

MODIFICAÇÕES EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO ARENOSO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO⁽¹⁾

D. S. RHEINHEIMER⁽²⁾, J. KAMINSKI⁽²⁾,
G. C. LUPATINI⁽³⁾ & E. J. S. SANTOS⁽⁴⁾

RESUMO

O manejo do solo sem as operações de lavração e gradagem não incorpora os resíduos culturais, fertilizantes e corretivos, alterando a distribuição e disponibilidade dos nutrientes. Este trabalho teve por objetivo avaliar as modificações químicas decorrentes da adoção do sistema plantio direto (SPD) comparativamente ao cultivo convencional (SCC) e ao campo nativo (CN). Em 1995, coletaram-se amostras de um Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/argilosa, em quatro profundidades (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm), num experimento instalado, em 1989, na Universidade Federal de Santa Maria (RS). Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Determinaram-se o ponto de efeito salino nulo (PESN), as cargas permanentes, as substâncias húmicas, o pH em água, Al e Ca + Mg trocáveis, H + Al, N total e mineral, K da solução do solo, trocável e não-trocável, e P disponível, total e orgânico. Calcularam-se a CTC efetiva e a pH 7,0, a saturação por Al e por bases e a percentagem de P orgânico. Não houve variação no PESN em decorrência dos diferentes sistemas de manejo do solo. A adoção do SPD aumentou o teor de carbono orgânico, de ácidos fúlvicos e húmicos, CTC, disponibilidade de P e K e acidez potencial, especialmente na camada de 0-5 cm, comparativamente ao SCC.

Termos de indexação: manejo do solo, nutrientes no solo, colóides.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em junho de 1997 e aprovado em julho de 1998.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Caixa Postal 221, CEP 97119-900 Santa Maria (RS). E-mail: Danilo@creta.ccr.ufsm.br. Bolsista do CNPq.

⁽³⁾ Engenheiro-Agrônomo, aluno do curso de Pós-Graduação em Zootecnia, UFSM.

⁽⁴⁾ Engenheiro-Agrônomo, aluno do curso de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM.

SUMMARY: *CHANGES IN CHEMICAL ATTRIBUTES OF SANDY SOIL UNDER NO-TILLAGE*

No-tillage soil management does not permit incorporation of crop residues and requires surface application of fertilizers and corrective agents, thereby affecting nutrient availability and distribution. This study was carried out to evaluate the chemical changes in no-tillage system compared to conventional tillage and native grass field. Samples from a sandy/clay Red-Yellow Podzolic (Typic Hapludalf), taken at 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm depth, were used to determine zero point of salt effect (ZPSE), humic substances, permanent charge, soil pH, exchangeable Al, Ca + Mg and H + Al, total and mineral N, available, total and organic P and available, exchangeable and soil solution K. Effective CTC and pH 7.0, aluminum and base saturations and the percentage of organic P were determined. The soil management did not affect the ZPSE. The no-tillage system increased the fulvic and humic acids, nutrient availability, negative charges, and soil acidity.

Index terms: soil management, soil nutrients, soil colloids.

INTRODUÇÃO

A adoção do plantio direto como sistema de uso e manejo de solos implica na manutenção dos restos vegetais na sua superfície, o que lhe proporciona cobertura suficiente para dissipação da energia cinética das gotas de chuva e barreiras para o escoamento superficial das águas, diminuindo a degradação das terras pela erosão. Já num sistema convencional de uso dos solos, com aração e gradagem antecedendo cada cultivo, há maior suscetibilidade ao escoamento superficial das águas, com arraste de partículas, provocando a degradação das terras, que será tão intensa quanto for a erosão.

Os restos vegetais que permanecem no solo após a colheita têm menor taxa de mineralização no sistema plantio direto (SPD), a qual, associada a maiores adições de carbono e nitrogênio, eleva seus teores no solo (Bayer et al., 1995), comparativamente ao sistema convencional (SCC). Com isso, aumenta a atividade biológica, resultando no incremento de substâncias húmicas, especialmente ácidos húmicos e fúlvicos (Ceretta, 1995), e pode-se refletir sobre algumas propriedades físico-químicas, como a capacidade de troca de cátions e as formas de fósforo. Todavia, nos primeiros anos após a adoção do sistema plantio direto sobre cultivo convencional anterior, pode ocorrer diminuição na disponibilidade de nitrogênio, aumentando a necessidade de adubação para as culturas. Mas, a partir de 4 a 5 anos, quando o sistema se estabiliza, há aportes de nitrogênio orgânico de até 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹, como observado por Bayer et al. (1995), e então, as respostas à adubação nitrogenada são menores nesse sistema do que no convencional. Por outro lado, a adição de fertilizantes nitrogenados amoniacais, associada à mineralização dos resíduos orgânicos na superfície do solo, provoca uma frente de acidificação com abaixamento do pH a partir da camada superficial, porém sem alterar a saturação por bases nem aumentar a toxidez de alumínio, possivelmente por

causa da diminuição de sua atividade, pela maior presença de compostos orgânicos (Salet, 1994).

