

INDICADORES PARA A TOMADA DE DECISÃO DE CALAGEM NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

LIMING INDICATIVES DECISION MAKING IN THE NO-TILLAGE SYSTEM

NOLLA, Antonio¹; SCHLINDWEIN, Jairo A.²; AMARAL, Antonio S. do³; ANGHINONI, Ibanor⁴

RESUMO

As recomendações de calagem no RS e SC foram desenvolvidas para o sistema convencional de cultivo, e estão sendo utilizadas, com alterações, para o sistema plantio direto (SPD). Atualmente, as recomendações utilizadas no RS e SC estabelecem que os critérios de calagem no SPD são baseados no pH 5,5 e/ou V = 65%. Esses critérios são questionados no sistema plantio direto, porque se observa rendimentos adequados após longos períodos sem reaplicação de calcário em solos ácidos, nos quais recomenda-se elevadas dosagens de calcário. Objetivou-se relacionar as condições de acidez do solo com o desenvolvimento de trigo e soja, para avaliar os critérios de calagem no SPD. Utilizou-se de um Latossolo Vermelho distrófico típico (área experimental) sob plantio direto, onde incorporou-se a cinco anos 2, 6 e 24 (1 SMP) t ha⁻¹ de calcário para elevar o pH do solo a 6,0. Coletaram-se (durante o cultivo de trigo) amostras do solo para análise dos atributos químicos e amostras indeformadas de solo, em colunas, onde cultivou-se soja por 16 dias. Os critérios de calagem testados foram adequados para o sistema plantio direto, exceto aqueles baseados no comprimento radicular. O pH é o critério de calagem que apresentou maior coeficiente de determinação, seguido pela saturação por alumínio, alumínio trocável e saturação por bases. O critério de calagem baseado no pH água é idêntico (5,4-5,5) ao atualmente utilizado (pH 5,5) para o sistema plantio direto. No entanto, o critério de calagem baseado na saturação por bases apresentou valor em torno de 70%, superior ao atualmente utilizado para o SPD (65%).

Palavras-chave: Critérios para calagem, saturação por alumínio, saturação por bases, soja, trigo.

INTRODUÇÃO

A maioria dos solos brasileiros apresenta níveis tóxicos de alumínio e baixos teores de cátions básicos, propriedades que prejudicam a produção da maioria das culturas (WIETHÖLTER, 2000; SOUSA & LOBATO, 2004). O calcário é o produto mais utilizado para a neutralização do alumínio tóxico e para o fornecimento de cálcio e magnésio às plantas (BOHNEN, 2000; ALCARDE & RODELLA, 2003).

A calagem depende da tomada de decisão de se aplicar ou não calcário e da definição de doses de calcário, no caso de verificação de sua necessidade. No processo de recomendação de calagem, utiliza-se de indicadores de acidez (pH, saturação por bases, saturação por alumínio e alumínio trocável) para definir a necessidade e a dosagem de aplicação de calcário (NOLLA & ANGHINONI, 2004). Em situações em que há a necessidade de calagem, é estabelecida a dosagem de corretivo objetivando a inativação das fontes de acidez do

solo. Normalmente, a recomendação de calagem se baseia na calibração dos solos característicos de certa região, de modo a estabelecer tabelas indicando a dose ideal de corretivo para atingir a máxima eficiência técnica (produtividade) dos solos estudados (SOUSA et al., 1989; ERNANI et al., 1998; QUAGGIO, 2000; RAIJ et al., 2001; CQFS RS/SC, 2004).

