

COMISSÃO VI - MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

PLANTIO DIRETO *VERSUS* CONVENCIONAL: EFEITO NA FERTILIDADE DO SOLO E NO RENDIMENTO DE GRÃOS DE CULTURAS EM ROTAÇÃO COM CEVADA⁽¹⁾

H. P. dos SANTOS⁽²⁾, G. O. TOMM⁽²⁾ & J. C. B. LHAMBY⁽²⁾

RESUMO

As recomendações de adubação e calagem no Sul do Brasil são baseadas em resultados de ensaios com sistema de manejo sob preparo convencional de solo. Com o continuado aumento da área com sistema de manejo sob plantio direto nessa região, cresce o interesse sobre as possíveis diferenças na distribuição de nutrientes no perfil do solo, decorrentes da ausência de seu revolvimento, e o conseqüente efeito no rendimento de grãos das culturas. O efeito do manejo de solo sob plantio direto, com aplicação de calcário na superfície, foi comparado com o efeito do manejo de solo sob preparo convencional, com incorporação de calcário, sobre pH em água, Al trocável, Ca + Mg trocáveis, teor de matéria orgânica, P extraível e K trocável, após três anos de cultivo. As culturas, em ambos os sistemas de manejo de solo, seguiram três seqüências envolvendo as mesmas espécies, que, por sua vez, fazem parte do experimento de sistemas de rotação de culturas para cevada, desenvolvido num latossolo vermelho escuro distrófico (Passo Fundo, RS). Em maio de 1989, antes da semeadura das culturas de inverno, nas parcelas sob plantio direto, foram aplicadas 2,0 t ha⁻¹ de calcário com PRNT 100% na superfície do solo. Nas parcelas do preparo convencional, a mesma dosagem de calcário foi incorporada, com arado e grade de discos. Não foram observadas diferenças no pH em água, no Al trocável, no Ca + Mg trocáveis e no K trocável da camada de 0-20 cm. Os teores de matéria orgânica e de P extraível do solo, na camada de 0-5 cm, em plantio direto, foram superiores àqueles observados nos tratamentos sob preparo convencional de solo. A não-incorporação de calcário sob plantio direto não afetou o rendimento de grãos de cevada e de soja e determinou aumento do rendimento de aveia branca em um dos dois anos avaliados.

Termos de indexação: fertilidade do solo, calagem, aveia branca, soja, cevada, plantio direto, preparo convencional.

SUMMARY: *NO-TILLAGE AND CONVENTIONAL TILLAGE: EFFECT ON SOIL FERTILITY AND GRAIN YIELD OF CROPS IN ROTATION WITH BARLEY*

Fertilizer and lime recommendations in southern Brazil are based on results of experiments using management systems under conventional tillage. As a result of the continued increase of no-tillage farming in the region, there is a rising interest in possible differences in nutrient distribution in the soil profile due to the absence of tillage and the effect on crop grain yield. The effect of soil management under no-tillage and liming applied on soil surface was compared, after three years of cropping, to the effect of conventional tillage with lime incorporated through tillage on pH in water, exchangeable Al, exchangeable Ca + Mg, organic matter, extractable P,

⁽¹⁾ Trabalho da Série Sistemas de Cultivo para Cevada, IV. Recebido para publicação em dezembro de 1994 e aprovado em setembro de 1995.

⁽²⁾ Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), Caixa Postal 569, CEP 99001-970 Passo Fundo (RS).

and exchangeable K. Crops in both soil management systems followed three cropping sequences, part of a long-term crop rotation experiment for barley carried out in a Dark Red Dystrophic Latosol (Passo Fundo, State of Rio Grande do Sul). Two tons of lime per hectare were applied on the soil surface in May, 1989, before sowing winter crops. In the plots under conventional tillage the same amount of lime was incorporated with plow and disker. No different effects were observed on pH in water, exchangeable Al, exchangeable Ca + Mg, and exchangeable K of 0-20 cm layer. Organic matter and extractable P levels in the 0-5 cm soil depth were higher on no-tillage than under conventional tillage. The non-application of lime under no-tillage did not reduce barley and soybean grain yields and increased oat yield in one of the two years assessed.

Index terms: soil fertility, liming, white oats, soybean, barley, no-tillage, conventional tillage.