No sistema plantio direto, por causa da localização dos fertilizantes adicionados e das menores perdas por erosão, há maior acumulação de nutrientes na superfície, especialmente de P, que pode apresentar teores até 10 vezes superiores em relação às camadas subsuperficiais (Muzilli, 1983; Eltz et al., 1989). Também são alteradas as formas de fósforo existentes no solo, pois observações feitas no estado do Rio Grande do Sul mostraram que a percentagem de fósforo orgânico, que perfaz de 45 a 68% do total (Machado et al., 1993), diminui no sistema plantio direto, por causa da localização das adubações fostafadas, especialmente na camada superficial do solo (Vione et al., 1996).

Os solos tropicais e subtropicais apresentam predominância com colóides de carga variável e potencial constante. As propriedades eletroquímicas, como o ponto de carga zero (pcz), dependem do tipo de colóide e são influenciadas por diversos fatores, especialmente pelas modificações nos teores de carbono e no pH do solo. Argilominerais do tipo 2:1 com hidroxialumínio entrecamadas estão presentes na maioria dos solos Podzólicos do Brasil. Estes solos apresentam cargas permanentes de, aproximadamente, 25 mmol dm⁻³ e pcz 3,5 (Pérez et al., 1993; Alleoni & Camargo, 1994). As substâncias húmicas não apresentam pcz detectável, e suas reações com a fração mineral de solos com carga variável, desde a ligação de células microbianas até àquelas promovidas pelas huminas que podem permanecer no solo por mais de um milênio, diminuem o pcz e aumentam as cargas negativas do solo (Oades et al., 1989; Siqueira et al., 1990; Stevenson, 1994).

Este trabalho teve por objetivo avaliar as modificações no PESN, nas frações de substâncias húmicas, nas cargas negativas, na acidez e na disponibilidade de nutrientes do solo submetido ao SPD, comparativamente ao SCC e ao campo nativo (CN).

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em março de 1995, com amostras de um Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/argilosa no campo experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, cultivado com milho (*Zea mays* L.) e soja (*Glycine max* Merrill) em cultivo convencional até 1988. Esse, instalado sobre campo nativo, caracterizava-se pelo uso de aração e gradagem, antecedendo os cultivos de verão, e de uma gradagem, antecedendo o plantio das culturas de cobertura de solo no inverno. A sementeira era feita em nível, com a presença de terraços de base larga. As espessuras dos horizontes A e E são de, aproximadamente, 90 e 30 cm, respectivamente (Albuquerque et al., 1996). A análise do solo da camada de 0-20 cm acusou 140, 250, 400 e 210 g kg⁻¹ de argila, silte, areia fina e areia grossa, respectivamente; 11 g kg⁻¹ de matéria orgânica; pH em água 4,8; 29 e 17 mmol kg⁻¹ de Ca + Mg e Al trocáveis, 3,2 e 35 mg kg⁻¹ de P e K disponível, respectivamente. Em novembro de 1988, foi feita calagem para elevar o pH do solo a 6,0 (3,1 t ha⁻¹), utilizando-se calcário dolomítico com 60% de PRNT. A partir daquele momento, instalou-se uma lavoura demonstrativa com o SCC e SPD, em parcelas de 15 x 12 m. As quatro repetições dos sistemas de cultivos foram distribuídas ao longo do declive (7%) no espaço entre terraços. Foram adicionados N, P e K em todos os cultivos baseados em análises do solo e nas doses estabelecidas pela Comissão de Fertilidade do Solo (Comissão..., 1995). Cultivaram-se aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb) + ervilhaca (*Vicia sativa* L.), como cobertura de solo no inverno, e milho e soja, no verão.

