

PLANTIO DIRETO E ROTAÇÃO DE CULTURAS PARA CEVADA: EFEITOS SOBRE A FERTILIDADE DO SOLO⁽¹⁾

H. P. dos SANTOS⁽²⁾ & O. J. W. de SIQUEIRA⁽³⁾

RESUMO

De 1984 a 1988, em Guarapuava (PR), avaliou-se a fertilidade de um latossolo bruno álico submetido a sistemas de rotação de culturas para cevada: sistema I [cevada (*Hordeum vulgare* L.)/soja (*Glycine max* L.)]; sistema II [cevada/soja e ervilhaca (*Vicia sativa* L.)/milho (*Zea mays* L.)]; sistema III [cevada/soja, linho (*Linum usitatissimum* L.)/soja e ervilhaca/milho] e sistema IV [cevada/soja, linho/soja, aveia-branca (*Avena sativa* L.)/soja e ervilhaca/milho]. Os teores de Ca + Mg trocáveis, de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável mantiveram-se acima dos teores medidos antes do estabelecimento do experimento. Para P extraível e K trocável, as quantidades aplicadas pela fertilização foram superiores às extraídas pelas culturas, o que manteve teores suficientes para o desenvolvimento das diversas espécies ao longo do tempo. Nesse período, houve aumento dos valores de pH e de Ca + Mg trocáveis com a profundidade de amostragem, enquanto os teores de Al trocável, matéria orgânica, P extraível e K trocável apresentaram acúmulo na camada de superfície do solo 0-5 cm, em relação à mais profunda (10-15 cm). Comparados à monocultura, os sistemas de rotação mostraram a elevação dos teores de matéria orgânica na camada de 0-5 cm.

Termos de indexação: rotação de culturas, nutrientes, solo, sistema plantio direto.

SUMMARY: NO-TILLAGE AND CROP ROTATION SYSTEMS FOR BARLEY EFFECTS ON SOIL FERTILITY

A field experiment was carried out in a "latossolo bruno álico" soil in Guarapuava, State of Paraná, Brazil, from 1984 to 1988. Several soil properties related to fertility were assessed. Four crop rotation systems for barley were studied: system I [barley (*Hordeum vulgare* L.)/soybean (*Glycine max* L.)]; system II [barley/soybean and common vetch (*Vicia sativa* L.)/corn (*Zea mays* L.)]; system III [barley/soybean, flax (*Linum usitatissimum* L.)/soybean, and common vetch/corn]; and system IV [barley/soybean, flax/soybean, white oats (*Avena sativa* L.)/soybean, and common vetch/corn]. Exchangeable Ca + Mg, organic matter content, available P, and exchangeable K were always higher than the initial levels. However, the amounts of P and K applied as fertilizers were somewhat higher than the P and K extracted by crops.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em abril de 1994 e aprovado em janeiro de 1996.

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

⁽³⁾ Pesquisador da EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisas Agropecuárias de Clima Temperado (CPACT), Caixa Postal 553, CEP 96001-970 Pelotas (RS).

Both pH values and the contents of exchangeable Ca + Mg, increased with depth from surface (0-5 cm) to deeper layers (10-15 cm), whereas the values of exchangeable Al, organic matter percentage, available P, and exchangeable K, were higher closer to the surface. Cropping systems with a one, two or three year rotation showed a higher organic matter content in the 0-5 cm depth soil layer than monoculture (system 1).

Index terms: crop rotation, nutrients, soil, no-tillage.

INTRODUÇÃO

A reciclagem de nutrientes é muito importante aos sistemas agrícolas de produção, especialmente em climas tropicais e subtropicais, onde é intensa a lixiviação de cátions trocáveis, principalmente cálcio, magnésio e potássio. Para Baldock et al. (1981), a rotação de culturas possui papel importante na reciclagem de nutrientes, entre eles a de nitrogênio. Assim, de acordo com Mengel & Kirkby (1987), as espécies vegetais diferem entre si com referência à quantidade de resíduos fornecidos, à eficiência de absorção de íons e à capacidade de exploração de diferentes profundidades de solo.

