



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

Kaminski, João; Santos, Danilo Rheinheimer dos; Gatiboni, Luciano Colpo; Brunetto, Gustavo; Silva, Leandro Souza da

EFICIÊNCIA DA CALAGEM SUPERFICIAL E INCORPORADA PRECEDENDO O SISTEMA
PLANTIO DIRETO EM UM ARGISSOLO SOB PASTAGEM NATURAL

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 29, núm. 4, 2005, pp. 573-580

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214035010>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

EFICIÊNCIA DA CALAGEM SUPERFICIAL E INCORPORADA PRECEDENDO O SISTEMA PLANTIO DIRETO EM UM ARGISSOLO SOB PASTAGEM NATURAL⁽¹⁾

**João Kaminski⁽²⁾, Danilo Rheinheimer dos Santos⁽³⁾, Luciano Colpo
Gatiboni⁽⁴⁾, Gustavo Brunetto⁽⁵⁾ & Leandro Souza da Silva⁽³⁾**

RESUMO

A calagem altera os atributos químicos do solo, permitindo o crescimento radicular e sua eficiência em profundidade no perfil do solo. Este trabalho foi realizado com objetivo de avaliar a eficiência da calagem superficial e incorporada sobre atributos da acidez em profundidade, passados sete anos de sua aplicação, em área sob sistema plantio direto (SPD). O experimento foi instalado na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, em um Argissolo Acinzentado distrófico plíntico, textura média relevo suave ondulado com substrato aluviais recentes. Os tratamentos consistiram da aplicação superficial e incorporação do calcário (uma aração e duas gradagens) nas doses de 0,0; 2,0; 8,5 e 17,0 Mg ha⁻¹, sendo a dose 2,0 Mg ha⁻¹ reaplicada a cada 24 meses na superfície, independentemente da incorporação inicial, totalizando 2 + 2 + 2 + 2 Mg ha⁻¹. Em outubro de 2001, sete anos após a aplicação de calcário, foram abertas três trincheiras por parcela e coletadas amostras de solo em camadas de 1 até 10 cm de profundidade; de 2,5 até 25 cm e de 5 até 40 cm. Os resultados obtidos mostraram que a eficiência da calagem se manteve por período superior a sete anos da sua aplicação em SPD, independentemente da forma de aplicação. As doses integrais da necessidade de calcário de solos promoveram maior avanço da frente de neutralização da acidez no solo, e a incorporação do calcário antes da instalação do SPD neutralizou a acidez em profundidades maiores e mostrou-se mais eficiente do que a aplicação superficial.

Termos de indexação: acidez do solo, mobilidade do calcário, calagem superficial, eficiência da calagem.

⁽¹⁾ Trabalho financiado pelo PRONEX/CNPq. Recebido para publicação em março de 2004 e aprovado em abril de 2005.

⁽²⁾ Professor Voluntário do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Campus Universitário, CEP 97105-900 Santa Maria (RS). Bolsista Produtividade em Pesquisa CNPq. E-mail: jk@smail.ufsm.br

⁽³⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos, UFSM. Bolsista Produtividade em Pesquisa CNPq. E-mail: danilor@smail.ufsm.br

⁽⁴⁾ Professor do Curso de Zootecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Campus Chapecó, Rua Benjamin Constant 164-D, CEP 89806-070 Chapecó (SC). E-mail: gatiboni@udesc.br

⁽⁵⁾ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFSM. Bolsista do CNPq. E-mail: gustavobrunetto@hotmail.com

SUMMARY: EFFICIENCY OF SUPERFICIAL AND INCORPORATED LIMING ON A HAPLUDALF PRIOR TO NO-TILLAGE IMPLEMENTATION

Liming alters chemical soil attributes and favors root development, but its efficiency depends on the incorporation form and the physical and chemical characteristics of the soil. This experiment was carried out to evaluate the efficiency of incorporated or surface liming seven years after its application on a Hapludalf under no-tillage system and located in Santa Maria, RS, Brazil. The replicated treatments consisted of four surface lime rates (0.0; 2.0, 8.5 and 17.0 t ha⁻¹), incorporated by one plowing followed by two diskings. Independent of the initial incorporation, the 2.0 t ha⁻¹ rate was reapplied over the surface every 24 months. After seven years of cultivation, three trenches were dug in each plot to collect soil samples every 1 cm in the 0–10 cm layer, every 2.5 cm in the 10–25 cm layer and every 5 cm in the 25–40 cm layer. Results showed that liming effects are still detectable after seven years of its application, regardless of the application form. Recommended lime rates applied at once promoted the advance of an acidity neutralization front furthest down into the soil. Incorporating lime before no-tillage implementation neutralized acidity to deeper soil layers and was more effective than surface application.

