

EFEITO DE SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO E DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE O RENDIMENTO DE GRÃOS DE MILHO

HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS¹, JULIO CESAR BARRENECHE LHAMBY²

RESUMO - Para avaliar o efeito do manejo de solo e de rotação de culturas sobre o rendimento de grãos de milho, acompanhou-se durante quatro anos experimento instalado em Passo Fundo, RS. Neste, foram comparados quatro sistemas de manejo de solo — 1) plantio direto, no inverno e no verão, 2) preparo convencional de solo com arado de discos + grade de discos, no inverno e semeadura direta, no verão, 3) preparo convencional de solo com arado de aivecas + grade de discos, no inverno e semeadura direta, no verão e 4) cultivo mínimo com escarificador, no inverno e semeadura direta, no verão — e dois sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja e ervilhaca/milho) e sistema II (trigo/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos sistemas de manejo de solo, e as subparcelas, pelos sistemas de rotação de culturas. O rendimento de grãos de milho cultivado no plantio direto e no cultivo mínimo foi superior ao milho cultivado nos preparo convencional de solo com arado de discos e com arado de aivecas. Não foram observadas diferenças significativas no rendimento de grãos de milho em decorrência da rotação de culturas.

Palavras-chave: preparo convencional de solo, cultivo mínimo, plantio direto, *Zea mays* L.

EFFECT OF SOIL TILLAGE SYSTEMS AND CROP ROTATION ON CORN YIELD

ABSTRACT - To evaluate the effect of soil tillage systems and crop rotation on corn yield an experiment was set up in Passo Fundo, RS, Brazil, which was monitored over a four-year period. Four soil tillage systems — 1) no-tillage, during winter and summer seasons, 2) conventional tillage using disk plow and disk harrow, in winter and no-tillage, in summer, 3) conventional tillage using moldboard plow and disk harrow, in winter and no-tillage, in summer, and 4) minimum tillage, in winter and no-tillage, in summer. — and two crop rotation systems [system I (wheat/soybean and common vetch/corn) and system II (wheat/soybean, black oats or white oats/soybean, and common vetch/corn)] were compared. An experimental design of blocks at random, with split-plots and three replications, was used. The main plot was formed by soil tillage systems, while the split-plots consisted of crop rotation systems. The yield of corn grown under no-tillage and minimum tillage was higher than the yield obtained for corn grown after conventional tillage using disk or moldboard plow and disk harrow. There were no significant effects of crop rotation systems on corn yields.

Key words: conventional tillage, minimum tillage, no-tillage, *Zea mays* L.

¹Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPQ), Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. Autor para correspondência. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br. Bolsista CNPq-PQ

²Eng. Agr., Dr., Embrapa-CNPQ. E-mail: julio@cnpt.embrapa.br
Recebido para publicação em 12-03-2002

INTRODUÇÃO

A pesquisa agropecuária tem desenvolvido métodos de manejo de solo que, através de diminuição do revolvimento do solo, permitem a exploração agrícola com a manutenção da qualidade e da produtividade dos solos (KOCHHANN & SELLES, 1991). Esses métodos de manejo são sistemas integrados de produção, pois envolvem técnicas de preparo de solo, práticas de rotação de culturas, manejo de resíduos vegetais, manutenção da fertilidade do solo e aspectos fitossanitários das culturas exploradas.

A rotação de culturas sob plantio direto deixa na superfície do solo, após a colheita, resíduos vegetais das diferentes espécies usadas no sistema, que tem, entre outros, efeitos positivos na conservação da umidade do solo e na reciclagem e acúmulo de nutrientes na superfície (SANTOS et al., 1993).