Trabalhos com sistemas de rotação de culturas para trigo, conduzidos na EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), em Passo Fundo, RS, sob sistema de preparo convencional de solo (PC), no inverno, e sob sistema plantio direto (PD), no verão, não apresentaram efeitos relevantes para algumas propriedades químicas do solo (Santos & Reis, 1989, e Santos & Roman, 1989). Por outro lado, ao longo do tempo, sistemas de rotação ou de sucessão de culturas sob PD (inverno e verão) podem promover mudanças físicas, químicas e biológicas no solo, cujos efeitos se refletirão no aproveitamento de nutrientes pelas plantas (Comissão de Fertilidade..., 1994).

Entre os primeiros estudos sobre manejo de solo envolvendo PD no Brasil, inclui-se o de Ramos (1977), no Paraná. O autor observou teores de fósforo mais elevados nas folhas de milho sob PD, em relação ao PC, atribuindo esse fato a maiores teores de água no solo sob PD, os quais teriam favorecido o processo de difusão de fósforo até as raízes das plantas.

Pesquisas durante diversos anos por Muzilli (1983) possibilitaram constatar acúmulos de cálcio, magnésio e potássio trocáveis, bem como de fósforo extraível, nas camadas superficiais, sob PD, em comparação ao PC. Nesses casos, não foram, no entanto, constatados reflexos nos teores de matéria orgânica, bem como nos processos de reacidificação do solo, entre os dois sistemas de manejo. Sidiras & Pavan (1985) observaram que os sistemas de manejo de solo, tanto o PD como a cobertura permanente do solo com soja-perene (*Glycine wightii* Verdc.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), resultaram na manutenção ou no aumento de pH e dos teores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis e de fósforo extraível do solo, em relação ao PC.

Santos & Lhamby (1992), estudando sistemas de rotação de culturas para trigo sob PD, verificaram que os valores de pH e de Ca + Mg aumentaram, enquanto

os de Al, matéria orgânica, P e K diminuíram, desde a superfície (0-5 cm) até as camadas mais profundas (10-15 cm).

No presente trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos de sistemas de rotação de culturas para cevada sobre a fertilidade do solo, após quatro anos e meio sob PD.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em condições de campo, junto à Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., em Guarapuava (PR), e desenvolvido de 1984 a 1988. No local, tem-se o latossolo bruno álico (EMBRAPA, 1984), que foi submetido a cultivos anteriores com trigo e com cevada, no inverno, e com soja, no verão.

Foram estudados quatro sistemas de rotação de culturas para cevada: sistema I [cevada (*Hordeum vulgare* L.)/soja (*Glycine max* L.)]; sistema II [cevada/soja e ervilhaca (*Vicia sativa* L.)/milho (*Zea mays* L.)]; sistema III [cevada/soja, linho (*Linum usitatissimum* L.)/soja e ervilhaca/milho]; e sistema IV [cevada/soja, linho/soja, aveia-branca (*Avena sativa* L.)/soja e ervilhaca/milho] (Quadro 1). Todas as culturas fo-

Quadro 1. Sistemas de rotação de culturas para cevada, com espécies de inverno e de verão, sob sistema plantio direto. Guarapuava (PR). EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, 1993

Sistemas de rotação ⁽¹⁾	Ano				
	1984	1985	1986	1987	1988
Sistema I	C/S	C/S	C/S	C/S	C/S
Sistema II	C/S	E/M	C/S	E/M	C/S
	E/M	C/S	E/M	C/S	E/M
Sistema III	C/S	L/S	E/M	C/S	L/S
	L/S	E/M	C/S	L/S	E/M
	E/M	C/S	L/S	E/M	C/S
Sistema IV	C/S	L/S	A/S	E/M	C/S
	L/S	A/S	E/M	C/S	L/S
	A/S	E/M	C/S	L/S	A/S
	E/M	C/S	L/S	A/S	E/M

⁽¹⁾ A: aveia-branca; C: cevada; E: ervilhaca; L: linho; M: milho; e S: soja.

ram estabelecidas sob sistema plantio direto. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. A área total de cada parcela correspondeu a 60 m² (6 m de largura x 10 m de comprimento).