As recomendações de calagem no Rio Grande do Sul e Santa Catarina utilizam o pH do solo e a saturação por bases para indicar a necessidade de calagem (WIETHÖLTER, 2002a, b; CQFS RS/SC, 2004). No sistema convencional, o objetivo da aplicação de calcário é elevar o pH do solo até 6,0, faixa de melhor performance das culturas, para um período efetivo de no mínimo 5 anos, cuja dose é definida pelo índice SMP (CQFS RS/SC, 1995 e 2004). Esse critério tem sido utilizado com alterações para o sistema plantio direto (NOLLA, 2003). Nesse sistema, há acúmulo de resíduos culturais, matéria orgânica e nutrientes na camada superficial do solo. A presença de ácidos fúlvicos provenientes da matéria orgânica e de ligantes orgânicos de baixo peso molecular provenientes dos resíduos culturais complexam parte do alumínio em solução, reduzindo o seu efeito fitotóxico às plantas (SALET et al., 1999; FRANCHINI et al., 1999; MIYAZAWA et al., 2000; NOLLA, 2003). Assim, o pH em que o alumínio passa a ser tóxico é, provavelmente, menor do que no sistema convencional de cultivo. Além disso, a recomendação de calcário para elevar o pH do solo até 6,0, como recomendado para o sistema convencional (CQFS RS/SC, 1995 e 2004), pode estar superestimada pois é, essencialmente, determinada pelo efeito tamponante da matéria orgânica, que se acumula no sistema plantio direto.

Por isso, esse critério foi alterado para utilização no sistema plantio direto, especialmente em solos com pH baixo e alumínio trocável alto, pois freqüentemente se observa produção adequada após longos períodos sem reaplicação de calcário (ANGHINONI & SALET, 2000; NOLLA, 2003). Além disto, nesses casos, o índice SMP indica alta necessidade de calcário, sem a correspondente resposta no rendimento das culturas. Devido a essas condições, as recomendações de calagem atualmente utilizadas no Rio Grande do Sul para o sistema plantio direto (CQFS RS/SC, 2004) estabelecem que a aplicação de calcário deve ser efetuada sempre que o pH do solo for menor que 5,5 e a saturação por bases estiver abaixo de 65%. Esses critérios devem ser testados, pois o pH 5,5 pode não corresponder a 65% da saturação por bases, provavelmente porque a não mobilização do solo promove acúmulo superficial de nutrientes, elevando a saturação do

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr. em Ciência do Solo (UFRGS), Pós-doutorando em solos - GPSi / ICIAG / UFU, Caixa Postal 953, CEP 38400 902, Uberlândia (MG), Bolsista do CNPq. E-mail: nolla73@hotmail.com Executada com auxílio do CNPq - PRONEX.

² Engenheiro Agrônomo, Dr em Ciência do Solo (UFRGS), SLC Agrícola, Luiziana (GO) E-mail: jairoja@zipmail.com.br

³ Engenheiro Agrônomo, Dr em Ciência do Solo (UFRGS), Universidade do Alto Uruguai, Lajes (SC) E-mail: asamaral@uri.com.br

⁴ Professor Adjunto do departamento de solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 776, CEP 91540 000, Porto Alegre (RS), Bolsista do CNPq. E-mail: ibanghi@ufrgs.br

(Recebido para Publicação em 15/07/2005, Aprovado em 06/09/2005)

complexo de troca por bases, de modo a reduzir o valor referencial onde se verifica a necessidade de aplicação de calcário.

Para estudar essas recomendações, faz-se necessário relacionar o desenvolvimento das culturas sob diferentes condições de acidez para verificar se as alterações na decisão de calagem são adequadas, ou se esses critérios estão superestimando a necessidade de calagem para o sistema plantio direto.

O trabalho teve como objetivo relacionar as condições de acidez do solo com o crescimento das plantas de trigo e soja no sistema plantio direto, para avaliar a viabilidade dos diferentes indicadores de tomada de decisão para a recomendação de calagem nesse sistema.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em um Latossolo Vermelho distrófico típico sob plantio direto, localizado em uma área experimental conduzida pela EMBRAPA Trigo em Passo Fundo - RS. A área era de campo nativo até 1988, quando passou a ser cultivada até 1994 com milho ou soja no verão e aveia ou trigo no inverno, no sistema de preparo convencional. Nesse ano foi procedida a instalação do sistema de plantio direto, com a aplicação superficial de 2 (1/12 SMP), 6 (1/4 SMP) e 24 (1 SMP – pH 6,0) t ha⁻¹ de calcário. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com 4 repetições.