As amostras de solo foram coletadas após a colheita do milho da safra 94/95, nas parcelas dos dois sistemas de cultivo. Ao mesmo tempo, coletaram-se amostras de solo do campo nativo, remanescente das áreas cultivadas, contígua e na mesma posição topográfica. Essas amostras foram coletadas em trincheiras de 60 x 10 x 40 cm, no centro da parcela, retirando-se o solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. O solo foi seco em estufa a 55°C, destorroado e peneirado em malha de 1 mm. O arranjo experimental foi, portanto, um fatorial 3 x 4, com três sistemas de cultivo e quatro profundidades de amostragem, com quatro repetições.

Nas amostras de solo, foram determinados pH em água, Al e Ca + Mg trocáveis, H + Al, nitrogênio total e mineral (Tedesco et al., 1995); potássio na solução do solo extraída por centrifugação, trocável pelo extrator Mehlich-1 e com acetato de amônio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0, extraído com HNO₃ 1 mol L⁻¹ fervente (Braga, 1980) e não-trocável, calculado pela diferença entre o extraído por HNO₃ e por acetato de amônio; fósforo disponível, extraído pelo extrator Mehlich-1, fósforo total e orgânico por ignição (Olsen & Sommers, 1982). Calcularam-se a saturação por

Al e por bases, a capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva e a CTC a pH 7,0. O ponto de efeito salino nulo (PESN) foi determinado, usando-se curvas de titulação potenciométrica em duplicata, conforme o método de Uehara & Gillman (1981), e a quantidade de cargas negativas permanentes (σ), projetando-se o valor do PESN sobre o eixo das coordenadas (íons adsorvidos) (Pérez et al., 1993). O fracionamento da matéria orgânica e a determinação dos teores de carbono em ácidos fúlvicos, húmicos e huminas foram feitos conforme o método descrito por Kononova (1966).

Foram utilizados a análise de variância, em esquema bifatorial (sistemas e profundidades) com quatro repetições, e o delineamento em blocos ao acaso, com parcela subdividida, a 5% de significância. As médias de C total e em substâncias húmicas, N total e mineral, P total e porcentagem de P orgânico, K da solução e extraído por HNO₃, H + Al e CTC a pH 7,0 foram comparadas pelo teste de Duncan a 5%. Os teores de P e K disponíveis, de Ca + Mg e Al trocáveis e os valores de pH foram discutidos, levando-se em consideração os níveis estabelecidos pela Comissão de Fertilidade do Solo do RS/SC (Comissão..., 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados discutidos em função do sistema plantio direto, cultivo convencional e campo nativo referem-se aos obtidos com as características inerentes do solo, como cargas permanentes, PESN e carbono orgânico. Os demais resultados são discutidos somente entre o cultivo convencional e o sistema plantio direto, por se tratarem de propriedades que podem ser alteradas pela adição dos insumos que não foram aplicados no campo nativo.

As cargas negativas permanentes (σ) da camada de 0-5 cm foram de 10,7, 15,0 e 14,8 mmol dm⁻³, para o CN, SPD e SCC, respectivamente. Essa considerável quantidade de cargas ocorrente em Podzólico indica, possivelmente, a presença de argilas 2:1 com hidroxialumínio entrecamadas (Pérez et al., 1993). Nas demais camadas, os valores de σ foram semelhantes para os três manejos do solo, sendo de, aproximadamente, 3,9 mmol dm⁻³ (Figura 1). As diferenças determinadas nas cargas permanentes da superfície do solo entre as áreas cultivadas e o campo nativo, provavelmente, devem-se à adição de calcário, como observado por Siqueira et al. (1990).

Os valores do PESN determinados neste trabalho permaneceram na mesma faixa dos mencionados por Pérez et al. (1993), para diferentes Podzólicos, e por Alleoni & Camargo (1994), para a Terra Roxa Estruturada. O PESN, porém, não se alterou com o manejo do solo (Figura 1), provavelmente pela pequena variação observada nos teores de huminas