Index terms: soil acidity, lime mobility, surface liming, liming efficiency.

INTRODUÇÃO

Quando se iniciou a adoção do sistema plantio direto no Rio Grande do Sul, utilizaram-se áreas de cultivo convencional e, na maioria dos casos, com longo histórico de adubação e calagem (Pöttker & Ben, 1998; Rheinheimer et al., 2000; Moreira et al., 2001; Amaral, 2002; Gatiboni et al., 2003). Por esse motivo, na indicação da renovação da calagem, manteve-se o mesmo método de estimativa da necessidade de calcário, ressaltando, porém, a necessidade da manutenção do solo sem revolvimento. Assim, passou-se a distribuí-lo na superfície sem incorporação, denominando esta prática calagem superficial.

Tal forma de adição de calcário mostrou-se eficaz para grande parte das situações, visto que a produtividade alcançada foi satisfatória, e, na maioria dos casos, não houve resposta à calagem. Tal fato deveu-se, possivelmente, às alterações de atributos químicos promovidos por calagem anterior e de longo prazo, bem como ao processo de reacidificação que, dificilmente, evoluiu para a condição original (Azevedo et al., 1996), mantendo o efeito residual eficiente e prolongado. Por isso, as doses necessárias eram inferiores às usadas no sistema convencional (Pöttker & Ben, 1998; Moreira et al., 2001). Vale destacar que, por outro lado, a elevação da disponibilidade de P, promovida por adubações sucessivas, também melhora as condições de solo que promovem o crescimento e desenvolvimento de plantas (Ernani et al., 2001).

Com a ampliação da fronteira agrícola, áreas de campo natural foram incorporadas ao sistema produtivo, cujos solos são ácidos e necessitam de correção da acidez com calcário. Estas novas áreas

passaram a ser utilizadas com plantio direto usando somente a calagem superficial como forma de correção da acidez. Todavia, nota-se que a incorporação do calcário ainda pode trazer maiores benefícios às culturas mais exigentes (Kaminski et al., 2000). De todo modo, a calagem superficial tem propiciado melhorias no ambiente radicular e, ressalvadas as situações de impedimento físico por compactação ou selamento de poros, propicia alterações de atributos químicos em profundidade, comparáveis à calagem incorporada pelo revolvimento do solo, especialmente em solos menos argilosos e com menor acidez potencial (Caires et al., 1998; Amaral, 2002; Gatiboni et al., 2003).

Na calagem superficial, há uma frente alcalinizante que avança no perfil do solo, porém os processos que promovem a migração dos agentes de neutralização da acidez ainda estão em discussão. Miyazawa et al. (1993), Oliveira & Pavan (1996) e Franchini et al. (1999, 2000 e 2001) atribuem-na às substâncias orgânicas hidrossolúveis, que promoveriam a migração de Ca e aliviaria os efeitos deletérios do Al. Já Petrere & Anghinoni (2001) e Amaral (2002) identificaram partículas de calcário abaixo da região de aplicação, que migrariam via dutos formados por macroporos, o que propiciaria a correção da acidez com a elevação do pH, não tendo este último autor observado contribuição significativa de compostos orgânicos na melhoria do ambiente radicular em profundidade.