Em setembro de 1999, foram coletadas amostras do solo (entrelinhas) da sucessão aveia/soja/trigo/milho, no período de desenvolvimento do trigo (BRS-119), na profundidade de 0-20 cm, para a determinação de atributos químicos. As amostras do solo foram secas ao ar, moídas e tamisadas em peneira com malha de 2 mm de diâmetro. Os atributos químicos analisados (conforme TEDESCO et al., 1995) foram: carbono orgânico total por digestão úmida com posterior titulação, de acordo com o método Walkley & Black; pH-H₂O (relação 1:1) e índice SMP (todos com eletrodo de vidro); cálcio e magnésio trocáveis (KCl 1 mol L⁻¹), por titulação com NaOH 0,0125 mol L⁻¹ e indicador de azul de bromotimol; fósforo e potássio com extrator Mehlich-1, determinados por colorimetria e fotometria de emissão atômica, respectivamente.

Também em setembro de 1999, foram coletadas amostras indeformadas do solo (0-15 cm), utilizando-se tubos de PVC de 11 x 25 cm (diâmetro x altura). As colunas foram colocadas em um cercado telado e descoberto, arranjadas em delineamento inteiramente casualizado, nas quais semeou-se 9 sementes de soja variedade BR-16 por coluna, a qual é considerada sensível ao alumínio segundo MENOSSO et al. (2000). Após a emergência efetuou-se o desbaste, mantendo-se 4 plântulas por coluna. A colheita foi realizada aos 16 dias da semeadura.

As plântulas de soja foram então cuidadosamente retiradas das colunas, determinando-se a matéria seca de raízes e da parte aérea após secagem em estufa de circulação forçada a 65°C, por 72 horas. O comprimento do sistema radicular foi determinado pelo método descrito por TENNANT (1975). Paralelamente, obteve-se a produção de grãos de trigo das parcelas cultivadas a campo (dados fornecidos pela EMBRAPA Trigo – Passo Fundo – RS).

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa SANEST e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Estabeleceram-se relações entre os atributos de acidez do solo e os parâmetros de planta (comprimento radicular, matéria seca da parte aérea e do sistema radicular da soja e rendimento de grãos de trigo das parcelas de campo), para avaliar os indicadores de acidez, e respectivos valores de referência (critérios) para a tomada de decisão de calagem no sistema plantio direto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após cinco anos da aplicação do calcário e dos cultivos sucessivos com culturas anuais em plantio direto, o solo ainda apresentava amplitude de acidez, com o pH em água variando de 4,2 a 6,6, o Al trocável de 0,03 a 3,70 cmol_c dm⁻³ e a saturação com bases de 30,20 a 87,60% (Tabela 1), demonstrando condições de acidez adequadas para a avaliação dos critérios para a tomada de decisão para a calagem nesse sistema de manejo de solo. Esse gradiente de acidez determinou correspondente variação na produção de grãos de trigo e no crescimento da soja nas colunas (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores médios dos atributos químicos do solo (0-20 cm), rendimento de trigo e crescimento de soja no sistema plantio direto após cinco anos de aplicação do calcário.

| Parâmetro | Doses de calcário (t ha ⁻¹) | | |
|--|---|--------|--------|
| | 2 | 6 | 24 |
| pH – H ₂ O | 4,2C | 4,9B | 6,6A |
| Carbono orgânico (g kg ⁻¹) | 14,10A | 15,30A | 14,50A |
| Al trocável (cmol _c dm ⁻³) | 3,70 A | 1,80B | 0,03C |
| Cálcio trocável (cmol _c dm ⁻³) | 0,60 C | 2,10B | 6,00A |
| Magnésio trocável (cmol _c dm ⁻³) | 0,40 C | 1,50B | 4,30A |
| Potássio disponível (mg dm ⁻³) | 92,50A | 73,80B | 78,20B |
| Fósforo disponível (mg dm ⁻³) | 9,80A | 9,30A | 8,80A |
| Saturação por alumínio (%) | 75,40A | 31,80B | 0,30C |
| Saturação por bases (%) | 30,20C | 62,30B | 87,60A |
| Rendimento de trigo (kg há ⁻¹) | 1229C | 3532B | 4180A |
| Comprimento do sistema radicular de soja (m planta ⁻¹) | 3,47 A | 4,00A | 5,36A |
| Matéria seca da parte aérea de soja (g planta ⁻¹) | 0,36 B | 0,40AB | 0,46A |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05)