Em abril de 1984, antes da semeadura das culturas de inverno, coletaram-se seis subamostras de solo por parcela, na profundidade de 0-20 cm, com os pontos de amostragem distribuídos em forma de X, cujos valores médios foram: pH = 5,1, Al trocável = 8,9 mmol_c dm⁻³, Ca + Mg trocáveis = 58,3 mmol_c dm⁻³, matéria orgânica = 67,0 g kg⁻¹, P extraível = 3,4 mg kg⁻¹ e K trocável = 71 mg kg⁻¹. O solo da área experimental foi corrigido com 3,7 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 75%) e com 300 kg ha⁻¹ de termofosfato magnésiano Yoorin (18% de P₂O₅, 9% de Mg e 20% de Ca), incorporados com grade de discos. O calcário aplicado correspondeu à metade da dose necessária para elevar o pH em água para 6,0. Doses anuais de N, P₂O₅ e K₂O, aplicadas de 1984 a 1988, para as culturas de inverno e de verão, e doses totais desses adubos aplicadas nesse período, para os diferentes sistemas de rotação de culturas, são apresentadas nos quadros 2 e 3. As fontes de nitrogênio foram uréia, em 1984, 1985 e 1987, e sulfato de amônio, em 1986 e 1988. A semeadura, o controle de

plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários foram realizados de acordo com as recomendações das comissões de pesquisa para cada cultura (Reunião de Pesquisa..., 1994; Reunião Anual de..., 1995; Comissão de Fertilidade..., 1994; Comissão Sul-Brasileira..., 1995; Fepagro..., 1995).

Em 1988, após as culturas de inverno, foram coletadas, em cada parcela, seis subamostras de solo em quatro profundidades: 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm. As determinações químicas (pH em água, fósforo extraível, potássio trocável, matéria orgânica, alumínio trocável e cálcio + magnésio trocáveis) seguiram o método descrito por Tedesco et al. (1985). Os parâmetros avaliados nos diversos sistemas de rotação de culturas para cevada e das profundidades de amostragem foram comparados mediante contrastes (seis comparações entre sistemas e seis entre profundidades) 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

Quadro 2. Doses (mínimas e máximas) anuais de N, P₂O₅ e K₂O, aplicadas em nove cultivos, em 1984-88, para as culturas de inverno e de verão

Cultura	Fertilizante		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg ha ⁻¹		
Aveia-branca	0-44	54-90	0-60
Cevada	0-58	54-105	0-70
Ervilhaca	0	54	0
Linho	0-44	54-90	0-60
Milho	15-54	75-90	54-75
Soja	0-4	55-76	40-56

Quadro 3. Doses totais de N, P₂O₅ e K₂O, aplicadas em nove cultivos, em 1984-88, para os diferentes sistemas de rotação de culturas

Sistema de rotação	Fertilizante total aplicado em quatro anos e meio (1984-88)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg ha ⁻¹		
I	222	747	480
II	173	600	410
III	173	628	417
IV	172	641	420

pH, alumínio e cálcio + magnésio trocáveis do solo

O valor de pH do solo (Quadro 4), nas camadas 0-5 e 5-10 cm, em todos os sistemas, foi menor em novembro de 1988 do que antes da instalação do experimento, na camada 0-20 cm de profundidade (pH 5,1), enquanto os valores de Ca + Mg trocáveis do solo (Quadro 4), em todas as camadas estudadas, mantiveram-se acima do valor medido antes do início do experimento (58,3 mmol_c dm⁻³). Como consequência dos valores de pH, os valores de Al trocável do solo (Quadro 4), na camada 0-5 cm, nos sistemas III e IV, foram maiores em novembro de 1988, em relação ao valor de antes da instalação do ensaio (8,9 mmol_c dm⁻³). Os resultados de pH, de Ca + Mg e de Al trocáveis coincidem com os obtidos por Shear & Moschler (1969) e por Santos & Lhamby (1992).

O valor médio de Ca + Mg trocáveis do solo (Quadro 4), em todas as camadas (60,4 a 89,0 mmol_c dm⁻³), é considerado alto para o crescimento e desenvolvimento das culturas da região (Reunião Anual..., 1995). Isso pode ser devido à aplicação de calcário dolomítico, onde tanto o cálcio como o magnésio foram fornecidos em grande quantidade, e os teores passaram a ser superiores aos níveis críticos exigidos pelas espécies que formaram os sistemas de rotação (Comissão de Fertilidade..., 1994).