Essa frente de neutralização, ao avançar no perfil, altera algumas propriedades do solo, cuja taxa de progressão depende da dose aplicada, do tempo decorrente e das próprias características físicas e químicas dos solos (Caires et al., 1998; Rheinheimer et al., 2000; Amaral & Anghinoni, 2001; Moreira et al., 2001).

al., 2001; Gatiboni et al., 2003). O volume de solo corrigido, no qual pelo menos o Al tem a sua atividade drasticamente diminuída, a saturação por bases supera a metade da CTC e o tempo de manutenção do efeito na camada neutralizada determina a eficiência da calagem, independentemente da forma de aplicação.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a eficiência da calagem superficial e incorporada sobre atributos da acidez em profundidade, passados sete anos de sua aplicação, em área cultivada no sistema plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campo experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (RS) (Latitude S 29° 43' 03.5"; Longitude W 53° 42' 05.6"), em um Argissolo Acinzentado distrófico plíntico (Embrapa, 1999) textura média relevo suave ondulado com substrato de sedimentos aluviais recentes. A área era mantida com pastagem natural até 1994, quando foi instalado o experimento. Em outubro de 1994, a área foi amostrada, na profundidade de 0-20 cm, e os resultados das análises da amostra foram: teores de argila 190 g kg⁻¹, de silte 260 g kg⁻¹ e de areia 550 g kg⁻¹; pH-H₂O 4,4, M.O. 37 g dm⁻³, Al trocável 3,30 cmol_c dm⁻³, Ca + Mg trocáveis 3,7 cmol_c dm⁻³, P disponível 2,3 mg dm⁻³ e K trocável 54 mg dm⁻³ e índice SMP 4,5, correspondendo a 17 Mg ha⁻¹ de calcário, que serviu como base para quantificar as doses de calcário (CFS-RS/SC, 1994). A pastagem natural foi, então, dessecada e as parcelas demarcadas para aplicação dos tratamentos. O calcário foi distribuído nas parcelas de 12 x 12 m e, então, metade da parcela foi lavrada com arado de disco até 10 cm de profundidade e recebeu dois passes de grade niveladora.

A partir de então, adotou-se o sistema plantio direto. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcela subdividida e com quatro repetições. A parcela principal constituiu-se da aplicação de calcário, superficial e incorporado, enquanto as subparcelas, das doses de calcário, foram de: 0,0; 2,0; 8,5 e 17,0 Mg ha⁻¹, sendo a dose de 2 Mg ha⁻¹ reaplicada a cada dois anos e sempre na superfície, totalizando 2 + 2 + 2 + 2 Mg ha⁻¹.

Cultivou-se milho nas safras de 94/95, 96/97, 98/99, 99/00, 00/01, 01/02, soja nas safras de 95/96, 97/98 e azevém + trevo vesiculoso nos invernos de 95, 96, 97, 98, 99, 00, 01, 02. Em cada cultivo comercial, foi utilizada a adubação com macronutrientes, como recomendada pela CFS-RS/SC (1994).

Em outubro de 2001, sete anos após a instalação do experimento, foram abertas três trincheiras por unidade experimental e coletadas amostras de solo

em camadas de 1 até 10 cm de profundidade, de 2,5 até 25 cm e de 5 até 40 cm, com a finalidade de dar maior confiabilidade aos resultados. As amostras foram secas em estufa a 55 °C e passadas em peneira de 2 mm. Determinaram-se o pH-H₂O, o índice SMP e os teores de Ca, Mg e Al trocáveis (Tedesco et al., 1995). Com esses resultados foram calculadas as saturações por Al e por bases.

Os dados dos atributos químicos do solo foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), considerando os modos de aplicação como parcela principal, as doses como subparcelas e as camadas de solo amostradas como subsubparcelas, com restrição ao fator camada amostrada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mensuração dos efeitos da calagem superficial sobre os atributos da acidez do solo pode ser feita de duas maneiras. A mais comumente utilizada é a comparação por métodos estatísticos, assumindo-se como efeito da calagem a diferença significativa entre a propriedade observada no tratamento e a condição natural, ou o tratamento-controle, independentemente da relevância agronômica da diferença. Há casos em que alterações de apenas 0,1 unidade de pH ou diminuição de 3-4 % na saturação por Al serem significativas estatisticamente, porém sem nenhuma importância agronômica.

Outra maneira de avaliar a eficiência da calagem é a de assumir que somente será efetiva quando os valores dos atributos químicos do solo forem não só enquadrados em uma faixa preestabelecida, de acordo com a probabilidade de resposta de plantas sensíveis à acidez do solo, mas também alcançarem valores considerados adequados ao crescimento das plantas. Neste sentido, não há necessidade de comparação estatística entre a situação química inicial do solo mas, sim, com formas de realização da calagem.