Ocorreu um aumento na matéria seca da parte aérea e no comprimento do sistema radicular da soja com o decréscimo da acidez (Tabela 1). Isto ocorreu devido à

redução dos efeitos tóxicos do alumínio na inibição da expansão e conseqüente redução no engrossamento das raízes, como observado por TAYLOR (1988). A produtividade

do trigo nas parcelas de campo também aumentou à medida que aumentou a dose de calcário aplicada no solo, em função do efeito residual proporcional à dose do corretivo aplicado, mesmo após os cinco anos de cultivo.

Os indicadores de decisão de calagem para o sistema plantio direto basearam-se no máximo rendimento econômico das culturas, ou seja, para 90% do crescimento máximo das plantas. Assim, relacionou-se os atributos de acidez do solo com os parâmetros da soja nas colunas e, também, com a produtividade de trigo no campo, para verificar a adequação dos indicadores de calagem em uso nesse sistema, e se

existem indicadores que podem ser mais eficientes na decisão de correção da acidez do solo para a plantio direto (Figuras 1 e 2).

De maneira geral, as relações entre os atributos de acidez do solo com o rendimento de grãos do trigo (Figuras 1a,d; 2a,d) e a matéria seca da parte aérea da soja (Figuras 1c,f; 2c,f) apresentaram um bom ajuste. As equações de regressão que relacionam o pH em água do solo com a matéria seca da parte aérea da soja mostram linhas de tendência semelhantes à produtividade.