A cobertura de solo pelos de resíduos vegetais oriundos da rotação de culturas mantém o solo úmido, mesmo em período de estiagem (KOCHHANN & SELLES, 1991). De acordo com RUEDELL (1995), o milho sob plantio direto rendeu mais grãos do que após preparo convencional de solo, principalmente em consequência de anos em que ocorreram períodos de estiagem nas fases críticas da cultura. Essa diferença no rendimento de grãos de milho pode ser explicada, em parte, pelo não revolvimento de solo e pela manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo, no plantio direto e no preparo de solo com cultivo mínimo. A umidade do solo, oriunda de precipitações pluviais anteriores ao período de estiagem, é mantida, em parte, pela cobertura vegetal de solo.

A rotação de culturas, fundamentada em espécies tanto de inverno como de verão, tem contribuído para aumentar a estabilidade e o rendimento de grãos de culturas, como verificados por DICK & VANDOREN (1985) e por VARVEL (1994), que constataram maior rendimento de grãos de milho após rotação de verão, em comparação com a monocultura.

Um benefício da rotação de culturas é a reciclagem de nutrientes, como por exemplo o nitrogênio (SANTOS & SIQUEIRA, 1996). A escolha da espécie a ser usada na cobertura de solo no inverno, deve ser

feita utilizando-se a seu potencial de fornecimento de nitrogênio para a cultura subsequente (DIDONET & SANTOS, 1996). Em vista disso, as leguminosas têm sido usadas desde a antiguidade com a finalidade de fornecer nitrogênio à cultura subsequente (GALLO et al., 1981).

Resultados experimentais indicam que sistemas de produção para milho podem substituir parcial ou totalmente a adubação nitrogenada de cobertura, sem perda no rendimento de grãos (PÖTTKER & ROMAN, 1994). Enquanto as leguminosas de inverno adicionam nitrogênio ao sistema, as gramíneas simplesmente reciclam o nitrogênio já existente (PÖTTKER & ROMAN, 1994). De acordo com PÖTTKER & ROMAN (1994), o chícharo e a ervilhaca podem fornecer até 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio ao sistema. Segundo AITA et al. (1994), as leguminosas de inverno (chícharo, ervilhaca, ervilha forrageira e tremoço) proporcionam rendimento de grãos de milho semelhante ao tratamento que recebeu nitrogênio mineral e superior aos tratamentos com aveia preta e de pousio invernal.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do manejo de solo e de sistemas de rotação culturas sobre rendimento de grãos de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento anteriormente destinado a avaliar o efeito de sistemas de manejo de solo no rendimento de grãos de trigo, foi instalado na Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, RS, desde 1986, em solo classificado como LATOSSOLO VERME-LHO Distrófico típico (EMBRAPA, 1999). A área experimental vinha sendo cultivada com lavouras de trigo, sob preparo convencional de solo, no inverno, e de soja, sob semeadura direta, no verão. O milho foi semeado em rotação conforme descrito no parágrafo seguinte.

Foram comparados quatro sistemas de manejo de solo: 1) plantio direto, no inverno e no verão, 2) preparo convencional de solo com arado de discos + grade de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão, 3) preparo convencional de solo com ara-

do de aivecas + grade de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão, e 4) preparo de solo mínimo (escarificador de hastes rígidas com destorroador/nivelador de discos), no inverno, e semeadura direta, no verão — e dois sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja e ervilhaca/milho) e sistema II [trigo/soja, aveia preta (de 1987 a 1989) ou aveia branca (em 1990 e 1991)/soja e ervilhaca/milho]. Os resultados a serem apresentados neste trabalho são de 1987/88 a 1991/92. Os híbridos de milho usados foram Ag 64 A, em 1987, e XL 530, de 1988 a 1991, semeados em outubro de cada ano. Em 1990, foi alterada a seqüência do sistema II, ou seja, de trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, passou para trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja. Na safra 1990/91 o milho não foi colhido, em decorrência de forte estiagem ocorrida na região.