No presente artigo, são considerados como características da eficiência da correção da acidez pela calagem valores de pH iguais ou superiores a 5,5, saturação por bases igual ou superior a 65 % e saturação por Al inferior a 10 %. Essas características são adotados pela CQFS RS/SC (2004) como critérios de decisão para reaplicação da calagem em solos cultivados sob sistema plantio direto. Também são consideradas três faixas de disponibilidade: baixa, média e boa, para Ca e Mg: ≤ 2,0; 2,1-4,0; > 4,0 para o primeiro e ≤ 0,5; 0,6-1,0; e > 1,0 cmol_c dm⁻³, para o segundo.

Assim, a eficiência da calagem superficial, avaliada pelas alterações estatisticamente significativas em profundidade dos atributos associados à acidez, tem

sido estudada por vários autores, principalmente no sistema plantio direto (Rhenheimer et al., 1998; Pottker & Ben, 1998; Caires et al., 1998; Moreira et al., 2001; Petrere & Anghinoni, 2001; Amaral, 2002; Gatiboni et al., 2003). Considerando esta comparação, os efeitos da calagem superficial ocorreram em profundidades variando de 7 a 25 cm, dependendo do atributo considerado e da dose aplicada (Quadro 1). Estes resultados foram concordantes com a maioria dos trabalhos publicados com solos do Sul do Brasil e evidenciaram ser possível alterar significativamente os atributos da acidez da camada superficial, comparativamente à situação original, quando for aplicada superficialmente a dose completa de calcário recomendada para elevar o pH do solo até 6,0.

No entanto, a incorporação do calcário, precedendo o sistema plantio direto, proporcionou modificações nos atributos químicos relacionados com a acidez do solo em profundidades maiores que a calagem superficial (Quadro 1). Muitas das alterações ocorridas nas profundidades maiores foram insuficientes para manter um ambiente adequado ao crescimento radicular, conforme padrões adotados para recomendação de calagem no Brasil.

Considerando os valores de atributos químicos adequados ao crescimento das plantas, dentro de padrões preestabelecidos, a calagem superficial foi eficiente até à camada de 10 cm apenas na dose mais alta, 17 Mg ha⁻¹, 84 meses após a sua aplicação. Rheinheimer et al. (2000) já tinham constatado valores de pH superiores a 5,2 e saturação por bases maiores do que 60 % na camada entre 5 e 10 cm, aos 48 meses. Nos demais tratamentos, com doses menores de calcário, estes efeitos limitaram-se às camadas entre 5 e 7,5 cm. Gatiboni et al. (2003) relataram resultados similares em solo semelhante, sob sistema plantio direto implantado há, também, 84 meses, sobre área de cultivo convencional. Isto indica que a frente de alcalinização avança lentamente e atinge taxas maiores, quando se

adicionam as doses integrais da necessidade de calcário. Adicionalmente, a dose mais alta aumentou o efeito residual da calagem, o que não ocorreu com as doses menores, tanto a de 50 % da necessidade do solo quanto a de aplicações parceladas e periódicas.

Quando o calcário foi incorporado ao solo por aração e gradagens antes do início da implantação do sistema plantio direto, os efeitos da calagem efetivaram-se a profundidades maiores (Figuras 1, 2, 3 e 4). Na dose mais alta, o pH manteve-se próximo a 5,5, na camada de até 12,5 cm, o que também ocorreu com a saturação por bases, que permaneceu maior que 60 % nesta camada. Já as doses menores tiveram eficiência substancialmente menor, exceto para as doses parceladas 2 + 2 + 2 + 2 Mg ha⁻¹ na camada de 2,5 a 5 cm. Isto assim ocorreu neste tratamento porque apenas a primeira aplicação foi incorporada, sendo as demais duas toneladas aplicadas na superfície bienalmente e produziram efeitos similares aos da aplicação superficial. Os teores de Ca e Mg aumentaram em profundidade: até 15 cm, para o Ca, e 17,5 cm, para o Mg, nas doses mais altas, e, na dose parcelada, o comportamento foi similar ao da calagem superficial.