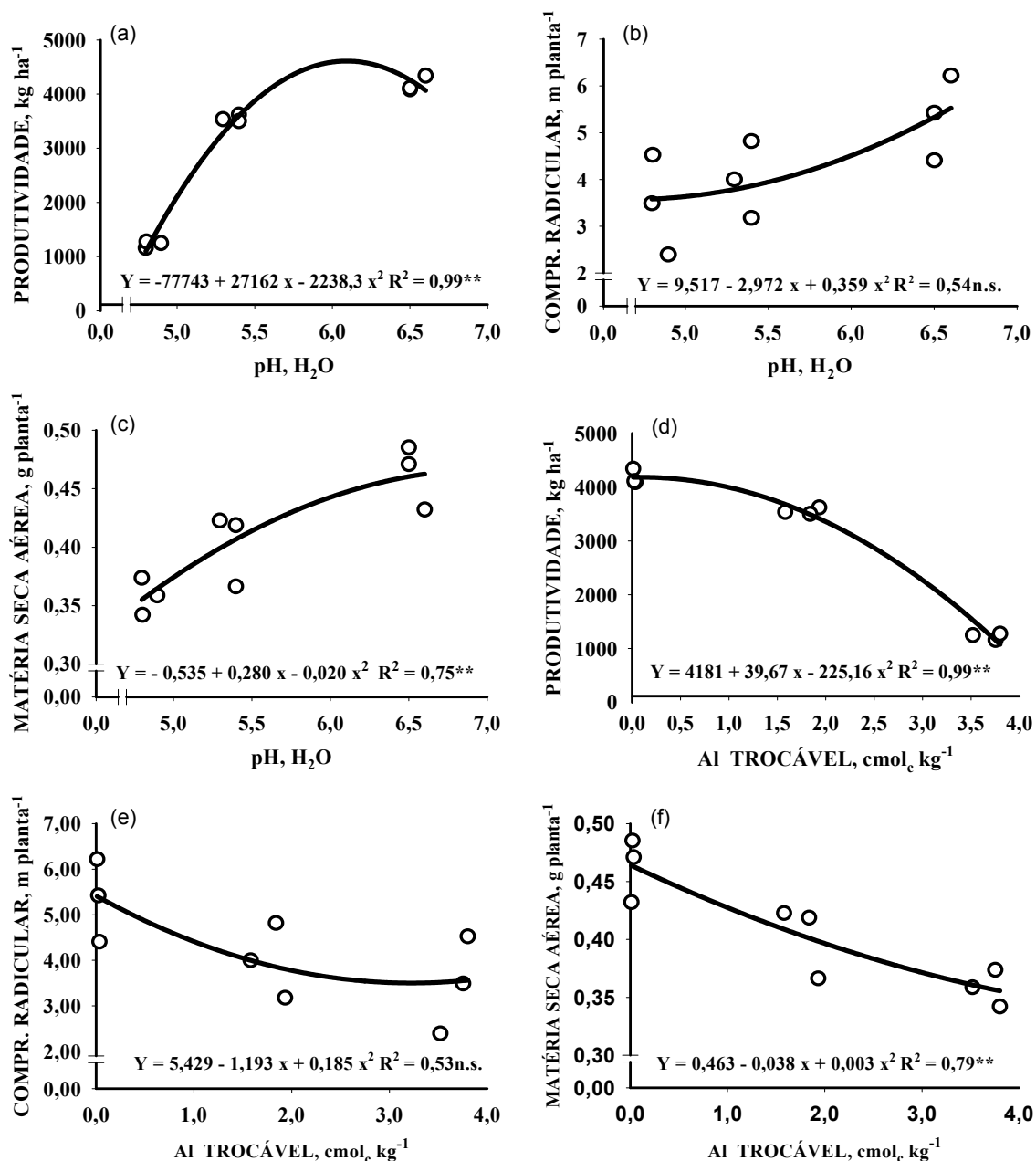


Figura 1 - Relação entre a produtividade de trigo (dados de campo), comprimento radicular e matéria seca da parte aérea de soja com o pH H₂O (a, b, c) e alumínio (d, e, f), de um Latossolo Vermelho distrófico típico cultivado por cinco anos em plantio direto, após a aplicação superficial de calcário.

