

## ROTAÇÃO DE CULTURAS PARA CEVADA, APÓS DEZ ANOS: EFEITOS NA FERTILIDADE DO SOLO

### CROP ROTATION SYSTEMS FOR BARLEY, AFTER TEN YEARS: EFFECTS ON SOIL FERTILITY

Henrique Pereira dos Santos<sup>1</sup> Gilberto Omar Tomm<sup>2</sup>

#### RESUMO

A fertilidade do solo foi avaliada, após dez anos (1984 a 1994), num latossolo bruno álico, em Guarapuava, PR, Brasil, em quatro sistemas de rotação de culturas para cevada: sistema I (cevada/soja); sistema II (cevada/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989, e cevada/soja e aveia branca/soja, de 1990 a 1993); sistema III (cevada/soja, linho/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989, e cevada/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, de 1990 a 1993); e sistema IV (cevada/soja, linho/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho). Através de contrastes, foram comparados os sistemas e as profundidades de amostragem de solo. Os sistemas de rotação de culturas para cevada, sob plantio direto, elevaram os valores de matéria orgânica, de P e de K, principalmente na camada 0 a 5cm. Os valores de pH, de Ca+Mg, de matéria orgânica, de P e de K foram mais elevados na camada 0 a 5cm, em comparação aos verificados na camada 15 a 20cm. Tendência inversa foi observada para os teores de Al trocável.

**Palavras-chave:** sucessão de culturas, fertilidade do solo, calagem, plantio direto.

#### SUMMARY

Soil fertility parameters were evaluated after ten years (1984 to 1994) of no-tillage cropping in a latossolo bruno álico, in Guarapuava, state of Paraná, Brazil, under four barley crop rotation systems as follows: system I (barley/soybean); system II (barley/soybean and common vetch/corn, from 1984 to 1989, and barley/soybean and white oats/soybean, from 1990 to 1993); system III (barley/soybean, flax/soybean, and common vetch/corn, from 1984 to 1989, and barley/soybean, common vetch/corn, and white oats/soybean, from 1990 to 1993); and system IV (barley/soybean, flax/soybean, white oats/soybean and common vetch/corn). Crop systems and soil samples at different depths were compared using the contrast procedure. Barley crop rotation systems, under no-till, raised organic matter, P, and K

contents, chiefly in the 0 to 5cm layer. Higher pH and Ca+Mg values were observed in the soil layer 0 to 5cm, as compared to the 15 to 20cm layer. The opposite was observed for exchangeable Al contents.

**Key words:** crop succession, soil fertility, liming, no-tillage.

#### INTRODUÇÃO

Para que os sistemas agrícolas sejam estáveis e continuamente produtivos, é necessário manter as condições físicas do solo, adicionar os nutrientes conforme a necessidade das culturas e controlar a erosão por métodos efetivos que não tornem oneroso o processo de produção (ALBUQUERQUE *et al.*, 1995). Estudos recentes indicam que a adequada cobertura do solo por resíduos vegetais pode reduzir as perdas de solo por erosão, manter o conteúdo de matéria orgânica e contribuir para a manutenção da produtividade das culturas. Para manter o solo coberto com palha, recomenda-se o uso de sistemas de manejo conservacionista, como plantio direto (PD), pois este também apresenta outras vantagens em relação ao sistema convencional de preparo do solo (PC), como economia de tempo, de combustível e de trabalho.

Trabalhos conduzidos nos Estados Unidos da América (EUA), com a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, revelaram acúmulo significativo de matéria orgânica, de P extraível, de Ca trocável, de Mg trocável e de K trocável do solo,

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, CP 451, 99001-970 Passo Fundo (RS). E mail: hpsantos@cnpq.embrapa.br. Bolsista do CNPq. Autor para correspondência.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, PhD., Embrapa-CNPQ. Bolsista do CNPq.

na camada 0 a 5cm, após seis anos de PD (SHEAR & MOSCHLER, 1969 e TRIPLETT Jr. & Van DOREN Jr., 1969). Além disso, os primeiros autores verificaram a acidificação do solo, após esse período, necessitando nova calagem, posto que aplicaram apenas  $1,1 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário três anos antes da primeira avaliação.