Em novembro de 1985, antes da semeadura das culturas de inverno, a camada de solo de 0-20 cm da área experimental foi amostrada, e os resultados das análises foram: pH = 4,8; Al trocável = 12,0 mmol_c dm⁻³; Ca + Mg trocáveis = 49,0 mmol_c dm⁻³; matéria orgânica = 34,0 g kg⁻¹; P extraível = 23,0 mg kg⁻¹; e K trocável = 104 mg kg⁻¹. O solo dessa área foi descompactado por meio de escarificador com haste rígida e submetido a correção de acidez com 7,0 t ha⁻¹ (PRNT 90 %) de calcário, visando a elevar o pH a 6,0. O calcário foi aplicado em duas vezes: metade antes da aração (arado de discos) e metade antecedendo a gradagem (grade niveladora de discos). A adubação de manutenção foi baseada na média dos valores observados nas análises da área experimental. Nesse período de estudo, não foi aplicado nitrogênio em cobertura na cultura de milho.

A semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários foram realizados conforme recomendação para cada cultura, e a colheita de milho foi efetuada manualmente. O rendimento de grãos de milho foi determinado a partir da colheita de parte da parcela (área útil de 16,2 m²), ajustando-se o rendimento para umidade de 13%. Como bordadura, foram deixadas duas linhas de cada lado e 1,0 m na extremidade das linhas centrais.

O percentual de cobertura de solo foi avaliado em 2,50 m linear de todas as parcelas experimentais, enquanto a quantidade de palha, da coleta 0,25 m² por parcela, em todos os tratamentos.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal constituída pelos sistemas de manejo de solo, e as subparcelas pelos sistemas de rotação de culturas. Em média, foram semeadas anualmente cinco linhas de milho no espaçamento de 0,90 m e na densidade de cinco sementes aptas por linha. Foi efetuada análise de variância do rendimento de grãos de milho (dentro de cada ano e na média conjunta dos anos de 1987/88 a 1991/92). Considerou-se o efeito tratamento, sistemas de manejo de solo e sistemas de rotação de culturas como fixo, e o efeito ano, como aleatório. As médias foram comparadas, pelo teste de Duncan, a nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados das análises de solo revelaram que o valor de pH de solo (Tabela 1: 5,32 a 5,57), após seis anos de cultivo, em todas as profundidades, foi maior em novembro de 1993 do que antes da instalação do experimento, na camada 0-20 cm de profundidade (4,8), o que evidencia o efeito residual prolongado da aplicação de 7,0 t ha⁻¹ de calcário. O valor de Al trocável de solo (Tabela 1: 0,19 a 0,54 mmol_c dm⁻³), em todos os sistemas de manejo de solo e em todas as profundidades, foi menor que o valor registrado por ocasião da instalação do experimento, na camada 0-20 cm (12,0 mmol_c dm⁻³). O menor valor de Al trocável, em todos os sistemas de manejo de solo, foi decorrente dos efeitos da calagem na elevação do pH e conseqüentemente, na sua neutralização. Os valores médios de Ca + Mg trocáveis de solo (Tabela 1: 61,40 a 72,96 mmol_c dm⁻³), em todas as camadas, foram considerados altos para o crescimento e desenvolvimento das culturas na região, cujos níveis são 40 e 10 mmol_c dm⁻³ (SOCIEDADE, 1995) e superiores ao observado antes do início do experimento (49,0 mmol_c dm⁻³).

Tabela 1. Valores médios de pH em água, de alumínio trocável e de cálcio + magnésio trocáveis, avaliados após as culturas de inverno de 1993, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de manejo de solo. Passo Fundo, RS, 2002