Comparando este resultado com os obtidos seis meses após a calagem (Rheinheimer et al., 2000), verificou-se que a frente alcalinizante na calagem incorporada originou-se a partir da profundidade de incorporação, que, no presente caso, foi de 10 cm. Porém, ela é comparável à dose de 50 % da calagem superficial (8,5 Mg ha⁻¹), o que deve ocorrer porque a incorporação dilui a dose nos primeiros centímetros, diminuindo a pressão dos fatores que promovem a migração, o que pode ser constatado nos dados das figuras 3 e 4, onde se observa que os efeitos da maior dose incorporada se cruzam com os da dose 50 % da calagem superficial aos 10 cm, aproximadamente. Também, devem ser consideradas as diferenças no ambiente físico na camada não mobilizada, onde há maior quantidade

Quadro 1. Profundidade de um Argissolo Acinzentado distrófico plíntico modificado pela aplicação superficial ou incorporada de calcário, avaliada por diferentes atributos químicos ($p < 0,05$)

Atributo ⁽¹⁾	Superficial (Mg ha ⁻¹)			Incorporada (Mg ha ⁻¹)		
	2 + 2 + 2 + 2	8,5	17	2 + 2 + 2 + 2	8,5	17
cm						
pH em água	7,0	10,0	10,0	12,5	17,5	25,0
Al trocável	15,0	17,5	17,5	15,0	25,0	25,0
Cálcio trocável	17,5	20,0	20,0	20,0	20,0	30,0
Magnésio trocável	17,5	25,0	25,0	15,0	40,0	40,0
Saturação por Al	15,0	22,5	22,5	22,5	35,0	35,0
Saturação por bases	12,5	15,0	17,5	15,0	20,0	25,0

⁽¹⁾Foram consideradas as faixas de interpretação preconizadas pela CQFS-RS/SC (2004).

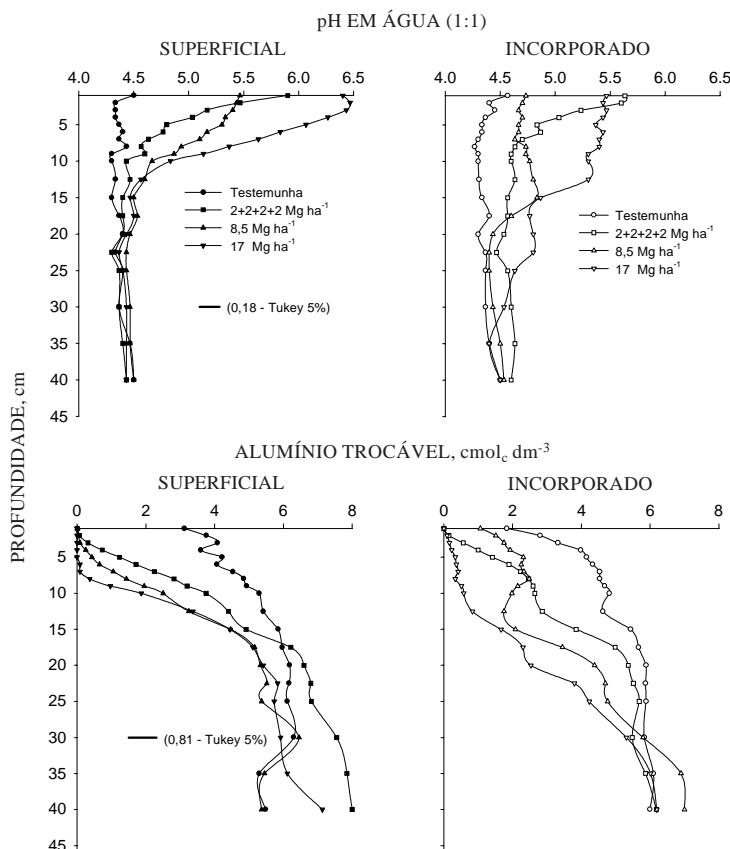


Figura 1. Valores de pH em água e alumínio trocável do solo de diferentes camadas de um Argissolo Acinzentado distrófico plíntico, após sete anos da aplicação de calcário superficial e incorporado, em sistema plantio direto.

de restos de cultura e matéria orgânica, melhor agregação e mais macroporos estabilizados pela atividade biológica, do que na camada de 10 cm, onde a agregação e a porosidade foram alteradas pela incorporação do calcário.