Em novembro de 1988, como se haviam passado 4,5 anos desde a aplicação de calcário (abril de 1984), observou-se perda do efeito residual da calagem. Santos & Lhamby (1992), trabalhando com sistemas de rotação de culturas para trigo, sob sistema plantio direto (PD), constataram efeito residual para a calagem de, aproximadamente, dois anos e meio (2,5), em latossolo bruno álico (Guarapuava, PR). Bouglé &

Pereira (1978), pesquisando sistemas de manejo do solo (PD e sistema de preparo convencional do solo = PC) e rotação de culturas para trigo e para soja, observaram perda do efeito residual do calcário, com apenas dois anos de cultivo. No PC, o calcário, aplicado nas quantidades recomendadas pela análise de solo, apresenta efeito residual até por cinco anos (Comissão de Fertilidade..., 1994).

Os sistemas de rotação de culturas para cevada, de modo geral, não apresentaram diferenças significativas entre as médias para pH, Al e Ca + Mg trocáveis do solo (Quadro 4). Apesar do período de 4,5 anos e do estabelecimento das espécies sob PD, não ocorreram mudanças químicas significativas no solo entre os sistemas estudados. Era de esperar que, no PD, essas mudanças ocorressem, como no PC.

Os valores de pH do solo (sistemas I e III) e de Ca + Mg trocáveis (sistema III) foram mais baixos na camada 0-5 cm do que na 15-20 cm. Os valores de Al trocável, nos mesmos sistemas do pH, foram mais elevados na camada 0-5 cm, em comparação aos da camada 15-20 cm. Nesse caso, os valores de Al trocável relacionaram-se com os valores para pH do solo.

Dessa forma, o pH e os teores de Ca + Mg trocáveis do solo aumentaram gradativamente com a redução na profundidade de amostragem de solo, enquanto os de Al trocável diminuíram da camada 0-5 cm para a 15-20 cm. Os resultados concordam com os dados obtidos por Santos & Lhamby (1992). A adição de

fertilizantes nitrogenados, aliada à manutenção dos tecidos das plantas na superfície, gera acidez, principalmente na primeira camada (0-5 cm) (Haynes, 1986). No PD, o calcário deve ser aplicado mais frequentemente (a cada dois ou três anos), porém em menores quantidades (uma a duas t ha⁻¹) (Comissão de Fertilidade..., 1994).

Matéria orgânica, fósforo extraível e potássio trocável do solo

No sistema I (monocultura cevada/soja), os valores de matéria orgânica (Quadro 5), nas diferentes profundidades de amostragem de solo (64,0 a 66,8 g kg⁻¹), mantiveram-se abaixo do teor observado antes do início do experimento (67,0 g kg⁻¹). O cultivo contínuo de uma só espécie (inverno ou verão) tende a esgotar o solo em determinados elementos, enquanto, em outros, mantêm-se em níveis elevados. Isso pode levar à deficiência de nutrientes para algumas culturas, devido ao desequilíbrio químico do solo. Por outro lado, os valores de matéria orgânica nos sistemas alternativos (II, III e IV), nas camadas 0-5 a 5-10 cm, mantiveram-se acima do teor verificado por ocasião da instalação do ensaio. Isso era de esperar no PD. Nas demais camadas, os valores de matéria orgânica ficaram abaixo de 67,0 g kg⁻¹.