INTRODUÇÃO

As recomendações de adubação e calagem baseiam-se em estudos de calibração onde as culturas foram semeadas em manejo sob preparo convencional (PC) (Comissão..., 1989). Nesse sistema, ocorre o revolvimento do solo, homogeneizando-se a distribuição dos nutrientes, enquanto no sistema de manejo sob plantio direto (PD), onde o solo não é revolvido, os fertilizantes são incorporados apenas na linha de semeadura e, mais recentemente, os corretivos são aplicados na superfície. Portanto, ocorre acúmulo, na camada superficial, dos corretivos aplicados e fertilizantes, bem como dos nutrientes provenientes da decomposição dos resíduos vegetais deixados sobre o solo (Muzilli, 1985). Além disso, as perdas de solo e de nutrientes tendem a ser menores sob plantio direto (Wünsche & Denardin, 1978).

O resíduo vegetal deixado na superfície e o não-revolvimento no sistema de PD provocam alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que, por sua vez, se refletem na fertilidade e na eficiência do uso de nutrientes pelas culturas (Kochhann & Selles, 1991). Essas alterações modificam o movimento e a redistribuição de compostos mais solúveis, entre os quais se destaca o nitrogênio. Por outro lado, o fósforo e o potássio tendem a acumular-se na camada superficial (Shear & Moschler, 1969, e Triplett Jr. & Van Doren Jr., 1969).

Nos Estados Unidos da América, Shear & Moschler (1969), Triplett Jr. & Van Doren Jr. (1969), Blevins et al. (1977, 1978) observaram, após seis anos de PD, acúmulo de resíduos vegetais e elevação dos teores de matéria orgânica, de P, de Ca, de Mg e de K, na camada 0-5 cm, em relação ao PC. Moschler et al. (1973) e Blevins et al. (1977), após seis anos de PD, verificaram redução do pH na camada 0-5 cm do solo, requerendo a aplicação de calcário. Esses autores observaram redução menos acentuada de pH no PC. Contudo, não se verificaram diferenças de pH entre a aplicação de calcário na superfície ou incorporado, nas camadas de solo 0-5 cm ou 0-10 cm.

No Estado do Paraná, após três anos de PD, constataram-se acúmulos de Ca, Mg, K trocáveis e P extraível, nas camadas superficiais, em comparação ao PC (Muzilli, 1983). No entanto, entre os dois sistemas de manejo, não se observaram diferenças nos teores de matéria orgânica e na reacidificação de solo. Sidiras & Pavan (1985) verificaram a manutenção ou aumento do pH e dos teores de P extraível, de Ca +

Mg e de K trocáveis, na camada de solo de 0-10 cm, após quatro anos sob PD ou sob pastagem permanente, em comparação com os níveis do PC.

Santos & Lhamby (1992) e Santos & Siqueira (1992), também no Estado do Paraná, sob PD, notaram que os valores de pH e de Ca + Mg trocáveis aumentaram com a profundidade de amostragem, enquanto os de Al trocável, de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável foram maiores na superfície (0-5 cm) do que nas camadas mais profundas (15-20 cm). A aplicação de 2,0 t ha⁻¹ de calcário na superfície do solo, ou a incorporação de 7,5 t ha⁻¹ na camada de 0-20 cm, não determinou diferenças no rendimento de grãos de milho ou de soja, respectivamente, após três e um ano, em um solo com pH inicial de 5,1 (Sá, 1993).

Este trabalho objetiva comparar o efeitos dos sistemas de manejo PD e PC na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas, em rotação com cevada, e avaliar o efeito da aplicação de calcário na superfície, em sistema sob PD, em relação à incorporação da mesma dose de calcário sob PC.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no experimento de sistemas de rotação de culturas para cevada, na EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), município de Passo Fundo (RS), num latossolo vermelho-escuro distrófico de textura argilosa (unidade de mapeamento Passo Fundo) (Brasil, 1973). Antes da sua instalação (julho de 1985), a área foi descompactada, e 6,3 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 100%), aplicadas, seguindo-se as recomendações baseadas na análise de solo. Naquela ocasião, os valores da análise de solo, na camada 0-20 cm, foram: pH em água: 5,0; Al trocável: 11,3 mmol_c kg⁻¹; Ca + Mg trocáveis: 47,8 mmol_c kg⁻¹; matéria orgânica: 38 g kg⁻¹; P extraível: 14,5 mg kg⁻¹, e K trocável: 100 mg kg⁻¹. Em preparação ao experimento, em 21.10.1985, semeou-se milho (*Pennisetum americanum* Schum.), incorporado na floração (150 dias após), com arado e grade de discos, para destruir as touceiras formadas pela cultura.