Quando se avaliou a eficiência da calagem pela manutenção de baixas saturações por Al (Figura 3), as doses parceladas tiveram comportamento muito similar, até porque as formas de adição, exceção à primeira, foram iguais. Na dose de 50 % da necessidade ($8,5 \text{ Mg ha}^{-1}$), a calagem superficial manteve a saturação por Al próxima a zero nos primeiros 5 cm e menor do que 10 % até os 7,5 cm. Com a incorporação do corretivo da acidez, a saturação por Al permaneceu abaixo de 20 % até à profundidade de 15 cm, porém nunca menor do que 10 %. Na dose mais alta, houve equivalência entre as formas de aplicação até 7,5 cm, mas, a partir daí, a calagem incorporada manteve a baixa saturação por Al até 15 cm, enquanto a calagem superficial o fez a 10 cm.

Os resultados obtidos neste trabalho confirmam as tendências já relatadas por outros autores que também encontraram alterações nos atributos

químicos com a aplicação superficial de calcário (Pottker & Ben, 1998; Caires et al., 1998; Petrere & Anghinoni, 2001; Amaral, 2002; Gatiboni et al., 2003), permanecendo o postulado de que com o aumento da dose a correção da acidez em profundidade é maior (Rheinheimer et al., 2000; Gatiboni et al., 2003), mas a maior eficiência ainda é da incorporação (Pottker & Ben, 1998; Rheinheimer et al., 2000; Moreira et al., 2001). Assim, migração em profundidade a partir de calagem superficial pode ser controlada quando se aplica a dose completa para elevar o pH do solo a 6,0, que em 84 meses alcançou a camada até 10 cm, enquanto a calagem incorporada partiu de 10 e alcançou somente os 15 cm. Isto pode ser atribuído à manutenção das características físicas e do ambiente original no primeiro caso, enquanto no revolvimento há o rompimento dos agregados e dos dutos naturais onde ocorrem os processos responsáveis pela migração dos agentes de neutralização da acidez.

Embora o objetivo da incorporação do calcário seja neutralizar a acidez do solo na camada de 0–20 cm, verifica-se que, normalmente, seus efeitos

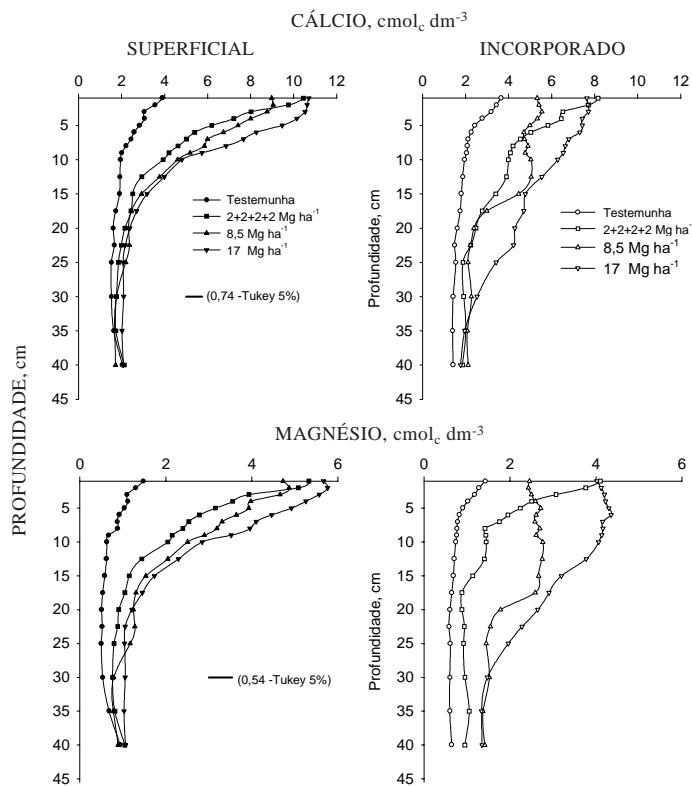


Figura 2. Valores de cálcio e magnésio trocáveis do solo de diferentes camadas de um Argissolo Acinzentado distrófico plintico, após sete anos da aplicação de calcário superficial e incorporado, em sistema plantio direto.

