

Resumo

Após anos de plantio direto (PD), têm surgido argumentos de que a necessidade de calagem (NC) nesse sistema possa ser menor do que em sistema convencional. Porém, a baixa qualidade em termos de adoção das práticas requeridas pelo sistema PD no campo, bem como a estratificação em profundidade dos atributos do solo em áreas de PD consolidado têm restringido aumentos de produtividade e potencializado quedas de rendimento em safras com estiagem, quando a calagem poderia amenizar os efeitos negativos da restrição hídrica sobre a nutrição e produtividade dos cultivos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos iniciais da calagem superficial em PD sobre atributos químicos do solo, nutrição e produtividade do trigo, em um experimento de longa duração implantado em Guarapuava- PR. Foram dois tratamentos: sem calagem e com calagem (do separamos atingir $V = 70\%$ na camada de 0-20 cm). A calagem aumentou o $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ (5,12 \rightarrow 5,70) e o teor de cálcio (4,90 \rightarrow 5,32 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e diminuiu o teor de Al^{3+} , que inicialmente já era baixo (0,06 \rightarrow 0,00 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0-10 cm aos 150 dias após a aplicação do calcário. Utilizando a dose recomendada para atingir $V = 70\%$ na camada de 0-20 cm, a calagem não afetou significativamente a nutrição e a produtividade do trigo cultivado logo após a aplicação do calcário, em safra com boa distribuição de chuvas e em solo com teores iniciais de bases acima dos níveis críticos e com baixos teores de Al^{3+} .

Palavras chave: *Triticum aestivum* L., calcário dolomítico, cálcio, alumínio.

Atributos químicos do solo e resposta do trigo à calagem superficial em sistema plantio direto

Leandro Meert¹

Marcelo Marques Lopes Müller²

Luiz Antônio Zanão Júnior³

Leandro Michalovicz⁴

Ronaldo do Nascimento⁵

Soil chemical attributes and wheat response to no-till surface liming

Abstract

After years of no-till (PD), arguments have emerged that the requirement of lime (NC) in this system may be lower than for conventional tillage system. However, the low quality on the adoption of the practices required to make PD system to work in the field, as well as the soil attributes stratification in depth in areas of consolidated PD have hindered yield increases and maximized crop shortfall due to draught periods, when liming can mitigate the negative effects of water restriction on nutrition and productivity of crops. The objective of this paper was to evaluate the initial effects of superficial liming in PD on soil chemical attributes, nutrition and yield of wheat, in a long run experiment settled in Guarapuava-PR. Treatments were: without liming and with liming (rate necessary to reach $V = 70\%$ in the 0-20 cm layer). Liming increased soil $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ (5,12 \rightarrow 5,70) and the level of calcium (4,90 \rightarrow 5,32 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) and decreased the already low level of Al^{3+} (0,06 \rightarrow 0,00 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) in the 0-10 cm layer at 150 days after lime application. Using the rate necessary to reach $V = 70\%$ in the 0-20 cm layer, liming did not significantly affect nutrition and yield of wheat cultivated just after lime application, in a cropping season with good rainfall distribution, on a soil with low Al^{3+} level and initial levels of basic cations above the critical levels.

Key words: *Triticum aestivum* L., dolomitic lime, calcium, aluminum.

Received at: 11/07/16

Accepted for publication at: 05/12/16

1 Eng. Agrônomo Msc, Prof. - Faculdade Integrada de Campo Mourão - Rodovia BR 158, Km 207, cep - 87300-970 Campo Mourão - PR, Brasil, Email: leandro.meert@grupointegrado.br.

2 Eng. Agrônomo Prof, Dr - Universidade Estadual do Centro-Oeste UNICENTRO - Guarapuava - PR, Brasil, Email: mmuller@unicentro.br

3 Eng. Agrônomo Dr - Instituto Agronômico do Paraná IAPAR - Santa Tereza do Oeste - PR, Brasil Email: lzanao@iapar.br

4 Eng. Agrônomo Dr - Instituto Paranaense da Assistência Técnica e Extensão Rural EMATER - Reserva do Iguaçú - PR, Brasil, Email: leandromichalovicz@yahoo.com.br.