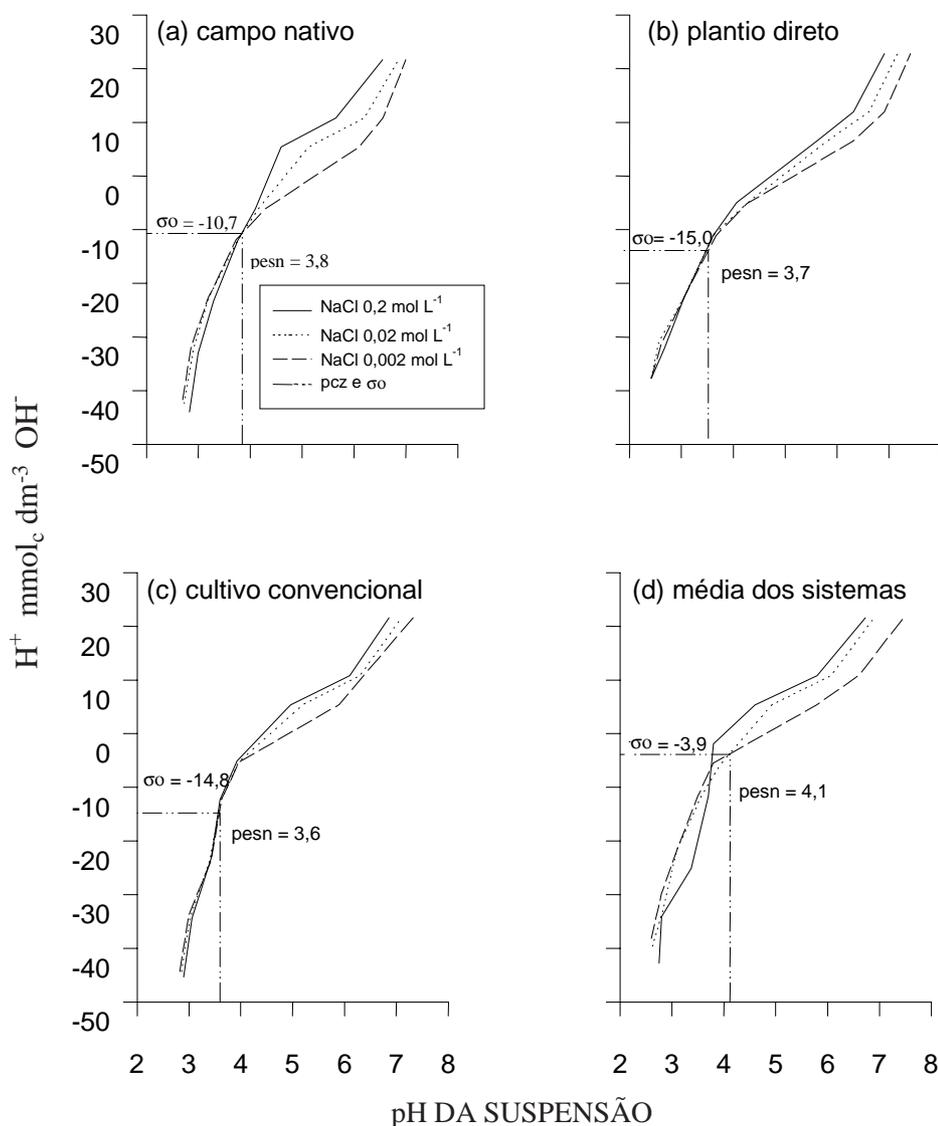


Figura 1. Ponto de efeito salino nulo (pesn) e cargas negativas permanentes (σ_o) do Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/argilosa para (a) campo nativo, (b) sistema plantio direto e (c) cultivo convencional na camada de 0-5 cm e (d) média dos três sistemas e das camadas de 5-10, 10-20 e 20-40 cm.

(Quadro 1), pois tal fração está fortemente ligada aos constituintes minerais, o que neutraliza as cargas positivas e reduz o PESN do solo (Oades et al., 1989). Siqueira et al. (1990) constataram que o PESN diminuiu 0,2 a 1,3 unidade por unidade porcentual de aumento de carbono no solo, e como o teor desse no SPD aumentou apenas 0,186% na camada superficial, ele não constituiu fator importante no abaixamento do PESN. No entanto, o PESN das camadas mais profundas foi maior do que na camada superficial (Figura 1), o que está de acordo com os menores teores de carbono orgânico.

O teor total de carbono orgânico no SPD foi maior do que no SCC na camada de 0-5 cm, após seis anos de cultivo, com valores de 8,95 e 7,17 g kg⁻¹, para o

SPD e SCC, respectivamente. No entanto, em camadas mais profundas, foi menor no SPD do que no SCC (Quadro 1), por causa da não-incorporação dos restos vegetais no SPD. Segundo Stevenson (1994), a maior parte do carbono orgânico concentra-se nas huminas, ácidos fúlvicos e húmicos. Observou-se, também, que o SPD apresentou teores mais elevados de ácidos húmicos (0-5 e 5-10 cm) e fúlvicos (0-5 cm) e menores teores de huminas e ácidos fúlvicos (10-20 e 20-40 cm) comparativamente ao SCC (Quadro 1). Este fato pode ser devido à manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo no SPD, que, durante a decomposição e ressíntese, produzem esses compostos que migram no perfil do solo. Tais resultados concordam com os