A evolução da fertilidade do solo foi estudada no sistema de rotação de culturas com dois invernos sem cevada, em PD e em PC. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições e, a área útil das parcelas, de 30 m².

Em maio de 1989, antes da semeadura das culturas de inverno, nas parcelas sob plantio direto, foram aplicadas 2,0 t ha⁻¹ de calcário com PRNT 100% na superfície. Nas parcelas sob PC, incorporou-se o calcário (mesma época e dosagem), com arado e grade de discos. As quantidades de fertilizantes aplicadas nas diversas culturas, no período, são apresentadas no quadro 1. O nitrogênio, em todos os anos, foi aplicado na forma de uréia.

A semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários, inclusive o tratamento de semente de cevada, foram realizados de acordo com a recomendação para cada cultura e, a colheita, efetuada com automotriz especial para parcelas.

Em maio de 1992, após as culturas de verão, coletaram-se amostras de solo, compostas de quatro subamostras por parcela, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm. As análises de solo (pH em água, fósforo extraível, potássio trocável, matéria orgânica, alumínio trocável e cálcio + magnésio trocáveis) seguiram o método descrito por Tedesco et al. (1985).

O efeito do manejo de solo (PD *versus* PC) sobre os parâmetros químicos de solo e sobre o rendimento de grãos foi comparado mediante contrastes (seis comparações entre profundidades e seis entre sistemas) com um grau de liberdade. A significância dos contrastes foi dada pelo teste F, levando-se em conta o desdobramento dos graus de liberdade do erro. O sistema de manejo sob PC consistiu em uma aração (arado de discos) e em duas gradeações com grade de discos. O sistema de manejo sob PD é de exploração agropecuária que envolve rotação de culturas, as quais são estabelecidas pela mobilização de solo, exclusivamente na linha de semeadura, mantendo os resíduos vegetais da cultura anterior na superfície.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fertilidade do solo

Em todas as profundidades amostradas, não se observaram diferenças consistentes no pH em água e Al, Ca + Mg e K trocáveis, após três anos de cultivo, em sistema de plantio direto (PD), com calcário aplicado na superfície, e em sistema de preparo convencional do solo (PC), com calcário incorporado (Quadro 2). Para pH em água, Al e Ca + Mg trocáveis do solo, isso poderia ser devido à quantidade de calcário aplicado (2,0 t ha⁻¹, com PRNT 100%) em maio de 1989. Seriam necessários 5,8 t ha⁻¹ de calcário com PRNT 100% para elevar o pH em água a 6,0 na camada 0-20 cm (Comissão..., 1989). As diferenças no Al trocável (seqüência 2) e no teor de matéria orgânica (seqüência 3), verificadas antes do início do experimento (1986), na camada de 0-20 cm, entre as parcelas que receberam os diferentes manejos de solo, influíram, provavelmente, nas diferenças significativas observadas na profundidade de 0-5 cm registradas em 1992. Sugere-se considerar, portanto, com cautela, os resultados desses dois casos.

A ausência de diferenças significativas no pH em água do solo, nas camadas de 0-5 cm ou de 0-10 cm, entre o PD e o PC, também foi verificada nos EUA, por Moschler et al. (1973) e Blevins et al. (1978), cinco anos após a aplicação de 1,0 t ha⁻¹ (anual) e de 3,4 t ha⁻¹ (uma só vez) de calcário, respectivamente, na superfície ou incorporado ao solo. Resultados similares foram observados no Brasil (Muzilli, 1983), quatro anos após a aplicação de 2,0 t ha⁻¹ de calcário na superfície (PD) ou incorporado ao solo (PC). Entretanto, Blevins et al. (1978) verificaram redução no pH de 5,7 para 5,5, tanto no PD como no PC.