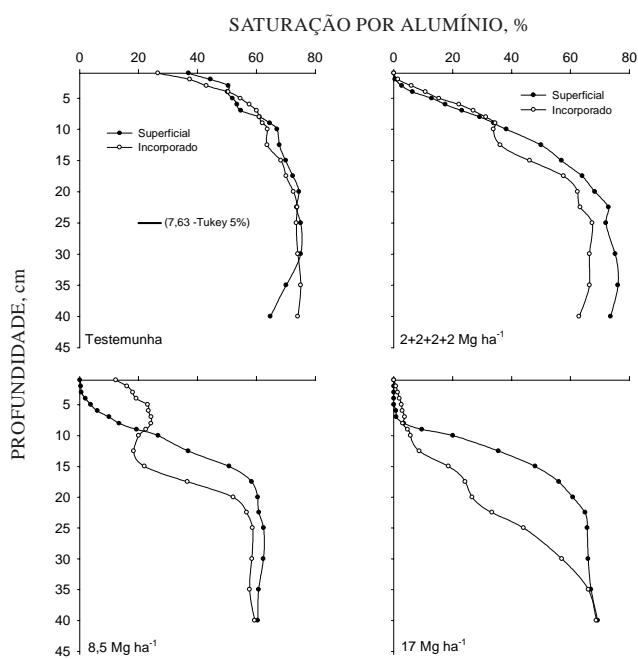


Figura 3. Saturação por alumínio do solo de diferentes camadas de um Argissolo Acinzentado distrófico plintico, após sete anos da aplicação de calcário superficial e incorporado, em sistema plantio direto.

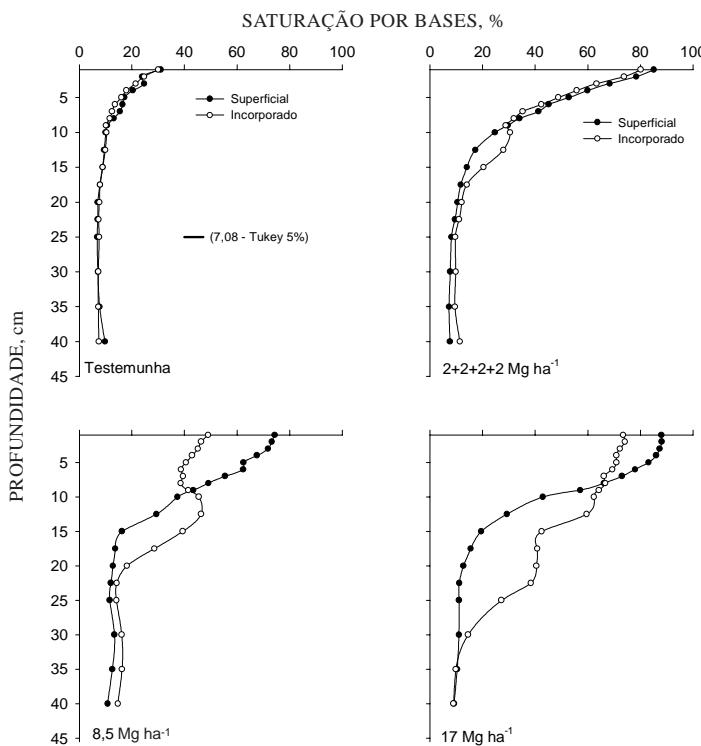


Figura 4. Saturação por bases do solo de diferentes camadas de um Argissolo Acinzentado distrófico plíntico, após sete anos da aplicação de calcário superficial e incorporado, em sistema plantio direto.

dificilmente ultrapassam 10 cm na maioria das condições de lavouras no Sul do Brasil, por dificuldades na incorporação. Assim, como ocorreu no presente trabalho, os efeitos da calagem incorporada, estimados pela alteração de atributos que apresentam significância estatística, foram observados em profundidades sempre maiores que da calagem superficial, da ordem de 10 cm (Figuras 1, 2, 3 e 4).