5 Eng. Agrônomo Dr - Universidade Estadual de Londrina UEL - Londrina - PR, Brasil Email: ronaldonasc@yahoo.com.br.

Atributos químicos del suelo y respuesta del trigo al encalado superficial en sistema de plantación directa

Resumen

Después de años de plantación directa (PD), vienen surgiendo argumentos de que la necesidad de encalar (NC) en ese sistema puede ser menor de un sistema convencional. Por eso la baja calidad en términos de adopción de las practicas requeridas por el sistema PD en el campo, bien como la estratificación en profundidad de los atributos del suelo en áreas de PD consolidado tiene restringido aumentos de productividad y potencializando caídas de rendimiento en periodos con tiempo seco, cuando el encalado podría amenizar los efectos negativos de la restricción hídrica sobre la nutrición y productividad de los cultivos. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos iniciales del encalado superficial en PD sobre atributos químicos del suelo, nutrición y productividad del trigo, en un experimento de larga duración establecido en Guarapuava-PR. Fueron dos tratamientos: sin encalar y con encalar (de separar y alcanzar $V = 70\%$ en la capa de 0-20cm) el encalado aumento el pH Ca Cl₂ (5,12 → 5,70) y el tenor del calcio (4,90 → 5,32 cmolc dm⁻³) y disminuyo el tenor de AL³⁺, que inicialmente ya era bajo (0,06 → 0,00 cmolc dm⁻³), en la capa de 0-10 cm a los 150 dias después la aplicación del calcáreo, en periodo con buena distribución de lluvias y en suelo con niveles iniciales de bases encima de los niveles críticos y con bajos niveles de AL³⁺.

Palabras claves: *Triticum aestivum L.*, calcáreo dolomítico, calcio, aluminio.

Introdução

A correção da acidez em plantio direto (PD) se dá sem incorporação do calcário (KAMINSKI et al., 2005). Com isso, os efeitos da calagem ficam restritos às camadas mais superficiais (ALLEONI et al., 2005), sendo menos intensos e variáveis em profundidade, dependendo do solo, dose de corretivo, precipitação, tempo, teor de matéria orgânica, quantidade e tipo de resíduos na superfície (CIOTTA et al., 2004; JORIS, 2011). POTTKER e BEN (1998) encontraram efeitos até 5 cm aos três anos após a calagem superficial. GONÇALVES et al. (2011) e CAIRES et al. (2008), até 10 cm e 60 cm de profundidade, respectivamente, aos 24 meses após a calagem.

A calagem altera a disponibilidade de nutrientes e pode afetar a nutrição e produtividade das culturas sob PD. Maiores teores foliares de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) foram observados por CAIRES et al. (2001) em cevada, semeada 11 meses após calagem superficial (4,5 t ha⁻¹), mas sem efeitos na produtividade, que foi prejudicada por déficit hídrico. Na semeadura do trigo, um ano depois (23 meses após a calagem), o solo tinha (0-20 cm) saturação por bases (V) de 38,5% e $pH_{CaCl_2} = 4,6$ sem calagem, e $V = 49,3\%$ e $pH_{CaCl_2} = 5,0$ com calagem, e mesmo assim não houve efeito na nutrição e produtividade do trigo, cuja produtividade média experimental, sem e com

calagem, foi de 3.690 kg ha⁻¹ (CAIRES et al., 2002). Concluiu-se que, com Ca²⁺ e Mg²⁺ suficientes e sem AL³⁺ em nível tóxico no solo, é possível produzir bem em PD sem calagem. MOREIRA et al. (2001) obtiveram resultados similares, concluindo que a calagem superficial não alterou os teores foliares de N, P, K e S em soja, somente aumentando os teores de Ca e Mg, mas sem resposta de produtividade da soja e do milho.