Sistema manejo de solo ¹	Profundidade (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	x	x
					5-10	10-15	15-20	10-15	15-20	15-20
	pH (1:1)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
PD	5,43	5,32	5,34	5,33	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCD	5,57	5,57	5,56	5,45	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCA	5,37	5,39	5,36	5,32	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PM	5,55	5,45	5,47	5,45	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Contrastes entre manejos									
PD x PCD	**	**	*	ns						
PD x PCA	ns	ns	ns	ns						
PD x PM	*	ns	ns	ns						
PCD x PCA	**	**	**	ns						
PCD x PM	ns	**	*	ns						
PCA x PM	**	ns	ns	ns						
	Al (mmol _e dm ³)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
PD	0,25	0,40	0,46	0,53	ns	ns	*	ns	ns	ns
PCD	0,28	0,23	0,23	0,40	ns	ns	*	ns	**	**
PCA	0,44	0,42	0,46	0,54	ns	ns	ns	ns	*	ns
PM	0,19	0,28	0,26	0,38	ns	ns	*	ns	ns	ns
	Contrastes entre manejos									
PD x PCD	ns	*	*	ns						
PD x PCA	**	ns	ns	ns						
PD x PM	ns	ns	ns	ns						
PCD x PCA	**	**	**	ns						
PCD x PM	ns	ns	ns	ns						
PCA x PM	**	ns	**	ns						
	Ca + Mg (mmol _e dm ³)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
PD	71,34	67,82	66,97	65,44	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCD	68,67	71,73	72,31	66,77	ns	ns	ns	ns	*	*
PCA	63,00	62,16	61,40	60,99	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PM	72,96	70,32	72,71	69,29	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Contrastes entre manejos									
PD x PCD	ns	ns	ns	ns						
PD x PCA	**	*	*	ns						
PD x PM	ns	ns	ns	ns						
PCD x PCA	**	**	**	ns						
PCD x PM	ns	ns	ns	ns						
PCA x PM	**	*	**	ns						

¹ PD: plantio direto, no inverno e no verão; PCD: preparo convencional com arado de discos, no inverno e semeadura direta, no verão; PCA: preparo convencional com arado de aivecas, no inverno e semeadura direta, no verão; e PM: cultivo mínimo, no inverno e semeadura direta, no verão.

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%.

Fonte: SANTOS & TOMM (2003)

O teor de P extraível do solo (Tabela 2: 9,3 a 34,5 mg kg⁻¹), nas três primeiras camadas de solo (0-5 a 10-15 cm), esteve acima do nível crítico para esse tipo de solo (9,0 mg kg⁻¹) para o crescimento e desenvolvimento de culturas (REUNIÃO, 1999). O teor de K trocável (Tabela 2: 91 a 277 mg kg⁻¹), na camada 0-5 cm, em todas as camadas de solo, esteve acima do nível crítico para o crescimento e de-

envolvimento de culturas (80 mg kg⁻¹) (REUNIÃO, 1999). Além disso, o teor de K trocável (132 a 277 mg kg⁻¹) das três primeiras camadas de solo (0-5 a 10-15 cm) esteve acima do teor determinado antes do início deste experimento (104 mg kg⁻¹).

Nesse mesmo experimento, no inverno, de 1993 a 1997 (Tabela 3), o plantio direto tem apresentado, em média, maior a cobertura de solo (96%) do que

Tabela 2. Valores médios de matéria orgânica, de fósforo extraível e de potássio trocável, avaliados após as culturas de inverno de 1993, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de manejo de solo. Passo Fundo, RS, 2002