Trabalhos conduzidos nos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul apresentaram acúmulo de Ca trocável, de Mg trocável e de K trocável, bem como de P extraível, nas camadas superficiais do solo, a partir de três ou quatro anos de cultivo sob PD (BOUGLÉ & PEREIRA, 1978, MUZILLI, 1983 e SIDIRAS & PAVAN, 1985). Nesses casos, houve aumento de pH e, em consequência, redução do nível de Al trocável na camada 0 a 10cm do solo. Os mesmos autores não verificaram efeito dos sistemas de rotação de culturas sobre a fertilidade do solo, em PD.

No trabalho realizado por SANTOS & LHAMBY (1992), em latossolo bruno álico, no estado do Paraná, durante cinco anos, sob PD, foi observada uma diminuição nos valores de pH e de Ca + Mg trocáveis do solo, com o aumento da profundidade de amostragem de 0 a 20cm, enquanto os teores de Al trocável, de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável foram mais elevados na superfície do solo, em comparação às camadas mais profundas (15 a 20cm). Não foram verificados efeitos dos sistemas de rotação de culturas para trigo sobre a fertilidade do solo. Pesquisa conduzida por SANTOS & TOMM (1994), em latossolo vermelho escuro distrófico, no estado do Rio Grande do Sul, sob PD, verificaram diminuição no pH, nos teores de Ca + Mg trocáveis, na matéria orgânica, no P extraível e no K trocável, com o aumento da profundidade de amostragem do solo. Os mesmos autores observaram diferenças significativas entre os sistemas de rotação de culturas para triticle sobre os teores de matéria orgânica e de K trocável do solo.

Deve ser levado em consideração que existem relativamente poucos trabalhos de rotação de culturas que tratam dos efeitos na fertilidade do solo. Esses trabalhos necessitam de dois ciclos de rotação para serem mais bem avaliados.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de quatro sistemas de rotação de culturas para cevada, sob plantio direto, após dez anos, sobre a fertilidade do solo, em Guarapuava, PR.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., município de Guarapuava, PR, no período de 1984 a 1993, em

latossolo bruno álico, de textura franco argilosa (EMBRAPA, 1984). Nesse mesmo local, antes da instalação do experimento, foram conduzidas lavouras de cevada ou de trigo, no inverno, e de milho ou de soja, no verão, com preparo convencional do solo.

Os tratamentos consistiram de quatro sistemas de rotação de culturas de inverno e de verão, tendo a cevada como cultura base do sistema, a saber: I (cevada/soja); sistema II (cevada/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989, e cevada/soja e aveia branca/soja, de 1990 a 1993); sistema III (cevada/soja, ervilhaca/milho e linho/soja, de 1984 a 1989, e cevada/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, de 1990 a 1993); e sistema IV (cevada/soja, linho/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja). As culturas foram estabelecidas em plantio direto, exceto em 1989, quando o solo foi arado e gradeado após a aplicação de calcário, antes da semeadura das culturas de inverno.

Em abril de 1984, antes da semeadura das culturas de inverno, foram coletadas amostras de solo em cada parcela, na profundidade 0 a 20cm, e os valores médios indicaram: pH = 5,1, Al trocável =  $8,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , Ca + Mg trocáveis =  $58,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , matéria orgânica =  $67,0 \text{ g kg}^{-1}$ , P extraível =  $3,4 \text{ mg kg}^{-1}$  e K trocável =  $71 \text{ mg kg}^{-1}$ . O solo da área experimental foi corrigido com  $3,7 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário (PRNT 75 %) e com  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de termofosfato magnésiano Yoorin ( $180 \text{ g kg}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $90 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg e  $200 \text{ g kg}^{-1}$  de Ca), incorporado com grade de discos. Posteriormente, uma segunda correção da acidez foi efetuada em 1989, com  $11,7 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário, com PRNT 75 %, aplicadas em duas vezes: metade antes da aração (arado de discos) e metade antecedendo a gradagem da área (grade pesada ou grade niveladora). Em ambas as aplicações, o calcário correspondeu à metade da dose necessária para elevar o pH em água para 6,0. As amostragens de solo, para a determinação de níveis de nutrientes e do teor de matéria orgânica, foram realizadas anualmente, sempre após a colheita das culturas de inverno e de verão. A adubação de manutenção e a correção da acidez do solo foram baseadas nos valores médios da análise do solo da área experimental.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. A área útil da parcela foi de  $60 \text{ m}^2$  (10m de comprimento por 6m de largura).

