência dos sistemas de manejo, sendo que o tratamento utilizando cultivo convencional associado à aplicação de calcário e gesso agrícola apresentou os melhores resultados, indicando a necessidade da incorporação do corretivo para a recuperação do solo sob pastagem degradada.

PALAVRAS-CHAVE: ausência de preparo; calcário; cultivo convencional; cultivo mínimo; gesso agrícola.

SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES AND CORN PRODUCTIVITY CULTIVATED WITH SOIL CORRECTIVES APPLICATION AND SOIL MANAGEMENT SYSTEMS

ABSTRACT

The nutrients distribution study on the soil profile is an appropriate method to detect the influence of soil management systems in the correctives application, as well as to evaluate its effect on plant nutrition. Therefore, the aim of this study was to evaluate both the effect of soil management systems and the correctives application on soil chemical properties and grain yield of corn. A field experiment in a randomized split-plot, with four replications, installed on a Hapludox clay soil under conventional tillage, minimum tillage and no-tillage, with liming and gypsum application or just liming, was performed. Soil chemical analysis and foliar chemical analysis were performed, as well as the determination of corn grain yield. It was

observed that the soil chemical properties, mineral nutrition and corn grain yield were affected by management systems, and the treatment using conventional tillage associated with the liming and gypsum application presented the best results.

KEYWORDS: no-tillage; limestone; conventional tillage; minimum tillage; gypsum.

INTRODUÇÃO

O milho é uma cultura que tem diversas funções no mercado interno e externo, podendo ser considerado como um fator de equilíbrio no agronegócio. Devido à sua multiplicidade de aplicações, quer seja na alimentação humana, quer seja na alimentação animal, assume relevante papel socioeconômico, além de constituir-se em indispensável matéria-prima que impulsiona diversificados complexos agroindustriais (OZELAME & ANDREATTA, 2013).

Diversas formas de manejo do solo têm sido estudadas para a condução do milho a campo, incluindo-se o revolvimento somente nas fileiras de semeadura ou o revolvimento total, pelo método de preparo convencional com aração e gradagens, apenas gradagens e com escarificação (MOREIRA et al. 2014).

A importância dos sistemas convencionais de manejo está relacionada à incorporação do calcário antes da instalação do sistema de semeadura direta para neutralizar a acidez em profundidade, que se mostra mais eficiente do que a aplicação superficial (KAMINSKI et al., 2005). Entretanto, a correção da acidez em profundidade, mediante a aplicação de calcário superficial em doses maiores do que as recomendadas pode causar desbalanceamento nutricional na superfície, já que a movimentação de bases poderá ser lenta e incerta, dependendo da quantidade de água, do calcário aplicado e do tipo de solo (COSTA & CRUSCIOL, 2016).

Assim, os efeitos da calagem normalmente restringem-se às zonas de aplicação ou imediatamente abaixo delas (POTTKER & BEN, 1998) e os valores de pH e Al do solo alteram-se pouco em profundidade devido à baixa solubilidade dos corretivos agrícolas de acidez e à alta reatividade de seus ânions com os ácidos presentes na camada em que o calcário é incorporado (KAMINSKI et al., 2005).

Conforme CAIRES (2013) e CASTRO & CRUSCIOL (2015) ocorre efeito positivo da calagem em aumentar a produção e melhorar a absorção de nutrientes. Dessa forma, CASTRO & CRUSCIOL (2013) trabalhando em um Latossolo Vermelho distroférico, sob sistema de semeadura direta, observaram que a calagem aumentou a produtividade de milho.

O gesso agrícola, por outro lado, tem sido utilizado em solos ácidos como um produto complementar ao calcário, com o objetivo de diminuir a toxicidade do Al e aumentar a concentração de Ca em profundidade (PAULETTI et al., 2014). A grande mobilidade vertical de cátions ocasionada pelo gesso deve-se à maior solubilidade desse produto em relação aos calcários, à inalteração das cargas elétricas, e à permanência do ânion sulfato quase que totalmente na solução do solo (CAIRES et al., 2004).