Sistema manejo de solo ¹	Profundidade (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
	Matéria orgânica (g kg ⁻¹)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
PD	38	30	28	28	**	**	**	ns	*	ns
PCD	31	31	29	27	ns	ns	**	ns	**	**
PCA	29	30	29	27	ns	ns	**	ns	**	**
PM	36	32	28	27	**	**	**	**	**	*
	Contrastes entre manejos									
PD x PCD	**	ns	ns	ns						
PD x PCA	**	ns	ns	ns						
PD x PM	ns	**	ns	ns						
PCD x PCA	ns	ns	ns	ns						
PCD x PM	**	**	ns	ns						
PCA x PM	**	**	ns	ns						
	P (mg kg ⁻¹)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
PD	34,5	18,8	12,2	7,9	**	**	**	**	*	ns
PCD	17,7	17,1	13,9	8,2	ns	*	**	*	**	**
PCA	13,5	11,9	9,3	8,9	ns	*	*	ns	ns	ns
PM	28,0	21,9	12,5	7,7	*	**	**	**	*	ns
	Contrastes entre manejos									
PD x PCD	**	ns	ns	ns						
PD x PCA	**	**	ns	ns						
PD x PM	ns	ns	ns	ns						
PCD x PCA	ns	*	*	ns						
PCD x PM	**	*	ns	ns						
PCA x PM	**	**	ns	ns						
	K (mg kg ⁻¹)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
PD	277	178	134	97	**	**	**	**	**	**
PCD	211	158	132	91	**	**	**	ns	**	**
PCA	217	165	135	98	**	**	**	**	**	**
PM	277	197	139	97	**	**	**	**	**	**
	Contrastes entre manejos									
PD x PCD	**	ns	ns	ns						
PD x PCA	**	ns	ns	ns						
PD x PM	ns	ns	ns	ns						
PCD x PCA	ns	ns	ns	ns						
PCD x PM	**	*	ns	ns						
PCA x P M	**	*	ns	ns						

¹ PD: plantio direto, no inverno e no verão; PCD: preparo convencional com arado de discos, no inverno e semeadura direta, no verão; PCA: preparo convencional com arado de aivecas, no inverno e semeadura direta, no verão; e PM: cultivo mínimo, no inverno e semeadura direta, no verão.

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%.

Fonte: SANTOS & TOMM (2003)

sob cultivo mínimo (48%) e sob preparo convencional de solo com arado de discos (8%) e com arado de aivecas (10%). O cultivo mínimo (2,92 t ha⁻¹) e o plantio direto (2,66 t ha⁻¹) mostraram maior quantidade de palha, em relação aos sistemas convencionais de preparo de solo com arado de discos (2,08 t ha⁻¹) e com arado de aivecas (1,95 t ha⁻¹). Provavelmente, a cobertura de solo e a quantidade de palha facilitou a penetração e o armazenamento de água

no solo, oriunda de precipitações anteriores àquele período de estiagem. No verão, a quantidade de palha de ervilhaca tem sido praticamente a mesma em todos os manejos de solo: plantio direto (3,91 t ha⁻¹), cultivo mínimo (4,45 t ha⁻¹), preparo convencional de solo com arado de discos (3,59 t ha⁻¹) e com arado de discos (3,45 t ha⁻¹). A quantidade de nitrogênio no resíduo de ervilhaca tem variado de 118 a 246 kg ha⁻¹, sem diferença significativa entre

os sistemas de manejo de solo, ou seja, plantio direto com 178 kg ha⁻¹, preparo convencional com arado de discos, 183 kg ha⁻¹, preparo com arado de aivecas, 174 kg ha⁻¹, e cultivo mínimo com 186 kg ha⁻¹.

A análise conjunta dos resultados para rendimento de grãos de milho apresentou significância para o efeito ano, para sistemas de manejo de solo, para a interação ano x sistemas de manejo de solo e para a interação ano x culturas antecessoras. Isso indica que o rendimento de grãos de milho foi afetado pela variação climática ocorrida entre os anos. Não houve diferenças significativas no rendimento de grãos de milho para culturas antecessoras, para a interação sistemas de manejo de solo x culturas antecessoras e para interação ano x sistemas de manejo de solo x culturas antecessoras. Resultado similar para sistemas de manejo de solo x cultura antecessora foi obtido por EDWARDS et al. (1988).