Os teores de P extraível (Quadro 5) nas camadas estudadas foram mais elevados do que o teor medido antes do início do experimento (3,4 mg kg⁻¹), ao passo

Quadro 4. Valores médios de pH em água, Al e Ca + Mg trocáveis, avaliados após as culturas de inverno de 1988, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas

Sistemas de rotação	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5 x 5-10	0-5 x 10-15	0-5 x 15-20	5-10 x 10-15	5-10 x 15-20	10-15 x 15-20
pH (1:1)										
I	4,9	5,0	5,2	5,2	ns	**	**	ns	ns	ns
II	4,9	5,0	5,1	5,1	ns	ns	ns	**	ns	ns
III	4,8	5,0	5,2	5,1	ns	ns	*	ns	**	ns
IV	4,8	5,0	5,1	5,1	**	ns	ns	**	**	ns
C.V. (%)	3	3	4	3						
Al (mmol _e dm ⁻³)										
I	7,3	6,4	3,4	3,9	ns	**	*	*	*	ns
II	8,0	6,8	4,5	6,0	ns	*	ns	**	ns	ns
III	9,7	8,1	5,8	5,8	ns	ns	**	ns	ns	ns
IV	10,1	7,0	6,0	5,9	**	ns	ns	**	**	ns
C.V. (%)	34	47	49	52						
Ca + Mg (mmol _e dm ⁻³)										
I	69,8	72,9	89,0	80,7	ns	*	ns	*	ns	ns
II	70,1	73,8	80,9	72,6	ns	ns	ns	*	ns	ns
III	60,4	66,0	78,1	70,0	ns	ns	*	ns	*	ns
IV	62,8	70,1	72,9	69,9	*	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	14	22	21	19						

ns: não significativo. *: nível de significância de 5%. **: nível de significância de 1%.

que, para os teores de K trocável (Quadro 5), isso só foi observado nas camadas 0-5 e 5-10 cm, em relação ao teor registrado em abril de 1984 (71 mg kg^{-1}). Os teores de P extraível, na camada 0-5 cm, de alguns sistemas (II, III e IV), e os teores de K trocável, na camada 0-5 e 5-10 cm, em todos os sistemas estudados, situaram-se acima do valor considerado crítico, neste tipo de solo, 9,0 e 80 mg kg^{-1} , respectivamente, para o crescimento e desenvolvimento das culturas (Reunião Anual..., 1995). O PD provoca alterações nas propriedades químicas do solo, as quais, por sua vez, se refletem na fertilidade e na eficiência do uso de nutrientes pelas espécies. A rotação de culturas apresenta papel importante na reciclagem de nutrientes, uma vez que, de acordo com Mengel & Kirkby (1987), as espécies vegetais diferem entre si, com referência à quantidade de resíduos fornecidos, à eficiência de absorção de íons e à exploração de diferentes profundidades de solo. Provavelmente, o período estudado foi insuficiente para que essas alterações químicas do solo se manifestassem entre os sistemas avaliados.

O sistema I (monocultura de cevada) apresentou teores de matéria orgânica ($66,8 \text{ g kg}^{-1}$) menores do que os dos demais sistemas de rotação de inverno, na profundidade 0-5 cm. A substituição de cevada por ervilhaca (sistema II = $69,4 \text{ g kg}^{-1}$), por ervilhaca e por linho (sistema III = $69,9 \text{ g kg}^{-1}$) e por aveia-branca, por ervilhaca e por linho (sistema IV = $69,3 \text{ g kg}^{-1}$) foi suficiente para determinar um acréscimo significativo no teor de matéria orgânica na superfície (0-5 cm).

A diferença cumulativa no aporte de biomassa de aveia-branca e de ervilhaca contribuiu provavelmente para o acréscimo no teor de matéria orgânica, determinando a diferença significativa nas amostras coletadas em 0-5 cm.

Para os valores de matéria orgânica do solo, no sistema II, houve redução progressiva da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm. Nos sistemas I, II e III, os teores de P extraível, na camada 0-5 cm, foi praticamente o dobro dos registrados na camada 15-20 cm. A exemplo do P extraível, também se verificou acúmulo de K trocável nas camadas mais próximas da superfície nos diferentes sistemas de rotação. Tendências semelhantes nas variações entre teores de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável do solo, da camada de 0-5 cm para a de 15-20 cm, foram verificadas por Shear & Moschler (1969) e por Santos & Lhamby (1992).

Esse acúmulo do teor de matéria orgânica apenas na camada superficial decorre do acúmulo de resíduos vegetais deixados sobre a superfície sob sistemas PD, em sistemas de rotação de culturas. Segundo Sidiras & Pavan (1985), o acúmulo de P extraível próximo da superfície decorre das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, da liberação de P durante a decomposição dos resíduos vegetais e da menor fixação de P, devido ao menor contato desse elemento com os constituintes inorgânicos do solo. Parte dessas afirmações são válidas para o K trocável do solo.