Nesse contexto, acredita-se ser possível corrigir o solo de cerrado sob pastagem com sinais de degradação, pela aplicação superficial de corretivos e condicionadores de solo. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de métodos de manejo do solo e a aplicação de calcário e gesso sobre os atributos químicos do solo e a produtividade da cultura do milho, em área de cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado no município de Uberlândia-MG, Fazenda do Glória (latitude 18° 58' 0,7"S, longitude 48° 12' 24,6"W, e altitude de 830 m). O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2013), que nos últimos anos estava sendo utilizado com pastagem de brachiaria, que apresentava baixa capacidade de suporte animal e sinais de degradação. O clima predominante, segundo classificação de Köppen, é o Aw. A precipitação pluviométrica média é de 1.550 mm anuais, caracterizada por um período chuvoso de seis meses (outubro a março).

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,15-0,30 m visando à caracterização química do solo (EMBRAPA, 2009), da área experimental (Tabela 1).

TABELA 1. Caracterização química e física do Latossolo Vermelho, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,15-0,30 m. Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia-MG

Atributo	Camada (m)		
	0-0,05	0,05-0,15	0,15-0,30
pH em água (1:2,5)	5,10	5,00	4,70
Fósforo (mg kg ⁻¹)	1,73	0,88	0,11
Potássio (mg kg ⁻¹)	43,00	30,00	13,00
Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	1,23	0,50	0,10
Magnésio (cmol _c dm ⁻³)	0,80	0,30	0,10
Enxofre (mg kg ⁻¹)	12,00	17,00	20,00
Alumínio (cmol _c dm ⁻³)	0,15	0,27	0,25
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	5,20	5,50	5,00
S (cmol _c dm ⁻³)	2,14	0,88	0,23
t (cmol _c dm ⁻³)	2,29	1,15	0,48
T (cmol _c dm ⁻³)	7,34	6,38	5,23
Carbono Orgânico Total (g kg ⁻¹)	13,69	9,45	7,50
V (%)	29,15	13,79	4,40
Areia Grossa (g kg ⁻¹)	271,00	236,00	241,00
Areia Fina (g kg ⁻¹)	283,00	312,00	284,00
Silte (g kg ⁻¹)	104,00	17,00	12,00
Argila (g kg ⁻¹)	342,00	435,00	463,00
Densidade de Partículas (kg dm ⁻³)	2,65	2,69	2,74
Densidade do Solo (kg dm ⁻³)	1,41	1,47	1,47
Porosidade Total (dm ³ dm ⁻³)	0,47	0,45	0,42
Resistência do solo à penetração (MPa)	5,03	11,59	8,55
Umidade do solo (kg kg ⁻¹)	0,05	0,09	0,11

Foi também realizada uma amostragem do solo na camada de 0-0,20 m, para caracterização química do solo (EMBRAPA, 2009), para a avaliação da necessidade de calagem, gessagem e adubação química do solo, cujos resultados foram: pH (H₂O): 5,2; P: 1,0 mg dm⁻³; K: 31,0 mg dm⁻³; Ca: 0,2 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,1 cmol_c dm⁻³; Al: 0,6 cmol_c dm⁻³; H+Al: 4,0 cmol_c dm⁻³; V%: 8,7; Areia: 550,0 g kg⁻¹; Silte: 30,0 g kg⁻¹ e Argila: 420,0 g kg⁻¹. Com base nesses resultados foram calculadas as quantidades de calcário a ser aplicadas, pelo método da neutralização do Al³⁺ e da elevação dos teores de Ca²⁺+Mg²⁺ e a quantidade de gesso agrícola foi calculada com base na textura do solo (CFSEMG, 1999).