Em maio de 1994, após as culturas de verão, foram coletadas amostras de solo compostas (seis subamostras por parcela) nas profundidades 0 a 5cm, 5 a 10cm, 10 a 15cm e 15 a 20cm. As análises (pH em água, P extraível, K trocável, matéria orgânica

nica, Al trocável e Ca+Mg trocáveis) seguiram a metodologia descrita por TEDESCO *et al.* (1985). A fertilidade do solo foi comparada entre os quatro sistemas de rotação de culturas para cevada. As quatro profundidades de amostragem de solo foram comparadas dentro de um mesmo sistema de rotação. Todas as comparações foram realizadas através de contrastes com um grau de liberdade (STEEL & TORRIE, 1980). A significância dos contrastes foi dada pelo teste F, levando-se em conta o desdobramento dos graus de liberdade do erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação de pH, após dez anos de cultivo, está especialmente relacionada com a aplicação de  $11,7\text{ t ha}^{-1}$  de calcário (PRNT 75 %), em abril de 1989 (Tabela 1). Convém salientar que, pelas informações que se tem hoje, talvez fosse prescindível aplicar essa quantidade de calcário, usando-se apenas parte dessa recomendação na superfície do solo. Isso explica porque esses resultados contrariam os de SHEAR & MOSCHLER (1969), no estado da Virginia, Estados Unidos da América (EUA), face à baixa dose de calcário aplicada, onde o valor de pH na camada 0 a 5cm (5,4) foi menos elevado, em comparação aos valores de pH na camada 0 a 20cm, antes do estabelecimento do experimento (6,0). SIDIRAS & PAVAN (1985), no estado do Paraná, após quatro anos, também observaram valores menores de pH em solo latossolo roxo distrófico, na camada 0 a 10cm (5,4), do que antes da instalação do experimento (5,6). Nesse experimento, em novembro de 1988, SANTOS & SIQUEIRA (1996) observaram, passados 4,5 anos desde a aplicação de calcário (abril 1984), que a quantidade de corretivo ( $3,7\text{ t ha}^{-1}$ , PRNT 75 %) aplicada ao solo foi insuficiente para manter o pH em nível desejado (entre 5,50 a 6,00) (SOCIEDADE..., 1995). SANTOS & LHAMBY (1992), no estado do Paraná, na mesma localidade desse experimento, trabalhando com sistemas de rotação de culturas para trigo, sob plantio direto (PD), constataram efeito residual para a calagem de, aproximadamente, dois anos e meio.

Na profundidade 5 a 10cm, os sistemas II (5,80) e III (5,86) mostraram valor de pH do solo menor, em comparação ao sistema IV (6,00) (Tabela 1). Todavia, essas diferenças não são agronomicamente relevantes. Resultados similares foram observados por SANTOS & TOMM (1994), trabalhando com sistemas de rotação de culturas para triticales, durante seis anos, sob PD, em latossolo vermelho escuro distrófico, no estado do Rio Grande do Sul.

Entre determinadas profundidades de amostragem, foram verificadas diferenças significativas de pH do solo, em alguns sistemas. O pH do

solo diminuiu gradativamente com o aumento na profundidade de amostragem de solo (de 5,84 a 5,93, na camada de 0 a 5cm, para 5,58-5,63, na camada de 15 a 20cm). Nesse caso, é possível que o calcário não tenha sido distribuído uniformemente na camada de 0-20cm. Como o calcário tem pouca mobilidade no solo, acabou reagindo próximo à superfície do solo. Na primeira avaliação do mesmo experimento, realizada por SANTOS & SIQUEIRA (1996), em novembro de 1988, o pH do solo elevou-se gradativamente com o aumento da profundidade de amostragem do solo (4,80 para 5,10), o que também deve ter sido influenciado pela quantidade de calcário aplicada em abril de 1984. Isso ocorre devido à menor dose de calcário aplicada, tanto incorporado como aplicado na superfície do solo. Tendência semelhante foi observada por SANTOS & LHAMBY (1992) (5,20 para 4,90), em 1988, após cinco anos.