Quadro 5. Valores médios de matéria orgânica, de fósforo extraível e de potássio trocável, avaliados após as culturas de inverno de 1988, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas

Sistemas de rotação	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5 x 5-10	0-5 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 kg^{-1}) —										
I	66,8	66,8	66,3	64,0	ns	ns	ns	ns	ns	ns
II	69,4	67,7	66,9	65,9	ns	ns	**	ns	*	*
III	69,9	67,3	67,4	64,4	ns	ns	ns	ns	ns	ns
IV	69,3	68,3	66,0	64,5	**	ns	ns	**	**	ns
C.V. (%)	2	3	4	6						
— P (mg kg^{-1}) —										
I	9,1	6,1	5,1	4,6	**	**	**	ns	ns	ns
II	8,4	6,9	5,3	4,4	**	*	**	ns	ns	ns
III	9,2	6,3	5,1	4,6	ns	ns	*	ns	ns	ns
IV	9,0	7,2	4,9	3,9	**	ns	ns	**	**	ns
C.V. (%)	45	34	15	31						
— K (mg kg^{-1}) —										
I	137	96	66	62	*	**	**	ns	*	ns
II	152	129	83	58	**	**	**	*	ns	**
III	155	101	70	54	*	ns	**	**	**	**
IV	166	98	63	53	**	*	**	**	**	ns
C.V. (%)	22	25	24	54						

ns: não significativo. *: nível de significância de 5%. **: nível de significância de 1%.

Como se trata de PD, o aumento de matéria orgânica é devido à não-incorporação dos resíduos vegetais. O P é um nutriente de baixa mobilidade e solubilidade de seus compostos, principalmente em solos ácidos, com teores elevados de argila, de ferro e de alumínio. Isso confere o seu acúmulo em solos sob PD nas camadas superficiais, onde é depositado na adubação. A maior eficiência de uso de P extraível pelas culturas deve-se, em parte, ao maior acúmulo de água na superfície, onde se encontram os nutrientes, e, em parte, ao maior acúmulo de formas orgânicas desse P. A mineralização dessas formas de P permite uma disponibilidade contínua do elemento às plantas, evitando sua fixação no solo (Kochhann & Selles, 1991).

As reações de K em solos sob PD não são muito diferentes das de P. Como no PD, os fertilizantes à base de K são depositados na superfície ou na linha de semeadura e, como os resíduos vegetais são deixados na superfície, esse elemento pode acumular-se nas camadas mais superficiais. Isso, por sua vez, não chega a constituir uma limitação, pois é nessa região que se concentram os maiores volumes de raízes e de água no solo (Kochhann & Selles, 1991).

Esses dados indicam que a utilização de espécies com habilidade diferenciada no aproveitamento de nutrientes do solo (Abrão & Canal, 1982), ou com sistema radicular, alcançando profundidades variadas (Schultz, 1968), somada à adubação de acordo com as recomendações vigentes (Comissão de Fertilidade..., 1994), manteve o equilíbrio químico do solo para esses elementos. Além disso, essa inalterabilidade se deveu à aplicação de fertilizantes na camada superficial, sem incorporação física, e à mineralização lenta e gradual dos resíduos vegetais, que, por sua vez, modificaram a distribuição desses nutrientes nas diferentes profundidades, influenciando sua disponibilidade e aproveitamento pelas espécies em estudo (Muzilli, 1985).

CONCLUSÕES

1. Os sistemas de rotações de culturas para cevada provocaram alterações nos teores de Ca + Mg trocáveis, de P extraível e de K trocável do solo.

2. Os sistemas em que havia rotação de culturas mostraram maiores teores de matéria orgânica na camada superficial (0-5 cm) do que o sistema sem rotação (monocultura).

3. Os sistemas de culturas para cevada, sob sistema plantio direto, elevaram os valores de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável, principalmente na camada de 0-5 cm.

4. Nos sistemas de rotação para cevada, houve menores valores, na camada de solo de 0-5 cm, para pH e para Ca + Mg trocáveis, em relação às mais profundas, enquanto, para os teores de Al trocável, ocorreu o contrário.