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de manejo do solo: sistema de cultivo convencional (CC - aração e gradagem a 0,2 m de profundidade), sistema de semeadura direta (SD - ausência de preparo) e sistema de cultivo mínimo (CM – escarificação a 0,1 m de profundidade) e por duas formas de correção do solo: aplicação de gesso agrícola (Ges) e/ou calcário (Cal).

As parcelas, com 11,2 m de largura e 24,0 m de comprimento, foram divididas em duas subparcelas de 12,0 m de comprimento (11,2 m de largura). As parcelas (11,2 m x 24 m) receberam os sistemas de manejo do solo, e as subparcelas (11,2 m x 12 m), a aplicação de calcário e gesso agrícola (Cal+Ges) ou apenas Cal.

No CC, os corretivos foram incorporados com grade pesada (grade aradora com incorporação a 0,2 m de profundidade); no SD, a aplicação dos corretivos foi realizada na superfície do solo, e no CM, utilizou-se o escarificador, incorporando parcialmente (com cinco hastes equidistantes a 0,2 m e incorporação a 0,1 m de profundidade) o calcário e o gesso agrícola.

As parcelas sob CM e sistema de SD foram dessecadas com o herbicida glyphosate (480 g L⁻¹), na dosagem de 3 L ha⁻¹. A semeadura do milho, híbrido C-911 da Dekalb®, foi realizada utilizando-se semeadora SHM 17, com espaçamento entrelinhas de 0,80 m e cinco sementes por metro. A adubação de semeadura foi realizada com 366 kg ha⁻¹ do formulado 04-30-16, a qual correspondeu à aplicação de 15 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 110 kg ha⁻¹ de Pentóxido de fósforo (P₂O₅) e 59 kg ha⁻¹ de óxido de potássio (K₂O).

Os tratamentos também receberam a aplicação de 130 kg ha⁻¹ de N em cobertura. A fonte de N utilizada foi o sulfato de amônio. Foi também realizada uma adubação potássica de cobertura, na dose de 11 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando-se como fonte o cloreto de potássio.

Foram coletadas amostras do tecido vegetal, conforme recomendações da CFSEMG (1999) para cultura do milho e amostras de solo nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,15-0,30 m, sendo quatro amostras simples por camada, para compor uma amostra composta em cada parcela, na época do pleno florescimento da cultura do milho. As amostras foram então enviadas ao laboratório para análise de macro e micronutrientes (solo e planta), conforme metodologia proposta por EMBRAPA (2009).

Foram colhidas as quatro linhas centrais de cada subparcela, desprezando-se um metro de cada extremidade, compreendendo uma área útil de 32,0 m², para a avaliação da produtividade de grãos, sendo realizada a correção da umidade de grãos para 13%. Os dados foram submetidos a análise de variância, e quando significativo as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, por meio do programa Sisvar® (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se a Tabela 2 é possível verificar que os atributos químicos do solo pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S) não diferiram na camada 0-0,05 m, considerando a influência dos sistemas de manejo e a aplicação dos corretivos, a exceção do cálcio (Ca) que teve maior concentração quando da aplicação de Cal +Gesso. Entretanto, os teores de potássio (K) e carbono orgânico total (COT) foram menores no solo sob cultivo convencional (CC), provavelmente devido a maior capacidade de infiltração de água do solo, lixiviando o potássio e devido a incorporação da matéria orgânica realizada pelo preparo, respectivamente. Em relação aos teores de alumínio (Al) no solo (0-0,05 m), verificou-se que houve

diferença entre o CC, e o sistema de semeadura direta (SD), o qual apresentou maior teor de Al. Já a acidez potencial (H+Al) foi maior no solo sob CM em relação ao CC, contudo, o CC e o CM não diferiram do solo sob PD. Resultados similares em Latossolo Vermelho foram observados por CAIRES et al. (2004) e CASTRO & CRUSCIOL (2013), que constataram que o calcário aplicado na superfície alterou as condições químicas do solo, principalmente na camada de 0–0,05 m (CAIRES et al., 2004).