Quadro 1. Carbono total e em ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas, nitrogênio total e mineral num Pozólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/argilosa sob campo nativo, sistema plantio direto e cultivo convencional em diferentes profundidades de amostragem

Manejo/uso ⁽¹⁾	Carbono orgânico				Nitrogênio	
	Total	Fúlvicos	Húmicos	Huminas	Total	Mineral
	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹	
	0-5 cm					
CN	9,81 a	3,52 aA	1,16 aA	5,13 aA	731 aA	9,6 bA
SPD	8,95 b	2,83 bA	0,99 aA	5,13 aA	700 abA	21,0 aA
SCC	7,17 c	1,91 cA	0,36 bB	4,90 aA	623 bA	23,1 aA
	5-10 cm					
CN	7,98 a	1,88 aB	1,00 aA	5,10 aA	704 aAB	9,0 bA
SPD	7,71 ab	1,82 aB	0,99 aA	4,90 aA	653 aA	12,0 bB
SCC	7,21 b	1,85 aA	0,56 bB	4,80 aA	644 aA	19,8 aA
	10-20 cm					
CN	6,19 a	1,29 aC	1,05 aA	3,85 aB	631 aB	5,9 bB
SPD	4,70 b	0,78 bC	0,92 abA	3,00 bB	503 bB	10,9 aB
SCC	6,10 a	1,35 aB	0,75 bAB	4,00 aB	532 bB	13,7 aB
	20-40 cm					
CN	5,52 a	1,08 aC	0,88 aA	3,56 aC	621 aB	5,6 bB
SPD	3,84 b	0,28 bD	0,96 aA	2,60 bC	470 bB	8,6 abB
SCC	5,07 a	0,78 aC	0,94 aA	3,35 aC	471 bB	12,8 aB
C.V. (%)	10,4	11,4	16,5	14,4	6,9	8,4

⁽¹⁾ CN = campo nativo, SPD = sistema plantio direto e SCC = sistema de cultivo convencional.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, para uso/manejo do solo, e maiúscula, para profundidade de amostragem, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de significância.

obtidos por Martin Neto et al. (1994) e Ceretta (1995), os quais observaram grande movimentação de substâncias húmicas no solo e maior degradação dos ácidos húmicos no SCC. Esses ácidos são responsáveis pela maior acidez potencial e, conseqüentemente, pela maior formação de cargas negativas.

O teor de N do solo no SPD foi maior do que no SCC apenas na camada de 0-5 cm, não diferindo nas demais camadas, o que, somado aos menores teores de C no SPD, diminuiu a relação C/N, sendo semelhante àquela do CN (Quadro 1). Isto se deve às menores perdas por erosão, uma vez que neste solo ocorrem grandes perdas, quando intensivamente cultivado sob cultivo tradicional (Senganfredo, 1995), e as menores taxas de mineralização. Por outro lado, os teores de N mineral na camada de 0-5 cm aproximam-se daqueles do SCC, indicando elevada taxa de decomposição dos resíduos, mesmo sem o fracionamento e incorporação ao solo. Isto demonstra que a acumulação e, ou, diminuição de C e N orgânico é mais dinâmica nos solos arenosos, comparativamente aos mais argilosos, provavelmente pela maior capacidade de oxigenação e menor aporte de resíduos devido ao seu baixo potencial produtivo, o que lhe confere menor resiliência.

A fração de P orgânico do CN na camada de 0-5 cm foi de 71%, reduzindo-se nas demais camadas (Quadro 2). A alta proporção de P orgânico no CN deve-se à não-adição de fertilizantes fosfatados minerais e à alta taxa de renovação do sistema radicular, pois predominam espécies de crescimento estival. Isto evidencia que a fração orgânica deve ser uma forma de ciclagem do nutriente, mantendo os valores de P total elevados, cuja contribuição na disponibilidade às plantas é importante para a manutenção do campo nativo.