A diminuição dos teores de Al trocável deve-se à quantidade de calcário aplicada em abril de 1989 (Tabela 1). Na primeira avaliação, em novembro de 1988 (SANTOS & SIQUEIRA, 1996), o valor de Al trocável do solo ( $9,3\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ), na camada 0 a 5cm, foi mais elevado, em relação ao valor obtido por ocasião da segunda leitura, em maio de 1994.

Não houve diferenças significativas entre os valores médios de Al trocável do solo, nos diferentes sistemas de rotação (Tabela 1). Isso está relacionado com os dados obtidos para os valores de pH do solo, onde se observou diferença de pH do solo entre alguns sistemas apenas em uma profundidade. Essa diferença tem sido observada na quase totalidade dos ensaios de longa duração. Similarmente, SANTOS & TOMM (1994) não verificaram diferenças significativas nos valores de Al trocável, entre cinco sistemas de rotação de culturas para triticales, após seis anos de cultivo, sob PD, em latossolo vermelho escuro distrófico, no estado do Rio Grande do Sul.

Ao compararem-se os níveis de Al trocável entre as profundidades de amostragem de um mesmo sistema de rotação, foram registradas diferenças significativas. Os valores de Al trocável do solo aumentaram da camada 0 a 5cm para a camada 15 a 20cm (de 0,0-0,1 para 0,8-1,3 $\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ). Na primeira avaliação da evolução da fertilidade nesse experimento (SANTOS & SIQUEIRA, 1996), em novembro de 1988, os valores de Al trocável do solo diminuíram da camada 0 a 5cm ( $9,3\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ) para a camada 15 a 20cm ( $5,7\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ). Semelhante tendência (de 9,5 para 6,0 $\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ), na mesma localidade, foi observada por SANTOS & LHAMBY (1992), no estado do Paraná, avaliando

Tabela 1 - Valores médios de pH em água, de Al trocável e de Ca + Mg trocáveis avaliados após as culturas de verão de 1994, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas.

Sistema de rotação	Profundidade das camadas de solo amostradas (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15
	x	x	x	x	5-10	10-15	15-20	10-15	15-20	15-20
----- pH (1:1) -----					----- Contrastes entre profundidades -----					
I	5,93	5,88	5,78	5,60	ns	ns	*	ns	ns	ns
II	5,86	5,80	5,69	5,58	*	ns	*	*	ns	*
III	5,84	5,86	5,78	5,62	ns	ns	ns	ns	ns	ns
IV	5,89	6,00	5,84	5,63	ns	ns	*	ns	*	*
Contrastes entre sistemas										
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	ns	*	ns	ns						
III x IV	ns	*	ns	ns						
----- Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----					----- contrastes entre profundidades -----					
I	0,0	0,0	0,3	0,8	ns	ns	*	ns	*	ns
II	0,0	0,3	0,6	1,3	*	ns	ns	*	ns	ns
III	0,1	0,1	0,2	1,1	*	ns	*	ns	ns	ns
IV	0,1	0,1	0,4	1,0	ns	ns	*	ns	*	*
Contrastes entre sistemas										
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	ns	ns	ns	ns						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
----- Ca + Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----					----- contrastes entre profundidades -----					
I	130	127	108	96	ns	*	*	*	*	ns
II	130	116	105	95	*	ns	*	*	ns	*
III	126	126	115	98	ns	ns	*	*	ns	*
IV	129	131	115	98	*	ns	*	*	*	*
Contrastes entre sistemas										
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	ns	*	ns	ns						
III x IV	ns	ns	ns	ns						

ns = não significativo.

\* = nível de significância de 5 %.