Quadro 1. Doses de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas nas culturas de inverno e de verão, em 1986-92, em ambos os sistemas de manejo de solo (plantio direto e convencional)⁽¹⁾

Dose	1986		1987		1988		1989		1990		1991		1992		Total
	kg ha ⁻¹														
	Ap	S	C	S	Ap	S	E	M	C	S	E	M	Ab	S	
N	10	0	60	0	5	0	0	11	47	0	0	14	45	0	192
P ₂ O ₅	50	53	50	40	25	50	0	63	58	50	0	68	25	50	582
K ₂ O	50	75	50	60	25	75	0	63	58	50	0	68	25	75	674
	C	S	Ap	S	E	M	C	S	E	M	Ab	S	C	S	
N	43	0	10	0	0	11	40	0	0	14	64	0	45	0	227
P ₂ O ₅	63	53	50	40	0	53	50	60	0	68	69	50	25	50	631
K ₂ O	63	75	50	60	0	53	50	90	0	68	69	50	25	75	728
	Ap	S	E	M	C	S	Ap	S	Ab	S	C	S	E	M	
N	10	0	0	10	60	0	5	0	27	0	64	0	0	15	191
P ₂ O ₅	50	53	0	50	50	50	25	60	58	50	69	50	0	60	625
K ₂ O	50	75	0	50	50	75	25	90	58	50	69	50	0	90	732

⁽¹⁾ Ab: aveia branca; Ap: aveia preta; C: cevada; E: ervilhaca; M: milho; e S: soja.

Os teores de Al trocável do solo, igualmente, foram similares àqueles observados no sexto ano por Moschler et al. (1973), na camada de 0-10 cm, onde a aplicação anual de calcário ($1,0 \text{ t ha}^{-1}$) não determinou diferença significativa do PD, em relação ao PC, com uma

aplicação de calcário na mesma dosagem. Os mesmos autores não encontraram diferenças significativas entre os dois manejos de solo ($\text{PD} = 47,5 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e $\text{PC} = 31,2 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$) para os teores de cálcio. Blevins et al. (1978) observaram que a aplicação de $3,4 \text{ t ha}^{-1}$ de

Quadro 2. Efeito do manejo de solo em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC) nos valores de pH em água, de alumínio trocável, de cálcio + magnésio trocáveis, de matéria orgânica, de fósforo extraível e de potássio trocável, na camada arável do solo, após sete anos de cultivos. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo⁽¹⁾

Sequência de culturas (1990-92)	Manejo de solo	Teor “inicial” 1986 (0-20 cm)	Camada de amostragem em 1992 (cm)			
			0-5	5-10	10-15	15-20
pH em água, 1:1						
1. C/S, E/M e Ab/S	PD	5,50	5,80	5,73	5,50	5,47
	PC	5,50ns	5,67ns	5,63ns	5,60ns	5,63ns
2. E/M, Ab/S e C/S	PD	5,77	5,63	5,47	5,50	5,60
	PC	5,33*	5,53ns	5,53ns	5,53ns	5,50ns
3. Ab/S, C/S e E/M	PD	5,57	5,40	5,40	5,33	5,43
	PC	5,57ns	5,73*	5,63*	5,67ns	5,73ns
Al trocável, mmol _c kg ⁻¹						
1. C/S, E/M e Ab/S	PD	2,7	0,0	0,0	2,0	2,3
	PC	2,5ns	1,2*	1,8 *	2,0ns	1,8ns
2. E/M, Ab/S e C/S	PD	1,2	0,0	2,0	2,0	2,1
	PC	6,0 *	1,8*	2,8ns	2,5ns	2,6ns
3. Ab/S, C/S e E/M	PD	1,2	0,8	1,8	2,8	2,2
	PC	3,0ns	1,0ns	1,7ns	1,3ns	1,2ns
Ca + Mg trocáveis, mmol _c kg ⁻¹						
1. C/S, E/M e Ab/S	PD	71,3	104,7	97,0	79,6	79,6
	PC	64,5ns	82,5*	80,8ns	81,5ns	81,9ns
2. E/M, Ab/S e C/S	PD	77,8	89,9	81,3	79,7	84,2
	PC	56,8*	79,8ns	74,5ns	75,1ns	73,6ns
3. Ab/S, C/S e E/M	PD	74,7	84,9	82,5	73,1	75,9
	PC	66,5ns	87,2ns	82,8ns	90,0ns	84,9ns
Matéria orgânica, g kg ⁻¹						
1- C/S, E/M e Ab/S	PD	37,7	33,0	26,7	24,3	23,3
	PC	34,7ns	27,3*	26,3ns	25,0ns	24,7ns
2- E/M, Ab/S e C/S	PD	37,7	35,0	28,0	25,0	24,3
	PC	35,0ns	28,3*	26,7ns	26,3ns	25,0ns
3- Ab/S, C/S e E/M	PD	36,7	30,7	27,7	23,7	23,3
	PC	35,0*	27,3*	26,7ns	26,0*	25,3*
P, mg kg ⁻¹						
1- C/S, E/M e Ab/S	PD	23,67	37,30	18,30	12,80	11,87
	PC	21,67ns	16,87*	21,37ns	12,13ns	10,80ns
2- E/M, Ab/S e C/S	PD	19,50	38,60	34,93	18,37	10,13
	PC	18,67ns	17,67*	18,97*	12,63ns	10,67ns
3- Ab/S, C/S e E/M	PD	20,00	26,47	20,87	12,67	10,52
	PC	16,40ns	16,50*	12,70ns	15,20ns	10,87ns
K, mg kg ⁻¹						
1- C/S, E/M e Ab/S	PD	121,33	196,67	113,33	76,67	60,00
	PC	105,33ns	185,33ns	122,67ns	88,67ns	74,00ns
2- E/M, Ab/S e C/S	PD	144,67	200,00	193,33	148,67	111,33
	PC	104,00ns	200,00ns	135,33*	104,67ns	84,67ns
3- Ab/S, C/S e E/M	PD	133,33	200,00	162,67	88,00	62,00
	PC	96,67ns	200,00ns	119,33ns	64,67ns	54,67ns