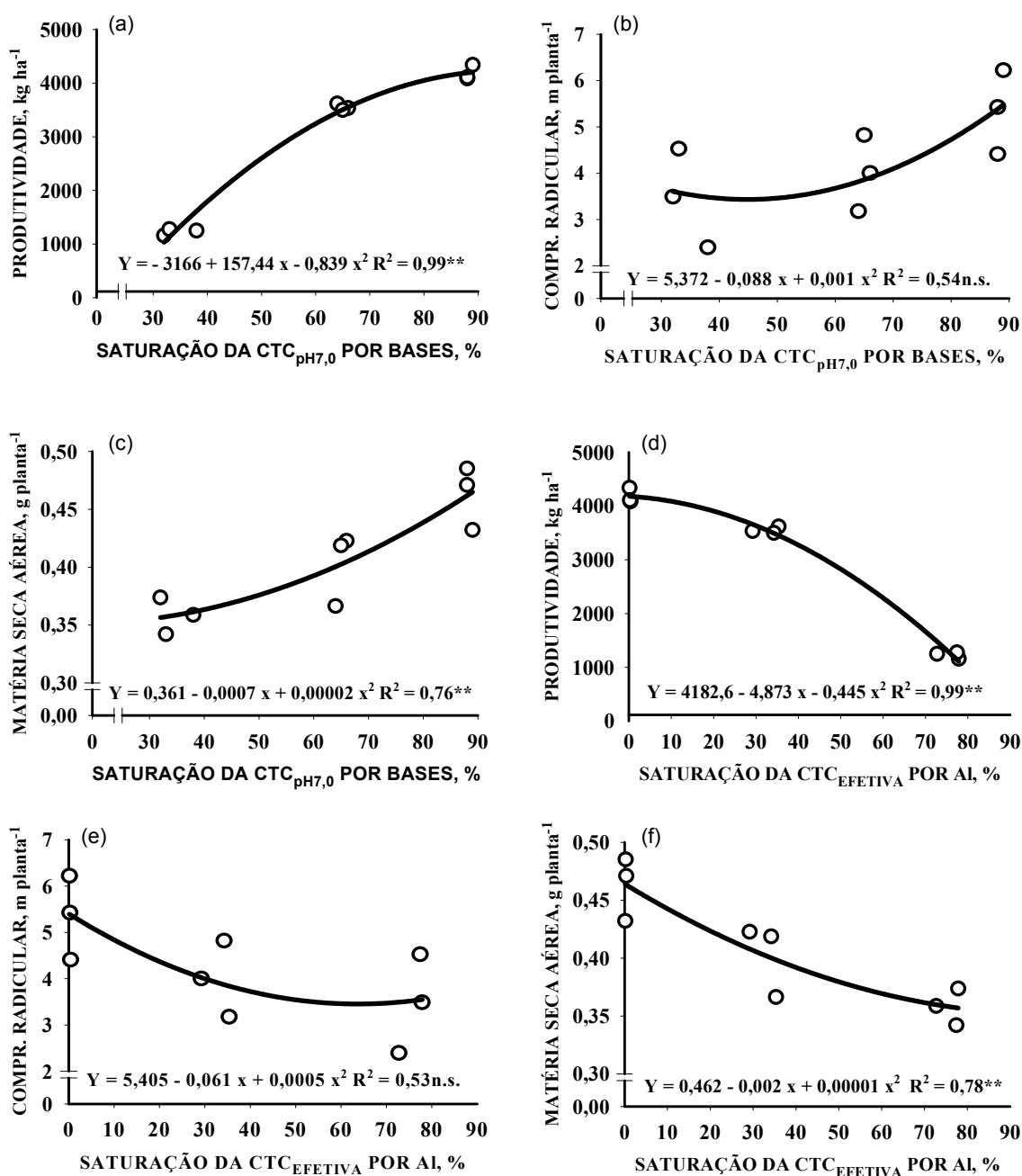


Figura 2 - Relação entre a produtividade de trigo (dados de campo), comprimento radicular e matéria seca da parte aérea de soja com a saturação por bases (a, b, c) e a saturação por alumínio (d, e, f), de um Latossolo Vermelho distrófico típico cultivado por cinco anos em plantio direto, após a aplicação superficial de calcário.

Esperava-se que as relações entre o comprimento do sistema radicular e os atributos de acidez (pH e Al - Figura 1b,e; saturação por alumínio e por bases - Figura 2b,e) também apresentassem significância e alto coeficiente de determinação e formato das curvas semelhante àquelas que relacionam a produtividade do trigo (Figura 1a,d; 2a,d). No entanto, em função da grande variabilidade entre os resultados das parcelas, o formato das curvas se diferenciou do referencial (rendimento de grãos - Figuras 1a,d; 2a,d), e o coeficiente de determinação foi baixo ($R^2 < 0,54$ - Figuras 1b,e; 2b,e), apresentando portanto pouca consistência por se tratar

de um quociente (razão) de valores e, por isto, de pouca viabilidade como indicador de calagem. Utilizando-se as relações e equações obtidas entre os parâmetros de planta e atributos de acidez do solo, testaram-se os indicadores de calagem. Em função da variabilidade e falta de significância das relações envolvendo o comprimento radicular (Figuras 1b,e; 2b,e), não foram definidos critérios de calagem para esse indicador. Considerando-se o valor de 90% do rendimento máximo como próximo do máximo retorno econômico por área (máxima eficiência econômica - MEE), o respectivo valor de rendimento de grãos de trigo (3786 kg ha^{-1})

seria atingido com pH em água, de 5,4 e o Al trocável de 1,46 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ na camada de 0-15 cm, que corresponde a 25,8 % de saturação com alumínio e 70,5 % de saturação de bases (Tabela 2). Aplicando-se o mesmo procedimento para a

avaliação do crescimento da parte aérea de soja nas colunas indeformadas de solo, 90% do crescimento máximo seria atingido com valores similares de acidez aos obtidos com o trigo (Tabela 2).