Tal fato se deve à palha na superfície e ao maior nível de matéria orgânica no solo ao longo dos anos sob PD, o que aumenta a capacidade de troca de cátions e a adsorção de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ (BAYER et al., 2004). Esta dinâmica, entretanto, tem gerado dúvidas sobre a NC, no sentido de que possa ser menor em PD. Por outro lado, a baixa qualidade do PD no campo, somente com mobilização de solo restrita à linha de semeadura espalhada em superfície, sem cobrir permanente o solo via redução do tempo entre colheita e semeadura, sem rotação de culturas e sem aporte de resíduos em quantidade e qualidade necessárias à demanda biológica do solo, tem gerado estratificação de atributos do solo em áreas sob PD, potencializando as quedas de produtividade em safras com estiagens (NUNES et al., 2014).

CAIRES et al. (2005) obtiveram aumento na produtividade do trigo (1,25 → 3,75 t ha⁻¹) 10 anos após calagem superficial com 4 t ha⁻¹, em safra com déficit hídrico. JORIS (2011) observou aumento nos teores foliares de P, Ca e Mg em milho

quatro anos após calagem superficial, com máxima produtividade estimada pela aplicação de 9,2 t ha⁻¹ calcário, propiciando rendimento 42% superior ao da testemunha, em condição de estresse hídrico.

É necessário, portanto, que os estudos em PD relacionem ambiente de produção e estabilidade produtiva ao longo dos anos, com estratificação dos atributos do solo e variações climáticas. O objetivo do trabalho foi avaliar efeitos iniciais da calagem superficial em PD, na fertilidade do solo, nutrição e produtividade do trigo, em um experimento de longa duração.

Material e métodos

O experimento foi implantado na estação experimental do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) em Guarapuava, região com altitude entre 800-1.200 m e clima Cfb (KÖPPEN), sem estação seca definida e com geadas severas. O local se situa na unidade de mapeamento LbD5 - Latos solos Brunos Distróficos, conforme o mapa de solos do Paraná (BHERING; SANTOS, 2008), e a área experimental tem mais de 15 anos de PD, tendo sido cultivada com aveia no inverno e soja ou milho no verão nos 10 anos anteriores ao estudo. Em maio de 2011 o solo foi amostrado para caracterização química e granulométrica (tabela 1).

Adotou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, parcelas de 7 x 5 m e cinco repetições. Foram dois tratamentos: 1) sem calagem; e 2) com calagem, na dose necessária para elevar a saturação por bases (V) a 70% na camada 0-20 cm. Para tanto aplicou-se 2,85 t ha⁻¹ de calcário do lomítico (95% de PRNT; 24% de Ca O e 14% de Mg O) em julho de 2011, na implantação da cultura do trigo. A cultivar utilizada foi a Mirante® (OR Sementes), com espaçamento de 0,17 m entre linhas e população de 250 plantas m⁻². A adubação foi feita com 370 kg ha⁻¹ do formulado NPK 08-17-17, mais 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) em cobertura no perfilhamento (uréia). No início do período reprodutivo da cultura, estádio 10.5 da escala de Feeks-Large (LARGE, 1954),

amostras de tecido foliar (folha bandeira) foram colhidas e, após enxágue em água deionizada e secas ao ar, foram moídas (WILLEY) e analisadas quimicamente para determinar os teores foliares de N (digestão sulfúrica), P, K, Ca, Mg e S (digestão nitro-perclórica), conforme descrito por MALAVOLTA (1997).

Aos 140 dias após a semeadura avaliou-se a produtividade, utilizando colhedora automotriz de parcelas em uma área central de 6,75 m² por parcela, sendo o peso dos grãos corrigido para umidade de 13%. Após a colheita, o solo foi amostrado aos 150 dias após a calagem nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, utilizando trado holandês com caçamba de 10 cm em 12 pontos por parcela, sendo 4 pontos na linha e 8 na entrelinha. As análises seguiram metodologia descrita por PAVAN et al. (1992).