TABELA 2. Atributos químicos do Latossolo Vermelho, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,15-0,30 m, em sistemas de manejo e aplicação de corretivos. Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia, MG

Sistemas	Camada 0-0,05 m			Camada 0,05-0,15 m			Camada 0,15-0,30 m		
	Cal	Cal+Ges	Média	Cal	Cal+Ges	Média	Cal	Cal+Ges	Média
	pH em água (1:2,5)								
CC	6,0	6,3	6,2 a	5,6	6,0	5,8 a	5,5	5,5	5,5 a
CM	5,8	5,9	5,9 a	4,9	4,7	4,8 b	4,9	4,7	4,8 b
SD	5,8	6,1	6,0 a	4,7	4,8	4,8 b	4,8	4,8	4,8 b
Média	5,9 A	6,1 A		5,1 A	5,2 A		5,1 A	5,0 A	
	Cálcio (cmol _c dm ⁻³)								
CC	1,72	1,91	1,82 a	1,42	1,80	1,61 a	1,04	1,30	1,17 a
CM	1,54	1,80	1,67 a	0,32	0,32	0,32 b	0,27	0,35	0,31 b
SD	1,35	2,20	1,78 a	0,28	0,32	0,30 b	0,22	0,47	0,35 b
Média	1,54 B	1,97 A		0,67 A	0,81 A		0,51 B	0,71 A	
	Magnésio (cmol _c dm ⁻³)								
CC	1,06	1,11	1,09 a	0,95	1,02	0,99 a	0,85	0,84	0,85 a
CM	1,01	0,98	1,00 a	0,45	0,47	0,46 b	0,28	0,29	0,29 b
SD	1,03	1,42	1,22 a	0,36	0,42	0,39 b	0,29	0,36	0,33 b
Média	1,03 A	1,17 A		0,59 A	0,64 A		0,47 A	0,50 A	
	Fósforo (mg dm ⁻³)								
CC	2,89	3,75	3,32 a	1,62	2,30	1,96 a	1,13	1,55	1,34 a
CM	3,29	7,26	5,28 a	1,12	1,24	1,18 b	0,78	1,04	0,91 b
SD	5,57	8,21	6,89 a	1,07	1,37	1,22 b	0,75	0,87	0,81 b
Média	3,92 A	6,41 A		1,27 B	1,64 A		0,89 B	1,15 A	
	Potássio (mg dm ⁻³)								
CC	39	34	37 b	29	26	28 b	27	23	25 b
CM	44	43	44 a	35	31	33 a	29	28	29 a
SD	44	43	44 a	33	31	32 a	26	31	29 a
Média	42 A	40 A		32 A	29 B		27 A	24 B	
	Enxofre (mg dm ⁻³)								
CC	22	14	18 a	66	46	56 a	53	71	62 a
CM	40	23	32 a	49	86	68 a	56	91	74 a
AP	25	19	22 a	85	66	76 a	74	83	79 a
Média	29 A	19 A		67 A	66 A		61 A	82 A	
	Alumínio (cmol _c dm ⁻³)								
CC	0,02	0,01	0,02 b	0,16	0,09	0,13 b	0,25	0,21	0,23 b
CM	0,06	0,10	0,08 ab	0,78	0,72	0,75 a	0,68	0,73	0,70 a
SD	0,16	0,05	0,10 a	0,89	0,74	0,82 a	0,78	0,53	0,65 a
Média	0,08 A	0,05 B		0,61 A	0,52 A		0,57 A	0,49 A	
	H+Al (cmol _c dm ⁻³)								
CC	2,44	2,05	2,25 b	3,00	2,26	2,63 b	3,20	2,58	2,89 b
CM	2,86	2,66	2,76 a	4,24	4,44	4,34 a	4,43	4,26	4,34 a
SD	2,94	2,38	2,66 ab	4,60	4,04	4,32 a	4,71	3,88	4,30 a
Média	2,75 A	2,36 B		3,95 A	3,58 A		4,11 A	3,57 B	
	Carbono orgânico total (g kg ⁻¹)								
CC	16,32	13,52	14,92 b	16,27	13,84	15,05 a	14,59	12,73	13,66 a
CM	17,26	16,53	16,89 a	14,24	13,63	13,93 ab	13,83	12,88	13,36 a
SD	17,07	16,76	16,92 a	14,15	13,21	13,68 b	13,92	12,28	13,10 a
Média	16,8 A	15,6 B		14,9 A	13,6 B		14,1 A	12,6 B	