O SCC apresentou menores teores de P total em relação ao SPD até os 10 cm de profundidade. A exaustão das formas mais lábeis de P inorgânico e orgânico pode ser devida às maiores perdas de solo por erosão. Observaram-se altas percentagens de P orgânico neste sistema, evidenciando que as perdas de P inorgânico foram maiores, especialmente nas camadas mais superficiais, pois o solo é intensamente mobilizado. Assim, só permanecem no solo as formas orgânicas mais estabilizadas, tanto que a proporção de P orgânico diminuiu nas camadas mais profundas. Por outro lado, no SPD, verificaram-se maiores teores de P total nas camadas superficiais, porém a proporção de P orgânico foi bem menor, e a relação

Quadro 2. Teores de fósforo disponível e total, percentagem de fósforo orgânico e relação C/N/Po num Pozólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/argilosa sob campo nativo, sistema plantio direto e cultivo convencional em diferentes profundidades de amostragem

Manejo/uso ⁽¹⁾	Fósforo disponível	Fósforo total	Fósforo orgânico	C/N/Po
	mg dm ⁻³		%	
			0-5 cm	
CN	3,3	124 aA	71 aA	100/7,4/0,9
SPD	20,8	138 aA	46 bC	100/7,8/0,7
SCC	13,3	87 bA	75 aA	100/8,7/0,9
			5-10 cm	
CN	2,5	119 aAB	60 bB	100/8,8/0,9
SPD	12,3	129 aA	47 cC	100/8,5/0,8
SCC	12,3	90 bA	77 aA	100/8,9/1,0
			10-20 cm	
CN	2,0	118 aAB	49 bC	100/10,2/0,9
SPD	7,0	92 bB	67 aB	100/10,7/1,3
SCC	12,4	86 bA	54 bB	100/8,7/0,7
			20-40 cm	
CN	0,6	112 aB	46 cC	100/11,2/0,9
SPD	6,0	92 bB	88 aA	100/12,2/2,1
SCC	2,5	96 bA	55 bB	100/9,3/1,0
C.V. (%)	16,4	21,0	19,2	

⁽¹⁾ CN = campo nativo, SPD = sistema plantio direto e SCC = sistema de cultivo convencional.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, para uso/manejo do solo, e maiúscula, para profundidade de amostragem, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de significância.

C/Po foi maior, comparativamente ao SCC. Também, contrariamente ao que foi observado no CN e no SCC, a percentagem de P orgânico aumentou nas camadas mais profundas do solo (Quadro 2). Ambos os sistemas tiveram aportes iguais de fosfatos minerais pela adubação e maiores valores de P disponível no SPD em comparação com o SCC, ultrapassando inclusive o nível crítico na camada de 0-5 cm (Comissão..., 1995). Isto se deve ao não-revolvimento do solo e possivelmente à saturação dos sítios de maior afinidade pelo fosfato. Também, a maior atividade biológica libera compostos orgânicos, os quais podem competir com o P pelos sítios de adsorção (Oades et al., 1989), mantendo esse nutriente em formas mais disponíveis por um período maior.

Os teores de K na solução do solo da camada de 0-5 cm sob SPD foram duas vezes superiores aos do SCC, enquanto, nas demais camadas, permaneceram semelhantes. Os teores de K-HNO₃ no solo sob SPD, também, foram superiores aos de SCC, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, não diferindo nas demais camadas (Quadro 3). Os teores de K trocável da camada de 0-5 cm do solo sob SPD estão acima do nível crítico (Comissão..., 1995), enquanto no SCC permaneceram aquém desse nível em todas as camadas. Adicionalmente, o SCC manteve menores valores de K-solução e K-HNO₃, indicando menor disponibilidade

e esgotamento das reservas de K do solo, estando até no limite inferior de deficiência a longo prazo (Nachtigall & Vahl, 1989). No manejo tradicional do solo, é difícil manter o nível inicial de K, mesmo com adições freqüentes e com altas doses (Borkert et al., 1993).

O pH do solo sob SPD permaneceu de 0,4 a 0,5 unidades superior ao determinado no SCC em todas as profundidades, embora ambos tenham sido calcariados na mesma época. Já a acidez potencial da camada de 0-5 cm foi de 100, 65 e 40 mmol dm⁻³, para o CN, SPD e SCC, respectivamente (Quadro 4). A partir dos 5 cm de profundidade, os valores de H + Al no CN e no SPD estabilizaram-se em, aproximadamente, 50 e no SCC em 40 mmol dm⁻³. A maior acidez potencial no CN é justificada pela não aplicação de corretivo, representando a acidez original do solo, enquanto no SPD pode ser devida ao maior acúmulo de carbono, acarretando maior atividade biológica, com liberação de compostos intermediários, que, ao atingirem o estado coloidal, podem dissociar-se liberando hidrogênio. Observaram-se, ainda, teores baixos de Ca + Mg e baixa saturação por Al (Comissão..., 1995) na camada superficial no CN. Nos solos com acidez corrigida, SPD e SCC, foram determinados baixos teores de Al até 20 cm de profundidade e maiores teores de Ca + Mg trocáveis na camada de 0-5 cm do SPD; a