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

Resultados e discussão

Houve elevação do pH do solo na camada de 0-10 cm em função da calagem (Tabela 2), e embora estes resultados contrastem com os de POTTKER e BEN (1998) e de ALLEONI et al. (2005), que verificaram aumento do pH do solo apenas na camada de 0-5 cm no primeiro, ou na camada de 0-10 cm no segundo, mas ambos somente aos 30 meses após a calagem, SORATTO e CRUSCIOL (2008) encontraram efeitos do calcário no pH do solo até 10 cm de profundidade aos seis meses da calagem, corroborando os resultados da tabela 2. Os autores atribuíram o resultado à intensa precipitação após a calagem e à presença de grande quantidade de resíduo de aveia sobre o solo, e de forma concordante, no presente estudo a precipitação nos dois meses seguintes à calagem foi cerca de 200 mm maior do que a média histórica para o período, totalizando 570 mm, e área havia sido cultivada anteriormente por

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do solo na área experimental, antes da implantação dos tratamentos em 2011. Guarapuava, 2013.

Prof.	MO ⁽¹⁾	P ⁽²⁾	pH	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	V	Areia	Silte	Argila
cm	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	CaCl ₂	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	-----	-----	%	-----	g kg ⁻¹	-----
0-10	53,6	1,34	5,13	0,05	7,29	5,19	3,39	0,56	55,6	45	234	721
10-20	53,6	0,30	4,90	0,05	7,46	3,85	2,72	0,49	48,6	47	220	733

(1)Matéria orgânica, (2)Extraído por Mehlich¹.

vários anos com aveia para produção de semente, acumulando bastante palha em superfície. Apesar do aumento do pH, não houve queda significativa da acidez potencial do solo (H+Al).

MIYAZAWA et al. (2002) também atribuíram o efeito da calagem superficial sobre o pH do solo em sub superfície à presença de resíduos de aveia, pois segundo os autores a liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, a partir da degradação desses resíduos, pode mobilizar íons para camadas mais profundas do solo. CAIRES et al. (2006) também relataram alterações no pH na camada de 0-10 cm, mas aos 18 meses após a aplicação do corretivo.

Apesar de o solo apresentar baixo teor inicial de Al^{3+} , a calagem reduziu os teores a praticamente zero (Tabela 2), sendo esses resultados corroborados por RHEINHEIMER et al. (2000), que verificaram redução do teor de Al^{3+} pela calagem superficial. Com a elevação do pH do solo, os teores de Al^{3+} decrescem no solo, e acima de $pH_{H_2O} = 5,5$ ($pH_{CaCl_2} = 5,0-5,2$), praticamente não há mais acidez trocável no solo (ZAMBROSI et al., 2007).

O teor de Ca^{2+} teve comportamento semelhante ao do pH, aumentando na camada de 0-10 cm em função da calagem (Tabela 2). Esse aumento ocorre porque o calcário é fonte desse nutriente, resultados similares foram encontrados por FLORES et al. (2008), SORATTO e CRUSCIOL (2008) e SCHONINGER et al. (2010). Por outro lado, apesar do calcário usado no presente estudo ter sido dolo mítico, não se observou o mesmo efeito de aumento nos teores de Mg^{2+} no solo, divergindo dos resultados obtidos por MOREIRA et al. (2001) e SCHONINGER et al. (2010). Apesar das doses do calcário serem semelhantes nesses dois casos e no presente trabalho, os teores de óxido de magnésio (MgO) no calcário desses estudos eram superiores, o que pode explicar a diferença de comportamento. Não houve efeito da calagem sobre os teores de P e K^+ , em nenhuma das camadas avaliadas.