CC: cultivo Convencional; CM: cultivo Mínimo; SD: semeadura direta; Cal: calcário; Cal+Ges; calcário+gesso. Letras maiúsculas, na linha, comparam os corretivos; letras minúsculas, na coluna, comparam os sistemas de preparo do solo. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para as camadas de 0,05-0,15 e 0,15-0,30 m, o CC proporcionou valores superiores de pH, Ca, Mg e P, em relação ao CM e ao SD, devido provavelmente a maior mobilização do solo. Esses resultados estão também relacionados à maior dose do(s) corretivo(s) aplicado(s) (calcário e/ou gesso). De maneira semelhante, CAIRES et al. (2004) constataram, em um Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa, que a correção da acidez pela calagem na superfície, com ou sem parcelamento, foi mais acentuada na camada superficial do solo (0-0,05 m) e que houve maior reação nas profundidades de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, quando o calcário foi incorporado, corroborando os resultados. SOUZA et al. (2012) também observaram que o sistema de semeadura direta promoveu aumento de Ca nas camadas superficiais.

Os teores de S não diferiram entre os sistemas de manejo e corretivos. O fato da associação de calcário e gesso (Cal+Ges) não ter proporcionado valores superiores de enxofre no solo em relação à utilização somente de calcário, deve-se possivelmente à utilização de sulfato de amônio, que contém 22 a 24% de S em sua composição, como cobertura nitrogenada na cultura do milho. Corroboram com observações semelhantes os resultados obtidos por POTTKER & BEN (1998).

Em consonância com os valores de pH, Ca e Mg, os valores de Al e H+Al foram inferiores no CC, em relação aos outros sistemas de preparo, nas camadas 0,05-0,15 e 0,15-0,30 m, indicando que a ação dos corretivos restringiu-se à superfície do solo, em função da não incorporação dos corretivos no CM e no SD, ao contrário do CC, em que houve incorporação dos mesmos. No entanto, CRUSCIOL et al. (2016) observaram, em Latossolo Vermelho distroférico de Botucatu, sob esquemas de rotação e pastagem em SD, que aplicação de corretivo promoveu melhorias químicas no solo até à profundidade de 0,60 m.

Observou-se que a aplicação de Cal+Ges elevou os teores de Ca, na camada de 0,15-0,30 m, e de P, nas acamadas de 0,05-0,15 e 0,15-0,30 m, em relação aos tratamentos que receberam apenas Cal, sendo que esses apresentaram maior H+Al na camada mais profunda do solo. Nesse sentido, ZANDONÁ et al. (2015), estudando a influência do gesso combinado com o calcário nos atributos do solo, constataram que houve aumento da saturação de bases em superfície e em profundidade, diminuição dos teores de Al no perfil do solo, corroborando os resultados obtidos neste trabalho.