Quadro 3. Teores de potássio num Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/argilosa sob campo nativo, sistema plantio direto e cultivo convencional em diferentes profundidades de amostragem

Manejo/uso ⁽¹⁾	Solução mg L ⁻¹	Mehlich-1	Acetato			HNO ₃	Não-trocável
			mg dm ⁻³				
			0-5 cm				
CN	14,2 aA	92	82	142 aA	60		
SPD	12,4 aA	95	90	139 aA	49		
SCC	5,3 bA	56	62	98 bA	36		
			5-10 cm				
CN	4,8 aB	60	56	115 aB	59		
SPD	4,5 aB	62	60	101 aB	41		
SCC	6,0 aA	55	53	90 bB	37		
			10-20 cm				
CN	4,6 aB	40	32	75 aC	43		
SPD	5,3 aB	45	42	81 aC	39		
SCC	6,4 aA	48	43	83 aB	40		
			20-40 cm				
CN	4,6 aB	33	18	54 aD	36		
SPD	6,2 aB	30	30	64 aD	34		
SCC	5,8 aA	23	23	54 aC	31		
C.V. (%)	11,4	9,8	9,0	13,6			

⁽¹⁾ CN = campo nativo, SPD = sistema plantio direto, SCC = sistema de cultivo convencional.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, para uso/manejo do solo, e maiúscula, para profundidade de amostragem, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de significância.

Quadro 4. Valores de pH em água, teores de Al³⁺, H + Al e Ca²⁺ + Mg²⁺, saturação por Al e por bases e CTC efetiva e a pH 7,0 num Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/argilosa sob campo nativo, sistema plantio direto e cultivo convencional em diferentes profundidades de amostragem

Manejo/uso ⁽¹⁾	pH água	Al ³⁺	H + Al	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	CTC		Saturação	
					Efetiva	pH 7,0	Al	Bases
					mmol dm ⁻³		%	
					0-5 cm			
CN	4,7	5	100 aA	24	31	126 aA	16	31
SPD	5,0	2	65 bA	32	36	99 bA	5	36
SCC	4,5	5	40 cA	19	24	70 cA	21	24
					5-10 cm			
CN	4,5	11	52 aC	10	22	63 bC	50	22
SPD	5,1	4	52 aB	24	31	79 aB	13	31
SCC	4,7	4	35 bA	28	33	64 bA	12	33
					10-20 cm			
CN	4,5	12	70 aB	11	23	82 aB	48	23
SPD	5,1	5	51 bB	20	26	72 bB	19	26
SCC	4,7	3	35 cA	28	32	64 bA	9	32
					20-40 cm			
CN	4,6	11	50 aC	10	21	60 bC	52	21
SPD	5,0	7	58 aB	14	23	72 aB	30	23
SCC	4,5	8	40 bA	20	28	60 bB	28	28
C.V. (%)	1,3	3,5	6,0	4,6	2,4	5,6	3,3	2,4

⁽¹⁾ CN = campo nativo, SPD = sistema plantio direto, SCC = sistema de cultivo convencional.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, para uso/manejo do solo, e maiúscula, para profundidade de amostragem, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de significância.

partir desta, os teores foram maiores no SCC devido ao revolvimento do solo, proporcionando saturações por bases maiores que 40% (Quadro 4). Embora o SPD apresentasse maior acidez potencial na camada superficial, os teores absolutos ou a saturação por Al foram baixos, indicando que a maior fração dessa acidez deve-se aos íons hidrogênio ligados covalentemente na matéria orgânica, que, ao se dissociarem, aumentam as cargas negativas do solo (McBride, 1994; Stevenson, 1994), como pode ser observado no quadro 4.

Todas as avaliações efetuadas mostram que o SPD tende a estabilizar suas características químicas próximas às do CN, exceto aquelas devidas à utilização de calcário e fertilizantes que neutralizam o Al trocável, dissociam os hidrogênios dos grupos funcionais da matéria orgânica, aumentando o reservatório de bases trocáveis e a disponibilidade de nutrientes. Por outro lado, o SCC facilita a oxidação da matéria orgânica, diminuindo o reservatório de nutrientes, causando exaustão geral do solo.

CONCLUSÕES

1. A adoção do SPD durante seis anos não alterou o PESN do solo, comparativamente ao SCC e ao CN.

2. O solo da camada de 0-5 cm sob SPD apresentou maiores teores de carbono em ácidos fúlvicos e húmicos, maiores quantidades de cargas negativas, acidez potencial e disponibilidade de P, K e N, comparativamente ao SCC.

LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J. & FIORIN, J.E. Variabilidade de solo e planta em Podzólico Vermelho-Amarelo. R. Bras. Ci. Solo, 20:151-157, 1996.
- ALLEONI, L.R.F. & CAMARGO, O.A. Ponto de efeito salino nulo de Latossolos ácidos. R. Bras. Ci. Solo, 18:175-180, 1994.
- BAYER, C.; AMADO, T.J.C.; FERNANDES, S.V. & MIELNICZUK, J. Teores de carbono e nitrogênio total em um solo Podzólico-Vermelho-Escuro submetido 9 anos a diferentes sistemas de manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. Resumos expandidos. Viçosa, SBCS, 1995. p.2036-2038.
- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J. & SILVA, D.N. Calibração de potássio trocável para soja em Latossolo Roxo distrófico. R. Bras. Ci. Solo, 17:223-226, 1993.
- BRAGA, J.M. Avaliação da fertilidade do solo: análise química. Parte II. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1980. 80p.
- CERETTA, C.A. Fracionamento de N orgânico, substâncias húmicas e caracterização de ácidos húmicos de solo em sistema de culturas sob plantio direto. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 127p. (Tese de Doutorado)
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os estados do RS e SC. 3.ed. Passo Fundo, SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.
- ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G. & JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. R. Bras. Ci. Solo, 13:259-267, 1989.
- KONONOVA, M.M. Soil organic matter, its nature, its role in soil formation and in soil fertility. Oxford, Pergamon Press, 1966. 543p.
- MACHADO, M.I.C.S.; BRAUNER, J.L. & VIANNA, A.C.T. Formas de fósforo na camada arável de solos do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 17:331-336, 1993.
- MARTIN NETO, L.; MAREGA, J.A.M.M. & NASCIMENTO, O.R. Avaliação dos efeitos do manejo convencional e plantio direto sobre aspectos qualitativos das substâncias húmicas de um Latossolo Roxo. In: REUNIÃO BRASILEIRA MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., Florianópolis, 1994. Resumos. Campinas, SBCS, 1994. p.226-227.
- McBRIDE, M.B. Environmental chemistry of soils. New York, Oxford University Press., 1994. 406p.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. R. Bras. Ci. Solo, 7:95-102, 1983.
- NACHTIGALL, G.R. & VAHL, L.C. Formas de potássio em solos da Região Sul do estado do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 13:7-12, 1989.
- OADES, J.M.; GILLMAN, G.P. & UEHARA, G. Interactions of soil organic matter and variable-charge clays. In: COLLEMAN, D.C., ed. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystem. NIFTAL, University of Hawaii Press, 1989. p.69-95.
- OLSEN, S.R. & SOMMERS, L.E. Phosphorus. In: PAGE, A.L., ed. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2.ed. Madison, ASA-SSSA, 1982. p.403-430.
- PÉREZ, D.V.; RAMOS, D.P.; NASCIMENTO, R.A.M. & BARRETO, W.O. Propriedades eletroquímicas de horizontes B texturais. R. Bras. Ci. Solo, 17:157-164, 1993.
- SALET, R.L. Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto. Porto Alegre, Federal do Rio Grande do Sul, 1994. 110p. (Tese de Mestrado)
- SENGANFREDO, M.L. Sistemas de culturas adaptadas à produtividade do milho e conservação do solo. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1995. 100p. (Tese de Mestrado)
- SIQUEIRA, C.; LEAL, J.R.; VELLOSO, A.C.X. & SANTOS, G.A. Eletroquímica de solos tropicais de carga variável: II. Quantificação do efeito da matéria orgânica sobre o ponto de carga zero. R. Bras. Ci. Solo, 14:13-17, 1990.

- STEVENSON, F.J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2nd edition. New York, John Wiley & Sons, 1994. 496p.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, planta e outros materias, 2 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul,, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5)
- UEHARA, G. & GILLMAN, G. The mineralogy, chemistry, and physics of tropical soil with variable charge clays. Boulder, Colorado, Westview Press, 1981. 170p.
- VIONE, E.L.B.; SANTOS, E.J.S.; RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J. & MARKIEWICZ, L.E. Fracionamento do fósforo em solo arenoso submetido aos sistemas plantio direto e convencional. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., Lages, 1996. Resumos expandidos. Lages, NRS/SBCS, 1996. p.41-44.