Tabela 2 - Critérios de calagem no sistema plantio direto para 90% do rendimento máximo de grãos de trigo e da matéria seca da parte aérea da soja em Latossolo Vermelho Distrófico típico

| Indicadores de acidez | Trigo | Soja |
|--|--|---|
| | Produção de grãos (t ha^{-1}) | MS parte aérea (g planta^{-1}) |
| pH em água | 5,4 | 5,5 |
| Alumínio trocável ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) | 1,46 | 1,31 |
| Saturação por alumínio (%) | 25,8 | 22,9 |
| Saturação por bases (%) | 70,5 | 80,7 |

O que chama a atenção, nessa avaliação, é o elevado valor de saturação por bases obtido para 90% do rendimento do trigo (70,5%) e da matéria seca da soja (80,7%), o que é contraditório ao apresentado em outros estudos (SOUSA et al., 1989; RAIJ & QUAGGIO, 1997; SOUSA & LOBATO, 2000; NOLLA, 2003). Mesmo assim, os resultados mostram, de forma clara, que não há necessidade de elevação do pH do solo até 6,0 para o crescimento adequado dessas culturas no sistema plantio direto, sendo suficiente a manutenção do pH do solo em 5,5, concordando com as recomendação em uso para o sistema plantio direto no RS (WIETHÖTER, 2000 e 2002a, b; CQFS RS/SC, 2004). Isto ocorre porque o alumínio trocável apresenta, mesmo em concentrações altas na solução do solo (3,70 e 1,80 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) nos tratamentos com pH 4,2 e 4,9, respectivamente (Tabela 1), uma menor atividade química nesse sistema de manejo do solo, provavelmente devido a formação dos complexos Al-ligantes orgânicos, diminuindo seu percentual de espécies tóxicas (Al^{+3} e AlOH^{2+}) para as culturas (MIYAZAWA, 1993; SALET et al., 1999; FRANCHINI et al., 1999; MIYAZAWA et al., 2000). Assim, ocorre redução da interferência do alumínio no processo de absorção de nutrientes pelas raízes das plantas e no funcionamento dos carregadores (SALISBURY & ROSS, 1991; KAMINSKI & RHEINHEIMER, 2000), proporcionando uma disponibilidade adequada de nutrientes para as plantas, mesmo em condições de maior acidez.

Assim, a indicação de calagem para elevar o pH do solo até 5,5 pelo método SMP, conforme a calibração existente (CQFS RS/SC, 2004), irá determinar recomendações menores (7,7 e 4,2 t ha^{-1}) para as situações de pH baixo (4,2 e 4,9 – Tabela 1) do que as indicadas para a elevação do pH até 6,0 (10,7 e 6,8 t ha^{-1} , respectivamente), com conseqüente redução dos custos de implantação das lavouras, porém sem diminuir os rendimentos das culturas.

CONCLUSÕES

Dos critérios de calagem testados para a tomada de decisão de calagem no plantio direto consolidado, somente aqueles baseados no comprimento radicular não se mostraram adequados. O pH em água foi considerado o mais adequado, seguido pela saturação por alumínio, alumínio trocável e saturação por bases.

O critério de calagem baseado no pH em água é idêntico (5,4-5,5) ao atualmente utilizado (pH 5,5) pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina para o sistema plantio direto.

O critério de calagem baseado na saturação por bases apresenta valor em torno de 70%, superior ao atualmente utilizado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo do

Rio Grande do Sul e Santa Catarina, para o sistema plantio direto (65%).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos pesquisadores da EMBRAPA – Trigo, em especial ao Dr. Sírio Wiethölter e Dr. Delmar Pöttker (In Memoriam) pela disponibilização do experimento, pelo auxílio nas coletas das amostras de solo e pela permissão de utilização no uso de dados e das informações gerais do experimento utilizado.