Os resultados relacionados à nutrição mineral do milho mostram que houve aumento nos teores foliares dos macronutrientes K, Ca e Mg no CC em relação aos demais sistemas de manejo (Tabela 3). Em relação aos teores de N e P, não houve diferença entre o CC e CM. Entretanto, para o S, menores teores foliares foram observados no CC, em relação aos demais sistemas. Por outro lado, a aplicação associada de Cal+Ges favoreceu para que ocorressem maiores concentrações de P e Ca na folha. CAIRES et al. (2004) observaram que a aplicação de gesso aumentou os teores foliares de N, K e Ca na cultura do milho, assim como, MICHALOVICZ et al. (2014) constataram elevação nos teores foliares de Ca e S, nas culturas do milho e da cevada. Entretanto, tanto CAIRES et al. (2004) quanto MICHALOVICZ et al. (2014) verificaram redução nos teores de Mg, no tecido foliar do milho.

TABELA 3. Teores foliares de macro e micronutrientes na cultura do milho cultivado em sistemas de manejo do solo e aplicação de corretivos. Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia-MG

Sistemas	Cal	Cal+Ges	Média	Cal	Cal+Ges	Média	Cal	Cal+Ges	Média			
	Nitrogênio (g kg ⁻¹)			Fósforo (g kg ⁻¹)			Potássio (g kg ⁻¹)					
CC	25,5	26,4	26,0 a	1,41	1,65	1,5 a	36	36	36 a			
CM	24,8	23,7	24,3 a	1,34	1,53	1,4 ab	32	33	32 b			
SD	21,3	20,2	20,8 b	1,23	1,39	1,3 b	31	30	30 b			
Média	23,9 A	23,4 A		1,33 B	1,52 A		33 A	32 A				
Cálcio (g kg ⁻¹)			Magnésio (g kg ⁻¹)			Enxofre (g kg ⁻¹)						
CC	3,94	4,83	4,4 a	2,79	2,69	2,7 a	2,30	2,05	2,2 b			
CM	2,86	3,78	3,3 b	1,50	1,59	1,5 b	2,79	3,28	3,0 a			
SD	2,93	3,91	3,4 b	1,45	1,39	1,4 b	2,50	3,03	2,8 a			
Média	3,2 B	4,2 A		1,9 A	1,9 A		2,5 A	2,8 A				
Sistemas	Ferro (mg kg ⁻¹)			Manganês (mg kg ⁻¹)			Cobre (mg kg ⁻¹)			Zinco (mg kg ⁻¹)		
	Cal	Cal+Ges	Média	Cal	Cal+Ges	Média	Cal	Cal+Ges	Média	Cal	Cal+Ges	Média
CC	165	155	160 a	39	48	43 ab	11	14	13 a	27	24	26 a
CM	121	122	121 b	49	50	50 a	9	10	10 b	26	23	25 a
SD	121	131	126 b	37	43	40 b	8	11	10 b	24	23	24 a
Média	136 A	136 A		42 B	47 A		9 B	12 A		26 A	23 B	

CC: cultivo convencional; CM: cultivo Mínimo; SD: semeadura direta; Cal: calcário; Cal+Ges; calcário+gesso. Letras maiúsculas, na linha, comparam os corretivos; letras minúsculas, na coluna, comparam os sistemas de preparo do solo. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação aos micronutrientes, o CC apresentou teores foliares mais elevados de ferro (Fe) e cobre (Cu), em relação aos demais sistemas de manejo do solo. Para o manganês (Mn) houve diferença apenas entre o CM e o SD. Ao contrário, os sistemas não influenciaram os teores de zinco (Zn). Contudo, a aplicação conjunta de Cal+Ges propiciou maiores teores de Mn e Cu e inferiores de Zn.

O CC proporcionou maior produtividade de milho (7,40 Mg ha⁻¹) em relação ao CM (5,16 Mg ha⁻¹) e ao SD (4,49 Mg ha⁻¹), corroborando os resultados obtidos por SECCO et al. (2009), que constataram que a escarificação do solo aumentou a produtividade de grãos da cultura do milho em relação aos solos compactados. Resultados semelhantes são observados no início dos sistemas em SD, contudo foram observados por CASTRO & CRUSCIOL (2013), que no SD, os tratamentos sem incorporação do calcário mostraram produtividades de milho satisfatórias em relação aos tratamentos com incorporação do calcário. POTTKER & BEN (1998) avaliando a resposta de algumas culturas a calcário aplicado na superfície de solos (semeadura direta) com 380 g kg⁻¹ de argila e com 580 g kg⁻¹ de argila, observaram que para trigo, milho e aveia, não foram observadas diferenças entre os tratamentos, havendo diferença somente para a soja, em que todos os tratamentos que receberam calcário aumentaram, em termos absolutos, a produtividade de grãos.