LITERATURA CITADA

- ABRÃO, J.J.R. & CANAL, I.N. Adubação e calagem na cultura do linho (*Linum usitatissimum* L.). In: REUNIÃO ESTADUAL DE PESQUISA E ASSISTÊNCIA TÉCNICA DO LINHO, 1., Cruz Alta, 1982. Contribuição do Centro de Experimentação e Pesquisa a 1.^a Reunião Estadual de Pesquisa e Assistência Técnica do Linho. Cruz Alta, FECOTRIGO, 1982. p.19-44.
- BALDOCK, J.O.; HIGGS, R.L.; PAULSON, W.H.; JACKOBS, J.A. & SHRADER, W.D. Legume and mineral N effects on crop yields in several crop sequences in the Upper Mississippi Valley. *Agron. J.*, Madison, 75(5):885-890, 1981.
- BOUGLÉ, B.R. & PEREIRA, L.R. Sistemas de produção de trigo-soja. Informe preliminar sobre a evolução de algumas características do solo. In: REUNIÃO ANUAL CONJUNTA DE PESQUISA DE TRIGO, 10., Porto Alegre, 1978. Solos e técnicas culturais, economia e sanidade. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. v.2, p.31-39.
- 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. Passo Fundo, SBOS-Núcleo Regional, 1994. 224p.
- COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. Recomendações tecnológicas para o cultivo de aveia. Passo Fundo, UPF-Faculdade de Agronomia, 1995. 50p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. (Rio de Janeiro, RJ.) Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Curitiba, EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. t.1, 412p. (EMBRAPA-SNLCS - Boletim de Pesquisa, 27)
- FEPAGRO/EMATER-RS/FECOTRIGO. Recomendações técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1995. 124p.
- HAYNES, R.J. The decomposition process: mineralization, humus formation, and degradation. In: HAYNES, R.J., ed. Mineral nitrogen in the plant-soil system. Orlando, Academic Press, 1986. p.52-126. (Physiological Ecology. A series of monographs, texts, and treatises)
- 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., eds. Manual de manejo conservacionista do solo para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa, Catarina e Paraná. Passo Fundo, CIDA/EMBRAPA-CNPT, 1991. p.9-20. (EMBRAPA-CNPT - Documentos, 1)
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. 4.ed. Bern, International Potash Institute, 1987. 687p.
- 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: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V. & MACHADO, J., eds. Atualização em plantio direto. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.147-160.
- RAMOS, M.A. A pesquisa sobre os sistemas de preparo mínimo no Paraná: resultados e primeiras conclusões. In: REUNIÃO SOBRE PLANTIO DIRETO, 1., Londrina, 1977. Anais. Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1977. p.3-16.
- REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 15., Jaguariúna, 1995. Recomendações da Comissão de Pesquisa de Cevada para o cultivo da cevada cervejeira em 1995 e 1996. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1995. 57p. (EMBRAPA-CNPT - Documentos, 21)

- REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 22., Cruz Alta, 1994. Recomendações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina - safra 1994/95. Cruz Alta, FUNDACEP FECOTRIGO, 1994. 66p.
- 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, SBCS, 1992. p.114-115.
- SANTOS, H.P. dos & REIS, E.M. Rotação de culturas. X. Efeitos de culturas de inverno e de soja na evolução dos níveis de nutrientes e de matéria orgânica do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 13(3):295-302, 1989.
- SANTOS, H.P. dos & ROMAN, E.S. Rotação de culturas. XIV. Efeito de culturas de inverno e de verão na disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica do solo, no período agrícola de 1980 a 1986. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 13(3):303-310, 1989.
- SCHULTZ, A.R. Estudo prático de botânica geral. 3.ed. Porto Alegre, Globo, 1968. 230p.
- 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):524-526, 1969.
- SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 9(3):249-254, 1985.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2.ed. New York, McGraw-Hill, 1980. 633p.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análise de solos, plantas e outros materiais. Porto Alegre, UFRGS, 1985. 188p. (UFRGS-FAGRON - Boletim técnico, 5)