Sistema I: cevada/soja; sistema II: cevada/soja e aveia branca/soja; sistema III: cevada/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; e sistema IV: cevada/soja, linho/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja.

sistemas de rotação de culturas para trigo, sob PD. O aumento no teor de Al trocável com o aumento da profundidade, encontrado no presente experimento, está relacionado com a redução no efeito residual da calagem aplicada na superfície ou indica que, eventualmente, na incorporação do calcário uma maior

proporção do corretivo aplicado ficou retida nas camadas próximas à superfície.

O valor médio de Ca+Mg trocáveis do solo (95 a 131 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) (Tabela 1), em todas as camadas, é considerado alto para o crescimento e desenvolvimento das culturas da região (REUNIÃO,

1995). Isso decorre da aplicação de  $3,7\text{ t ha}^{-1}$  de calcário (PRNT 75 %), em abril de 1984, para corrigir a área experimental antes da instalação, e de  $11,7\text{ t ha}^{-1}$  (PRNT 75 %) de calcário, após cinco anos de condução do experimento. A aplicação de calcário do tipo dolomítico, onde tanto o cálcio como o magnésio foram fornecidos em grandes quantidades, fez com que os teores desses elementos ultrapassassem aqueles correspondentes aos níveis críticos das espécies que compuseram os sistemas de rotação (SOCIEDADE..., 1995). Dados similares (de  $73,3$  a  $86,8\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ) foram observados por SANTOS & LHAMBY (1992), em 1988, na mesma localidade, com aplicação de  $3,7\text{ t ha}^{-1}$ .

O sistema IV apresentou teor de Ca+Mg trocáveis ( $131\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ) mais elevado do que o sistema II ( $116\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ), na camada 5 a 10cm (Tabela 1). Para os demais sistemas, não houve diferenças significativas nessa camada de solo. Isso foi igualmente verdadeiro para as demais profundidades de amostragem de solo, nos diferentes sistemas de rotação, em ambos os períodos estudados. Tendência similar foi descrita por SANTOS & TOMM (1994), que não verificaram diferenças significativas para os teores de Ca+Mg trocáveis entre os cinco sistemas de rotação de culturas para triticales, após seis anos, sob PD, em latossolo vermelho escuro distrófico, no estado do Rio Grande do Sul.

Nas comparações dentro de um mesmo sistema de rotação, foram observadas diferenças significativas de Ca+Mg trocáveis do solo, entre determinadas profundidades de amostragem, em alguns sistemas de rotação. O teor de Ca+Mg trocáveis diminuiu da camada 0 a 5cm ( $126\text{--}130\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ) para a camada 15 a 20cm ( $95\text{--}98\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ). Isso pode ter sido reflexo da distribuição do calcário na camada 0-20cm. Dados semelhantes foram obtidos por SIDIRAS & PAVAN (1985), trabalhando com manejo de solo e com sistemas de rotação de culturas para trigo ( $74,0$  para  $62,0\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ), e por SANTOS & TOMM (1994), com sistemas de rotação de culturas para triticales. No presente experimento, por ocasião da primeira avaliação, em novembro de 1988, SANTOS & SIQUEIRA (1996) verificaram tendência oposta, ou seja, houve aumento nos valores de Ca+Mg trocáveis da camada de 0 a 5cm ( $64,2\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ) para a camada 15 a 20cm ( $71,4\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ). Resultados similares foram obtidos por SANTOS & LHAMBY (1992) ( $73,3$  para  $86,8\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ).

Na avaliação de novembro de 1988, os teores de matéria orgânica na camada de 0 a 5cm dos sistemas de rotação de culturas II, III e IV foram superiores aos encontrados por ocasião da segunda leitura ( $48,9$  a  $56,6\text{ g kg}^{-1}$ ), em maio de 1994, apre-

sentado-se o sistema I (monocultura cevada/soja) como uma exceção, com teores ligeiramente inferiores ( $64,0$  a  $66,8\text{ g kg}^{-1}$ ), nas diferentes profundidades de amostragens do solo.