⁽¹⁾ Ab: aveia branca; C: cevada; E: ervilhaca; M: milho; e S: soja.
ns: não significativo; *: nível de significância de 5%.

calcário na superfície, ou incorporado ao solo, aumentou o Ca na camada de 0-5 cm tanto no PD (de 95 para 130 mmol_c kg⁻¹) como no PC (de 95 para 105 mmol_c kg⁻¹).

Nesta pesquisa, a aplicação de calcário na área sob PD foi eficiente para a manutenção do pH, evitando a reacidificação superficial do solo, principalmente em função do uso de fertilizantes nitrogenados. Além disso, não se observaram efeitos negativos da aplicação de calcário na superfície, indicando que a recomendação de aplicar até duas toneladas de calcário por hectare na superfície, sob PD, não resulta em prejuízos às culturas estudadas para esse tipo de solo.

Os resultados de K trocável do solo também são similares aos obtidos em outros trabalhos. O calcário deixado na superfície, ou incorporado ao solo, não determinou diferenças nos níveis de K trocável, após seis anos, na camada de 0-5 cm (PD = 149 mg kg⁻¹ e PC = 159 mg kg⁻¹) (Shear & Moschler, 1969), ou na camada de 0-10 cm (PD = 37 mg kg⁻¹ e PC = 36 mg kg⁻¹) (Moschler et al., 1973). Triplett Jr. & Van Doren Jr. (1969) encontraram teores uniformes de K trocável sob PC na camada arável. Por outro lado, acúmulos de K trocável em sistemas de rotação de culturas sob PD foram observados por Shear & Moschler (1969) (de 149 para 93 mg kg⁻¹), por Triplett Jr. & Van Doren Jr. (1969) (de 278 para 121 mg kg⁻¹), por Santos & Lhamby (1992) (de 167 para 55 mg kg⁻¹) e por Santos & Siqueira (1992) (de 157 para 55 mg kg⁻¹), na camada superficial (0-5 cm), em comparação com a mais profunda (15-20 cm).

Os teores de matéria orgânica foram consistentemente maiores no PD do que no PC, na camada de 0-5 cm, para as três seqüências de culturas estudadas (Quadro 2). Esse resultado indica o benefício do plantio direto para a manutenção da matéria orgânica e, provavelmente, da capacidade de suprimento de nitrogênio do solo, nutriente mais limitante ao rendimento da maioria das culturas. Tendência oposta, porém, foi observada para a matéria orgânica do solo, nas camadas de 10-15 e 15-20 cm, na seqüência 3, onde os teores de matéria orgânica foram mais elevados em PC do que em PD. Isso pode ser devido à incorporação dos resíduos culturais a essa profundidade. Teores maiores de matéria orgânica na camada de 0-5 cm do que na de 15-20 cm também foram observados em sistemas de rotação sob PD por Santos & Lhamby (1992) (72,7 *versus* 69,8 g kg⁻¹), Santos & Siqueira (1992) (69,2 *versus* 64,7 g kg⁻¹) e Sá (1993) (52,8 *versus* 35,4 g kg⁻¹) no Brasil. Similarmente, Blevins et al. (1977), nos EUA, verificaram teores de matéria orgânica mais elevados no PD (36,8 g kg⁻¹) do que no PC (23,7 g kg⁻¹), na camada de 0-5 cm; entretanto não encontraram diferenças nos teores de matéria orgânica nas camadas de 5-15 e 15-30 cm.