No entanto, a sua eficiência agronômica, como sugerido no presente trabalho, ainda mostrou-se maior na calagem incorporada, porém as diferenças pouco ultrapassaram 5 cm daquela. Acredita-se que, se a incorporação do calcário realmente alcançasse a profundidade de 20 cm, como preconizada, seria possível que a migração dos agentes de neutralização atingisse poucos centímetros além da incorporação, considerando os limites adequados para crescimento de plantas.

Como a taxa de progressão da frente de neutralização depende da percolação de compostos orgânicos hidrossolúveis (Miyazawa et al., 1993; Oliveira & Pavan, 1996; Franchini et al., 1999, 2000 e 2001), do deslocamento de ânions resultantes da hidrólise do calcário (Amaral & Anghinoni, 2001), da migração de partículas finas de calcário pelos bioporos (Petrere & Anghinoni, 2001; Amaral, 2002), da dose aplicada, do tempo decorrente e das próprias

características físicas e químicas dos solos (Caires et al., 1998; Rheinheimer et al., 2000; Amaral & Anghinoni, 2001; Moreira et al., 2001; Gatiboni et al., 2003), a sua não-mobilização e a manutenção dos canais e bioporos devem permitir a ação de neutralização da acidez em profundidade, quando o calcário não for incorporado, e reprimir o seu avanço com a incorporação, mas ela tem efeito imediato na camada mobilizada. Por esse motivo, quando os solos são muito ácidos e exigem doses de calcário da ordem de 10 t ha⁻¹, recomenda-se incorporar o calcário, mas, se o solo for pouco ácido e as doses necessárias inferiores a 5,5 t ha⁻¹, a calagem deve ser superficial. Para solos com acidez intermediária, devem ser avaliadas as condições paisagístico-ambientais para a tomada de decisão sobre a incorporação.

CONCLUSÕES

1. A eficiência da calagem manteve-se por período superior a sete anos da sua aplicação em sistema plantio direto, independentemente da forma de aplicação, limitada pela dose aplicada e pela profundidade de incorporação.

2. As doses integrais da necessidade de calcário promoveram maior avanço da frente de neutralização

da acidez no solo, proporcionando eficiência por períodos mais prolongados.

3. A incorporação do calcário antes da implantação do sistema plantio direto neutralizou a acidez em profundidades maiores e mostrou-se mais eficiente que a aplicação superficial.

LITERATURA CITADA

- AMARAL, A.S. Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 107p. (Tese de Doutorado)
- AMARAL, A.S. & ANGHINONI, I. Alterações de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*, 36:695-702, 2001.
- AZEVEDO, A.C.; KÄMPF, N. & BOHNEN, H. Alterações na dinâmica evolutiva de Latossolo Bruno pela calagem. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:191-198, 1996.
- CAIRES, F.E.; CHVEIRI, A.W.; MADRUGA, E.F. & FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicado na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:27-34, 1998.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3.ed. Passo Fundo, SBCS - Núcleo Regional Sul/Embrapa/CNPT, 1994. 224p.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, SBCS - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 1999. 412p.
- ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.F.S. & BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. *Sci. Agric.*, 58:825-831, 2001.
- FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:533-542, 1999.
- FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M. & GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:459-467, 2000.
- FRANCHINI, J.C.; MEDA, A.R. & CASSIOLATO, M.E. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico. *Sci. Agric.*, 58:357-360, 2001.
- GATIBONI, L.C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J.P.C.; KAMINSKI, J. & RHEINHEIMER, D.S. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. *Ci. Rural*, 33:282-290, 2003.
- KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; GATIBONI, L.C.; BORTOLUZZI, E.C. & XAVIER, F.M. Resposta de culturas à aplicação de calcário em superfície ou incorporado ao solo a partir da pastagem natural. *Ci. Rural*, 30:605-609, 2000.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:411-416, 1993.
- 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. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:71-81, 2001.
- OLIVEIRA, E.L. & PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no tillage system for soybean production. *Soil Till. Res.*, 38:47-57, 1996.
- PETRERE, C. & ANGHINONI, I. Alterações de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:885-895, 2001.
- POTTKER, D. & BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:675-684, 1998.
- RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; GATIBONI, L.C. & BORTOLUZZI, E.C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:797-805, 2000.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)