A produtividade nos tratamentos envolvendo a aplicação conjunta de Cal+Ges foi superior (5,98 Mg ha⁻¹) à verificada somente com a utilização de Cal (5,38 Mg ha⁻¹). De maneira semelhante, CAIRES et al. (2004) e ZANDONÁ et al. (2015) observaram que a produção do milho foi positivamente influenciada pela aplicação combinada de gesso e calcário, e afirmam que o incremento de Ca é um dos fatores determinantes para esse resultado.

CONCLUSÃO

Os atributos químicos do solo e produtividade de grãos da cultura do milho sofrem influência dos sistemas de manejo.

O sistema de cultivo convencional associado à aplicação de calcário e gesso agrícola, incorporado com grade pesada, apresenta os melhores resultados para recuperar quimicamente o solo sob pastagem, visando integração agricultura pecuária em Latossolo Vermelho distrófico.

REFERÊNCIAS

- CAIRES, E. F. **Correção da acidez do solo em sistemas plantio direto**. Piracicaba-SP: International Plant Nutrition Institute (INPI), 2013. 13 p. (Informações agrônômicas, n. 141).
- CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.125-136, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000100013>
- CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Effects of surface application of dolomitic limestone and calcium-magnesium silicate on soybean and maize in rotation with green manure in a tropical region. **Bragantia**, v.74, n.3, p.311-321, 2015. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0346>
- CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade e nutrição mineral de soja, milho e capim-ruziziensis influenciados por calcário e escória de siderurgia. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.6, p.673-681, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000600013>
- CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa: UFV, 1999. 359p.
- COSTA, C.H.M.; CRUSCIOL, C.A.C. Long-term effects of lime and phosphogypsum application on tropical no-till soybean–oat–sorghum rotation and soil chemical properties. **European Journal of Agronomy**, V.74, 119-132, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2015.12.001>
- CRUSCIOL, C.A.C. et al. Annual crop rotation of tropical pastures with no-till soil as affected by lime surface application. **European Journal of Agronomy**, v.80, p.88-104, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.07.002>
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Informação Tecnológica, 2009. 628p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**. 2014, vol.38, n.2 p. 109-112. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, S. D.; GATIBONI, C. L.; BRUNETTO, G.; SILVA, L. S. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.4, p.573-580, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000400010>

MICHALOVICZ, L. et al. Soil fertility, nutrition and yield of maize and barley with gypsum application on soil surface in no-till. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.5, p.1496-1505, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000500015>

MOREIRA, F. R.; DECHEN, S. C. F.; SILVA, A. P.; FIGUEIREDO, G. C.; MARIA, I. C.; TEREZINHA, P. Intervalo hídrico ótimo em um Latossolo vermelho cultivado em sistema semeadura direta por 25 anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.118-127, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000100011>

OZELAME, O.; ANDREATTA, T. A produção de cereais em uma propriedade no município de Chapecó-SC. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.2, p.212-218, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000200004>

PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.2, p.495-505, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000200014>

POTTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.4, p.675-684, 1998. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831998000400013>

SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Vanderlei Rodrigues da Silva Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.1, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009000100010>

SOUZA, F. R.; ROSA JUNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A. C.; ROSA, Y. B. C. J.; ZEVIANI, W. M. Efeito do gesso nas propriedades químicas do solo sob dois sistemas de manejo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.5, p.1717-1732, 2012. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n5p1717>

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. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4530301>