Os valores de P extraível na camada de 0-5 cm, após três anos, foram maiores no PD do que no PC, nas três seqüências de culturas estudadas (37,30 *versus* 16,87 mg kg⁻¹; 38,60 *versus* 17,67 mg kg⁻¹; 26,47 *versus* 16,50 mg kg⁻¹ respectivamente) (Quadro 2). Esse acúmulo nos tratamentos sob PD provavelmente decorra do não-revolvimento do solo, a não ser para a

incorporação das sementes e dos fertilizantes e da baixa mobilidade deste nutriente. Tal resultado sugere a necessidade de estudos com menores aplicações de P em solos sob PD para verificar a possibilidade de reduzir as dosagens recomendadas para cultivos em PD, provavelmente após vários anos da implementação desse sistema de manejo de solo. Nos EUA, Shear & Moschler (1969) e Triplett Jr. & Van Doren Jr. (1969) também observaram teores maiores de P extraível na camada de 0-5 cm, em PD do que em PC, respectivamente, 238 *versus* 59 mg kg⁻¹ e 117 *versus* 40 mg kg⁻¹, seis anos após a aplicação de calcário. Nesse mesmo trabalho, observaram acúmulos de P extraível em PD, na camada de 0-5 cm em relação à de 15-20 cm, 238 *versus* 8 mg kg⁻¹ (Shear & Moschler, 1969) e 117 *versus* 37 mg kg⁻¹ (Triplett Jr. & Van Doren Jr., 1969). No Brasil, também se verificou tendência ao acúmulo de P extraível da camada de 0-5 cm, quando comparada à de 15-20 cm, nos trabalhos de Santos & Lhamby (1992) (de 13,6 *versus* 5,8 mg kg⁻¹), de Santos & Siqueira (1992) (de 6,7 *versus* 4,3 mg kg⁻¹) e de Sá (1993) (de 35,2 *versus* 12,5 mg kg⁻¹), em sistemas de rotação de culturas sob PD.

Os teores de P extraível e de K trocável nas diferentes profundidades, seqüências e manejo de solo, estiveram acima dos valores considerados críticos para o crescimento e desenvolvimento das culturas, a saber: 9 mg kg⁻¹, para P extraível, e 80 mg kg⁻¹, para K trocável (Comissão..., 1989). Os teores de P extraível, na camada de 0-5 cm e nas três seqüências de culturas em PD, foram mais elevados do que o medido antes do início do experimento, na camada de 0-20 cm. Houve tendência à diminuição do teor de P extraível no PC, em todas as camadas de solo, em relação ao teor por ocasião da instalação do experimento, provavelmente devido às perdas de solo e de nutrientes nele contidos (Wünsche & Denardin, 1978).

Rendimento de grãos

O rendimento de grãos de aveia branca, em 1991, foi menor no sistema de manejo sob preparo convencional (PC) do que sob plantio direto (PD) (3.568 *versus* 3.873 kg ha⁻¹) (Quadro 3). Essa diferença pode

Quadro 3. Efeito do manejo de solo em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC) no rendimento de grãos de aveia, de cevada e de soja, em 1991-92. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo (RS)

Cultura	Manejo de solo	1991	1992
		kg ha ⁻¹	
Aveia branca	PD	3.873	3.396
	PC	3.568*	3.572ns
Cevada	PD	2.160	4.553
	PC	1.764ns	4.020ns
Soja após aveia branca	PD	3.179	4.248
	PC	3.743ns	4.340ns
Soja após cevada	PD	2.993	3.150
	PC	3.302ns	3.498ns

*: nível de significância de 5%; ns: não significativo.