Já, na avaliação de maio de 1994, não houve diferenças significativas entre as médias dos diferentes sistemas de rotação para os valores de matéria orgânica (Tabela 2). De forma semelhante, SANTOS & TOMM (1994), trabalhando com sistemas de rotação de culturas para triticales, durante seis anos, sob PD, em latossolo vermelho escuro distrófico, no estado do Rio Grande do Sul, observaram teores de matéria orgânica do solo ( $22,7\text{ g kg}^{-1}$ ) menores na monocultura desse cereal (sistema I) do que em todos os demais sistemas de rotação de culturas de inverno (de  $24,1$  a  $24,3\text{ g kg}^{-1}$ ), na profundidade 10 a 15cm. Na profundidade de amostragem de solo 5 a 10cm, no sistema com triticales a cada três anos (triticales/soja, triticales/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho) ( $26,1\text{ g kg}^{-1}$ ), verificaram-se teores de matéria orgânica mais elevados do que na monocultura triticales/soja ( $24,3\text{ g kg}^{-1}$ ). A rotação de culturas tem papel importante na reciclagem de nutrientes, entre eles o nitrogênio, porque as espécies vegetais diferem entre si no tocante à quantidade de resíduos fornecidos, à eficiência de absorção de íons e à exploração de diferentes profundidades do solo.

Foram verificadas diferenças significativas nos teores de matéria orgânica entre determinadas profundidades de amostragem do solo, em três sistemas de rotação. Com exceção do sistema III, os valores de matéria orgânica do solo decresceram progressivamente da camada 0 a 5cm ( $55$  a  $57\text{ g kg}^{-1}$ ) para a camada 15 a 20cm ( $49$  a  $50\text{ g kg}^{-1}$ ). Tendências semelhantes nas variações entre teor de matéria orgânica na camada 0 a 5cm e na camada 15 a 20cm foram verificadas por SANTOS & LHAMBY (1992) (de  $73,0$  para  $70,0\text{ g kg}^{-1}$ ), SÁ (1993) (de  $52,8$  para  $35,4\text{ g kg}^{-1}$ ) e por SANTOS & TOMM (1994) (de  $29,6$  para  $22,3\text{ g kg}^{-1}$ ), em sistemas de rotação de culturas para trigo e para triticales, sob PD. A manutenção do teor de matéria orgânica em valores mais elevados, apenas na camada superficial do solo, decorre do acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície do solo sob PD e pela não incorporação física destes através do revolvimento do solo, o que diminui a taxa de mineralização. Resultados semelhantes foram obtidos por MUZILLI (1983).

Os teores de P extraível do solo ( $2,6$  a  $7,1\text{ mg kg}^{-1}$ ), em todas as camadas (Tabela 2), foram inferiores ao valor considerado crítico, nesse tipo de solo ( $9,0\text{ mg kg}^{-1}$ ), para o crescimento e desenvolvimento das culturas (REUNIÃO, 1995).

Tabela 2 - Valores médios de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável avaliados após as culturas de verão de 1994, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas.

Sistema de rotação	Profundidade das camadas de solo amostradas (cm)					
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5
					x 5-10	x 10-15
					0-5 x 15-20	5-10 x 10-15
					5-10 x 15-20	10-15 x 15-20
-- Matéria orgânica (g dm <sup>-3</sup> ) -						
I	55	52	51	49	*	*
II	57	53	51	50	*	*
III	55	52	51	49	ns	ns
IV	56	52	50	49	*	*
Contrastes entre sistemas						
I x II	ns	ns	ns	ns		
I x III	ns	ns	ns	ns		
I x IV	ns	ns	ns	ns		
II x III	ns	ns	ns	ns		
II x IV	ns	ns	ns	ns		
III x IV	ns	ns	ns	ns		
----- P (mg dm <sup>-3</sup> ) -----						
I	6,1	6,9	3,5	2,7	ns	*
II	7,1	5,4	3,1	2,8	*	ns
III	6,6	5,8	3,1	2,9	ns	ns
IV	7,1	6,5	3,3	2,6	*	ns
Contrastes entre sistemas						
I x II	ns	ns	ns	ns		
I x III	ns	ns	ns	ns		
I x IV	ns	ns	ns	ns		
II x III	ns	ns	ns	ns		
II x IV	ns	ns	ns	ns		
III x IV	ns	ns	ns	ns		
----- K (mg dm <sup>-3</sup> ) -----						
I	166	123	110	82	*	*
II	187	123	95	69	*	*
III	151	111	91	87	ns	ns
IV	167	120	97	77	ns	ns
Contrastes entre sistemas						
I x II	ns	ns	ns	ns		
I x III	ns	ns	ns	ns		
I x IV	ns	ns	ns	ns		
II x III	*	ns	ns	ns		
II x IV	ns	ns	ns	ns		
III x IV	ns	ns	ns	ns		