ABSTRACT

Liming recommendation in Rio Grande do Sul (RS) and Santa Catarina (SC) states were developed for the conventional cultivation system, and are being used, with alterations, for the no-tillage system (NTS). Nowadays, recommendations used in RS and SC establish that liming criteria in NTS are based on pH 5.5 and/or V = 65%. These criteria are being questioned in the no tillage system, because adequate yields are observed after long periods with no lime application in acid soils, for which high liming doses would be recommended. Soil acidity conditions were related to wheat and soybean performance to evaluate the liming indices for NTS. A typical Rhodic Hapludox (experimental area) under no-tillage was used, where five year earlier 2, 6 and 24 t ha^{-1} lime (liming requirement) were incorporated to increase soil pH to 6.0. Soil samples were collected (during wheat cultivation) for analysis of the chemical attributes and undeformed samples were placed in columns, where soybean was cultivated for 16 days. It can be concluded that liming criteria evaluated are adequate for the no-tillage system, except those based in root length. The pH is the liming criterion that presented greater determination coefficient, followed by aluminum saturation, exchangeable aluminum and base saturation. Liming criterion based on root length are more acid and less reliable than the others. Liming criterion based on water pH is identical (5.4-5.5) to that currently used (pH 5.5) for the no-tillage system. However, liming criterion based on base saturation presented a value around 70%, higher than that now in use for NTS (65%).

Key words: liming criteria, aluminum saturation, base saturation, soybean, wheat.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, J.A.; RODELLA, A.A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G. et al. (Ed.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de ciência do solo, 2003. p. 291-334.

- ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Reaplicação de calcário no sistema plantio direto consolidado. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no sistema plantio direto**. Pelotas: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2000. p.41-59. (Boletim Técnico, 4)
- BOHNEN, H. Acidez do solo: Origem e correção. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2000. p.9-19. (Boletim Técnico, 4)
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO (CFS) RS/SC **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3 ed. Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 1995. 225 p.
- ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L.; OLIVEIRA, L.C. Increase of grain and green matter of corn by liming. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n.2, p. 275-280, 1998.
- FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n. 4, p.533-542, 1999.
- KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. dos S. A acidez do solo e a nutrição de plantas. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2000. p.21-39. (Boletim Técnico, 4)
- MENOSSO, O. G. COSTA, J.A.; ANGHINONI, I.; BOHNEN, H. Tolerância de genótipos de soja em solução nutritiva diluída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.11, p.2157-2166, 2000.
- MIYAZAWA, M. Efeito do material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n.3, p.411-416, 1993.
- MIYAZAWA, M.; PAVAM, M.A.; FRANCHINI, J.C. Resíduos vegetais: influência na química de solos ácidos. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO PLANTIO DIRETO, 2000, Ponta Grossa, **Anais...** Ponta Grossa: AEACG, 2000. p. 82-94.
- NOLLA, A. **Critérios para a calagem no sistema plantio direto**. 2003. 169f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v.6, n.1, p.97-111, 2004.
- QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2000. 111p.
- RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J.A. Methods used for diagnosis and correction of soil acidity in Brazil: an overview. In: MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M.C.; SCHAFFERT, R.E.; FAGERIA, N.K.; ROSOLEM, C.A.L CANTARELLA, H. **Plant-soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production**. Campinas: Brazilian Soil Science Society, 1997. p. 205-214.
- RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; ABREU, C.A. Os métodos de análise química no sistema IAC de análise de solo no contexto nacional. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. p. 5-39.
- SALET, R. L.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R.A. Atividade do alumínio na solução de solo do sistema plantio direto. **Revista Científica Unicruz**, Cruz Alta, v.1, n.1 p. 9-13, 1999.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4.ed. California: Wadsworth Publishing, 1991. 682 p.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiência no cerrado. In: FERTBIO 2000, 2., 2000, Santa Maria, **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2000. 1CD-ROM.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E.; CASTRO, L.H.R. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.2, p. 193-198, 1989.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.
- TAYLOR, G.J. The physiology of aluminum phytotoxicity. In: SIEGAL, H.; SIEGAL, A. (Eds.) **Metals Ions in Biological Systems**. New York: Marcel Dekker, 1988. p.123-163.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5)
- TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Apply Ecology**, Oxford, v. 63, p. 995-1001, 1975.
- WIETHÖLTER, S. **Calagem no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2000. 104p.
- WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5. 2002, Guarapuava, **Resumos...** Guarapuava: Cooperativa Agrária, 2002a. p. 14-53.
- WIETHÖLTER, S. Revisão das recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. IN: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4. 2002, Porto Alegre, **Resumos...** Porto Alegre: UFRGS 2002b. CD-ROM.