Quadro 4. Dados relativos à precipitação pluvial (1991-93) de Passo Fundo (RS)

Ano	Jan.	Fev.	M. ^{co}	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
mm												
91	147	30	36	108	46	241	124	64	62	176	81	264
92	183	164	203	118	387	110	242	148	186	137	280	130
93	256	153	197	75	176	137	284	15	137	154	274	259
Normal	155	150	130	120	100	138	134	173	197	183	119	164

ser explicada, em parte, pela precipitação pluvial que, nesse ano, esteve abaixo da normal (Quadro 4) durante quase todo o ciclo da cultura. Nessas condições, o PD tende a ser mais eficiente na manutenção da umidade disponível do solo. Essa situação não foi confirmada em 1992. Nas culturas de cevada e de soja, não se observaram diferenças significativas entre os rendimentos dos dois sistemas de manejo. Da mesma forma, Muzilli (1983) e Sá (1993) não verificaram diferenças de rendimento de grãos na cultura de soja, no Estado do Paraná, em sistemas de rotação com milho. Igualmente no Paraná, Sidiras et al. (1983), num período de três anos, obtiveram diferenças significativas no rendimento de grãos de soja a favor do PD (2.593 kg ha⁻¹), em comparação ao PC (1.948 kg ha⁻¹).

CONCLUSÕES

1. O pH em água, o Al trocável, o Ca + Mg e o K trocáveis, na camada de 0-20 cm, não foram alterados pela seqüência de culturas e pelos de manejo de solo, após a aplicação de calcário.

2. O sistema de manejo de solo sob plantio direto manteve os teores de matéria orgânica, camada de 0-5 cm, próximos do teor existente no início do estudo, camada de 0-20 cm.

3. Após sete anos de cultivos adubados seguindo as recomendações de adubação existente, verificou-se elevação pronunciada dos teores de fósforo na camada de 0-5 cm do solo sob PD, em relação ao solo sob PC e ao teor de fósforo existente antes da introdução do PD.

4. A não-incorporação de calcário sob PD não afetou o rendimento de grãos de cevada e de soja.

LITERATURA CITADA

- BLEVINS, R.L.; MURDOCK, L.W. & THOMAS, G.W. Effect of lime application on no-tillage and conventionally tilled corn. *Agron. J.*, Madison, 70(2):322-326, 1978.
- BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W. & CORNELIUS, P.L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. *Agron. J.*, Madison, 60(3):383-386, 1977.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431p. (Boletim técnico, 30)
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, RS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 2.ed. Passo Fundo, SBRS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1989. 128p.
- KOCHHANN, R.A. & SELLES, F. O solo e o sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J.M.; FERNANDEZ, M.R.; KOCHHANN, R.A.; SELLES, F. & ZENTNER, R.P. Manual de manejo conservacionista do solo para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1991. p.43-52. (Documentos, 1)
- MOSCHLER, W.W.; MARTENS, D.C.; RICH, C.I. & SHEAR, G.M. Comparative lime effects on continuous no-tillage and conventionally tilled corn. *Agron. J.*, Madison, 65(5):781-783, 1973.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 7(1):95-102, 1983.
- MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FACELLI, A.L.; TORRADO, P.V. & MACHADO, J., eds. Atualização em plantio direto. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.147-160.
- SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: PLANTIO DIRETO NO BRASIL. Passo Fundo, Editora Aldeia Norte/EMBRAPA-CNPT/FUNDACEP-FECOTRIGO/FUNDAÇÃO-ABC, 1993. p.37-60.
- SANTOS, H.P. dos & LHAMBY, J.C.B. Rotação de culturas em Guarapuava. XII. Efeitos de algumas culturas de inverno e de verão na evolução dos níveis de nutrientes e de matéria orgânica do solo, em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. Anais. Piracicaba, SBRS, 1992. p.114-115.
- SANTOS, H.P. dos & SIQUEIRA, O.J.F. de. Rotação de culturas em Guarapuava. XI. Efeito de algumas culturas de inverno e de verão em algumas propriedades químicas do solo, num período de cinco anos, em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. Anais. Piracicaba, SBRS, 1992. p.112-113.
- SHEAR, G.M. & MOSCHLER, W.W. Continuous corn by the no-tillage and continuous tillage methods: a six-year comparison. *Agron. J.*, Madison, 58(1):147-148, 1969.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R. & MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento de grãos da soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 7(1):103-106, 1983.
- SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo de solo no seu nível de fertilidade. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 9(3):249-254, 1985.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análise de solos, plantas e outros materiais. Porto Alegre, UFRGS/FAGRON, 1985. (Boletim técnico, 15)
- TRIPLETT JR., G.B. & VAN DOREN, JR., D.M. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization of non-tilled maize. *Agron. J.*, Madison, 61(4):637-639, 1969.
- WÜNSCHE, W.A. & DENARDIN, J.E. Perdas de solo e escoamento de água sob chuva natural em latossolo vermelho escuro nas culturas de trigo e soja. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p.289-296.