ns = não significativo.

\* = nível de significância de 5 %.

Sistema I: cevada/soja; sistema II: cevada/soja e aveia branca/soja; sistema III: cevada/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; e sistema IV: cevada/soja, linho/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja.

Os valores de P extraível do solo não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes sistemas de rotação (Tabela 2). Isso tem sido observado nesse tipo de trabalho. Resultados semelhantes foram obtidos por SANTOS & TOMM (1994).

Em todos os sistemas avaliados, foram verificadas diferenças significativas nos valores de P extraível entre determinadas profundidades de amostragem. Em todos os sistemas, os teores absolutos de P extraível na camada 0 a 5cm (6,1-7,1mg kg<sup>-1</sup>) foram superiores ao dobro dos teores verifica-



dos na camada 15 a 20cm ( $2,6-2,9\text{mg kg}^{-1}$ ). Dados semelhantes foram observados por SHEAR & MOSCHLER (1969) (de 59,0 para  $11,0\text{mg kg}^{-1}$ ), por TRIPLETT Jr. & Van DOREN Jr. (1969) (de 117,0 para  $37,0\text{mg kg}^{-1}$ ), por SANTOS & LHAMBY (1992) (de 13,6 para  $5,8\text{mg kg}^{-1}$ ) e por Sá (1993) (de 35,2 para  $12,5\text{mg kg}^{-1}$ ), sob PD. Segundo SIDIRAS & PAVAN (1985), o acúmulo de P extraível próximo à superfície do solo decorre das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, da liberação de P durante a decomposição dos resíduos vegetais e da menor fixação de P, devida ao menor contato desse elemento com os constituintes inorgânicos do solo, uma vez que não há revolvimento do solo.

Os teores de K trocável, nas camadas 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 15cm (Tabela 2), foram superiores ao valor considerado crítico ( $80\text{mg kg}^{-1}$ ) para o crescimento e desenvolvimento das culturas (REUNIÃO, 1995).

O teor de K trocável na camada 0 a 5cm foi maior no sistema II ( $187\text{mg kg}^{-1}$ ) do que no sistema III ( $151\text{mg kg}^{-1}$ ) (Tabela 2). SANTOS & TOMM (1994) verificaram que os valores de K trocável foram significativamente mais elevados no sistema I (monocultura triticalesoja= $71\text{mg kg}^{-1}$ ) do que nos sistemas II (triticalesoja e aveia branca/soja=  $54\text{mg kg}^{-1}$ ), IV (triticalesoja aveia branca/soja e ervilhaca/milho=  $53\text{mg kg}^{-1}$ ) e V (triticalesoja, triticalesoja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho=  $48\text{mg kg}^{-1}$ ), na camada 15 a 20cm.

Entre a maioria das profundidades de amostragem de solo, nos sistemas de rotação avaliados, foram verificadas diferenças significativas de K trocável, com uma tendência a decréscimo nos teores com o aumento da profundidade. Nessas observações, os sistemas apresentaram teores de K trocável mais elevados na camada 0 a 5cm, em relação à camada 15 a 20cm, com exceção do sistema III. A exemplo do verificado com P extraível, também verificou-se acúmulo de K trocável nas camadas próximas à superfície nos diferentes sistemas de rotação. Os teores de K trocável na camada 0 a 5cm (de 166 a  $187\text{mg kg}^{-1}$ ) foram 2,2 a 2,4 vezes maiores que a concentração observada na camada 15 a 20cm (de 69 a  $82\text{mg kg}^{-1}$ ), para os sistemas I, II e IV. Acúmulos similares de K trocável, na camada 0 a 5cm, em relação à camada 15 a 20cm, foram relatados por SHEAR & MOSCHLER (1969) (de 159 a  $98\text{mg kg}^{-1}$ ), por TRIPLETT Jr. & Van DOREN Jr. (1969) (de 278 a  $121\text{mg kg}^{-1}$ ), por SANTOS & LHAMBY (1992) (de 167 a  $53\text{mg kg}^{-1}$ ) e por SANTOS & TOMM (1994) (de 200 a  $71\text{mg kg}^{-1}$ ).