Quanto aos teores foliares dos nutrientes, não houve efeito significativo da calagem em nenhum dos

elementos estudados (Tabela 3), condizendo com o pequeno prazo de reação do corretivo, de cerca de 80 dias até a coleta das folhas, e com o fato de que, no período, foram encontrados efeitos ainda restritos da calagem no solo, somente com aumento no pH e no teor de Ca^{2+} , além da diminuição no teor de Al^{3+} , todos na camada de 0-10 cm somente (Tabela 2). Estes resultados vão ao encontro dos observados por CAIRES et al. (2002), de que os teores de nutrientes nas folhas do trigo, em safra sem déficit hídrico, não se alteraram após calagem superficial em PD, a exemplo da safra de 2011 em Guarapuava.

Quanto à produtividade, não houve resposta do trigo à calagem (Tabela 3), atingindo-se média experimental de 3.265 kg ha⁻¹, pouco abaixo 3.690 kg ha⁻¹ obtidos por CAIRES et al. (2002) na média entre os tratamentos sem e com calagem superficial em Ponta Grossa. Este resultado está em acordo com as poucas alterações no solo e com a ausência de efeito na nutrição das plantas. O fato do teor de Ca^{2+} ter aumentado no solo, mas não nas folhas do trigo, vai ao encontro das afirmações de que, em PD consolidado e com teores suficientes de Ca^{2+} e Mg^{2+} e sem Al^{3+} em nível tóxico no solo, é possível produzir bem sem calagem (CAIRES et al., 2001, 2002; MOREIRA et al., 2001).

Resultados de produtividade como este têm sido freqüentes, o que pode ser devido ao menor efeito tóxico do Al^{3+} , que em PD forma complexos com compostos orgânicos advindos dos restos de cultura (MIYAZAWA et al., 2002), e aos teores iniciais de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ no solo, que se adequados podem manter relação favorável frente ao Al^{3+} quando presente (CAIRES et al., 1998), tornando possível obter produtividade satisfatória em PD, mesmo com longos períodos sem a reaplicação de calcário. No presente caso, os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ no solo antes da semeadura do trigo estavam acima dos respectivos níveis críticos (COSTA, 2003; CQFS-RS/SC, 2004), os teores foliares de todos os nutrientes expressos na Tabela 3 ficaram acima dos níveis de suficiência para a cultura (SILVA, 2009), com ou sem a calagem.

Tabela 2. Efeito da calagem superficial em sistema plantio direto nas características químicas do solo aos cinco meses após a calagem. Guarapuava, 2013.

Prof.	Trat.	pH	P ⁽¹⁾	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
cm		CaCl ²	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		
0-10	S/C ⁽²⁾	5,12 b ⁽³⁾	1,49 a	0,06 a	7,58 a	4,90 b	3,14 a	0,46 a
	C/C	5,70 a	1,43 a	0,00 b	6,68 a	5,32 a	3,28 a	0,47 a
10-20	S/C	4,87 a	0,31 a	0,07 a	7,65 a	3,74 a	2,54 a	0,38 a
	C/C	4,90 a	0,33 a	0,03 a	7,04 a	4,19 a	2,89 a	0,40 a

(1) P extraído por Mehlich 1; (2) S/C = sem calagem (testemunha); C/C = com calagem (2,85 t ha⁻¹). (3) Letras iguais na mesma coluna, por profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

Tabela 3. Teores foliares de macro nutrientes e produtividade do trigo (safra 2011) em função da calagem superficial em sistema plantio direto. Guarapuava, 2014.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Prod.
	-----g kg ⁻¹ -----						kg ha ⁻¹
S/C ⁽¹⁾	41,32 a ⁽²⁾	6,50 a	20,12 a	4,60 a	1,30 a	6,10 a	3.219 a
C/C	42,10 a	6,61 a	20,34 a	4,70 a	1,45 a	6,11 a	3.312 a

(1) S/C = sem calcário (testemunha); C/C = com calcário (2,85 t ha⁻¹). (2) Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

Conclusões

A calagem superficial em PD aumentou o pH do solo e os teores de Ca²⁺ e diminuiu os teores de Al³⁺ até 10 cm de profundidade, após um período de cinco meses. Entretanto, utilizando-se a dose recomendada para elevar a saturação do solo por

bases a 70 % na camada de 0-20 cm, não houve efeito significativo sobre a nutrição e a produtividade do trigo cultivado logo após a aplicação do calcário, em safra com boa distribuição de chuvas e em solo com teores iniciais de bases acima do nível crítico e com baixo teor de Al³⁺.