Os dados indicam que a adubação e a calagem de acordo com as recomendações vigentes (ROLAS), no plantio direto, num período de dez

anos, com utilização de espécies com habilidade diferenciada no aproveitamento de nutrientes do solo ou com sistema radicular alcançando profundidades variadas, seguramente permite a manutenção e, provavelmente, a elevação dos teores de Ca + Mg trocáveis, de K trocável e de P extraível, principalmente na camada 0 a 5cm. Isso decorre da aplicação de fertilizantes na camada superficial, sem incorporação mecânica, e da mineralização lenta e gradual dos resíduos vegetais. Conseqüentemente, houve a concentração desses nutrientes nas camadas superficiais e sua gradual diminuição nas camadas mais profundas, influenciando a disponibilidade e o aproveitamento destes pelas espécies em estudo.

## CONCLUSÕES

1. Os teores de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável, diminuíram gradualmente com a profundidade.
2. Na camada de solo 0 a 5cm, são verificados valores maiores de pH e de Ca + Mg trocáveis, em relação à camada 15 a 20cm e, conseqüentemente, os teores de Al trocável são menores na camada 0 a 5cm do que naquelas mais profundas.
3. Não foram verificados efeitos dos sistemas de rotação de culturas para cevada sobre a fertilidade do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J.A., REINERT, D.J., FIORIN, J.E., *et al.*. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, 1995.
- BOUGLÉ, B.R., PEREIRA, L.R. Sistemas de produção de trigo-soja: informe preliminar sobre a evolução de algumas características do solo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Solos e técnicas culturais, economia e sanidade**. Passo Fundo: EMBRAPA, 1978, v. 2, p. 31-39.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Curitiba: Embrapa-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984, v. 1, 412 p. Embrapa-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 27; IAPAR. Boletim Técnico, 16.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983.
- REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 15., 1995, Jaguariúna. **Recomendações da Comissão de Pesquisa de Cevada para o cultivo de cevada cervejeira em 1995 e 1996**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1995, 57 p. Documentos, 21.

- SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, FUNDACEP FECOTRIGO/FUNDAÇÃO ABC, Ed. Aldeia Norte, 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., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SBSC, 1992, p. 114-115.
- SANTOS, H.P. dos, SIQUEIRA, O.J.F. de. Plantio direto e rotação de culturas para cevada: efeitos sobre a fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 163-169, 1996.
- SANTOS, H.P. dos, TOMM, G.O. Evolução da fertilidade do solo sob diversos sistemas de rotação de culturas com triticale. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Anais...** Petrolina, SBSC/Embrapa-CPATSA, 1994, p. 357-358.
- SHEAR, G.M., MOSCHLER, W.W. Continuous corn by the non-tillage and continuous tillage methods: a six-year comparison. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, n. 1, p. 524-526, 1969.
- SIDIRAS, N., PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 249-254, 1985.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de fertilidade do solo - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3.ed., 2.reimp. Passo Fundo: SBSC-Núcleo Regional, 1995, 224 p.
- STEEL, G.D., TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1980, 633 p.
- TEDESCO, M.J., VOLKWEISS, S.J., BOHNEN, H. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS FAGRON, 1985, 32 p. Boletim Técnico, 5.
- TRIPLETT Jr., G.B. VAN DOREN, Jr., D.M. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization of non-tilled maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 61, n. 4, p. 637-639, 1969.

**Ciência Rural, v. 28, n. 4, 1998.**