Referencias

- ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A.; CAIRES, E.F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.6, p.923-934, 2005.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.7, p.677-683, 2004
- BHERING, S.B.; SANTOS, H.G. Mapa de Solos do Estado do Paraná. Legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto Agronômico do Paraná, 2008. 74 p.
- CAIRES, E.F.; CHUERI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, n. 1, p. 27-34, 1998.
- CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. *Bragantia*, v. 60, n. 3, p. 213-223, 2001.
- CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J. Lime and gypsum application on the wheat crop. *Scientia Agrícola*, v. 59, p. 357-364, 2002.
- CAIRES, E.F.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A.; BARTH, G. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. *Agronomy Journal*, v.97, p.791-798, 2005.
- CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, n. 1, p. 87-98, 2006.
- CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; CHURKA, F. Soil acidity, liming and soybean performance under no-till. *Scientia Agrícola*, v. 65, n. 5, p. 532-540, 2008.
- CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 2, p. 317-326, 2004.

- COSTA, A. Trigo. In: OLIVEIRA, E.L. (Ed.) Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). 2003, p.27-28. (Circular Técnica, nº 128).
- CQFS - RS/SC. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/ UFRGS, 2004. 400p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FLORES, J.P.C.; CASSOL, L.C.; ANGHINONI, J.; CARVALHO, P.C. de F. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 6, p. 2385-2396, 2008.
- GONÇALVES, J.R.P.; MOREIRA, A.; BULL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; VILLAS BOAS, R. L. Granulometria e doses de calcário em diferentes sistemas de manejo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n. 2, p. 369-375, 2011.
- JORIS, H.A.W., FONSECA, A. F. da; ASAMI, V.Y.; BRIEDIS, C.; BORSZOWSKI, P.R.; GARBUÍO, F.J. Adsorção de metais pesados após calagem superficial em um Latossolo Vermelho sob sistema de plantio direto. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 43, n. 1, p. 1-10, 2011.
- KAMINSKI, J., SANTOS, D.R. dos; GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; SILVA, L.S. da. 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.
- LARGE, E.C. Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes scale. *Plant Pathology*, v.3, p.128-129, 1954.
- MALAVOLTA, E. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Evaluation of plant residues on the mobility of surface applied lime. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 45, n. 3, p. 251-256, 2002.
- MOREIRA, S.G.; KIEHL, J.C.; PROCHNOW, L.I.; PAULETTI, V. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, n. 1, p. 71-81, 2001.
- NUNES, M.R., DENARDIN, J.E.; FAGANELLO, A.; PAULETTO, E.A.; PINTO, L.F.S. Efeito de semeadora com haste sulcadora para ação profunda em solo manejado com plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 2, p. 627-638, 2014.
- PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F. de; ZEMPULSKI, H. da C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. Manual de análise química do solo e controle de qualidade. Londrina, PR: Instituto Agrônomo do Paraná, 1992. 38 p. (Circular, 76).
- PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 2, p. 675-684, 1998.
- RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E.C.; GATIBONI, L.C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 4, p. 797-805, 2000.
- SCHONINGER, E.L.; LANGE, A.; SILVA, A.F. da; LEMKE, A.F.; MONTEIRO, S.; SILVA, J.A.N. da. Atributos químicos do solo e produtividade da cultura da soja em área de semeadura direta após a calagem superficial. *Semina*, v. 31, n. 1, p. 1253-1262, 2010.
- SILVA, F.C. da. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA, 2009, 627p.
- 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.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob sistema plantio direto. *Bragantia*, v. 66, n. 3, p. 487-495, 2007.