Tabela 3. Percentagem de cobertura de solo após culturas de inverno, de 1993 a 1997. Passo Fundo, RS¹

Ano	PD	PCD	PCA	PM	Média
1993	99	14	20	18	38 c
1994	86	8	10	27	33 d
1995	99	4	2	68	43 b
1996	98	10	15	88	53 a
1997	99	3	3	37	35 cd
Média	96 A	8 C	10 C	48 B	

¹ Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

PD: plantio direto, no inverno e no verão; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno e semeadura direta, no verão; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno e semeadura direta, no verão; e PM: cultivo mínimo, no inverno e semeadura direta, no verão.

Os resultados anuais e conjunto do rendimento de grãos de milho, nesse período, podem ser observados nas Tabelas 4 e 5.

Na análise anual, houve diferenças significativas no rendimento de grãos de milho, em decorrência dos sistemas de manejo de solo, na maioria dos anos estudados (Tabela 4). No ano agrícola 1987/88, o rendimento de grãos de milho cultivado sob plantio

direto (6.471 kg ha⁻¹) e sob cultivo mínimo (6.349 kg ha⁻¹) foi superior ao de milho cultivado em preparo convencional de solo com arado de discos (5.702 kg ha⁻¹) e com arado de aivecas (5.751 kg ha⁻¹). Nas safras agrícolas 1988/89 e 1991/92, o rendimento de grãos de milho cultivado sob cultivo mínimo, sob plantio direto e sob preparo convencional de solo com arado de discos foi superior ao de milho cultivado sob preparo convencional de solo com arado de aivecas.

Tabela 4. Efeito de sistemas de manejo de solo no rendimento (kg/ha) de grãos de milho. Passo Fundo, RS¹

Ano	PD	PCD	PCA	PM	Média
1987/88	6.471Ab	5.702Bb	5.751Bb	6.349 Ac	6.068b
1988/89	7.992Aa	7.756Aa	6.237Bb	8.358 Aa	7.586a
1989/90	7.546Aa	7.504Aa	7.354Aa	7.515 Ab	7.480a
1990/91	-	-	-	-	-
1991/92	5.078Ac	4.453Ac	4.208Bc	5.082Ad	4.705c
Média	6.772A	6.354B	5.887C	6.826A	

¹ Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

PD: plantio direto, no inverno e no verão; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno e semeadura direta, no verão; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno e semeadura direta, no verão; e PM: cultivo mínimo, no inverno e semeadura direta, no verão.

Na análise conjunta das safras 1987/88 a 1991/92, o rendimento de grãos de milho cultivado sob cultivo mínimo (6.826 kg ha⁻¹) e sob plantio direto (6.772 kg ha⁻¹) foi superior ao de milho cultivado sob preparo convencional de solo com arado de discos (6.354 kg ha⁻¹) e de aivecas (5.887 kg ha⁻¹) (Tabela 4). De acordo com FANCELLI (1990), as maiores exigências em umidade para a cultura de milho concentram-se nas fases emergência, florescimento e formação de grãos. Na maioria dos anos estudados, a precipitação pluvial foi inferior à normal (148 mm e 121 mm), principalmente nos meses de fevereiro e março (27 a 112 e 37 a 120, respectivamente) (BRASIL, 1992), explicando o baixo rendimento de grãos de milho obtido. A cultu-

ra de milho encontrava-se na fase de formação de grãos.

Deve ser levado em conta que, o consumo de água para a cultura de milho completar o ciclo é de aproximadamente 571 mm (MATZENAUER, 1992). Em Passo Fundo, RS, a precipitação pluvial normal anual (1.000 mm) tem se situado acima desse valor (BRASIL, 1992). No decorrer dos anos de condução deste trabalho, a precipitação pluvial foi mal distribuída em fevereiro de 1987/88 (27 mm) e de 1990/91 (30 mm). Em consequência disso, os sistemas conservacionistas de manejo (cultivo mínimo e plantio direto) superaram em rendimento de grãos de milho os sistemas de preparo convencional de solo com arados de discos e de aivecas.

A diferença significativa do rendimento de grãos de milho entre os sistemas de manejo de solo pode ser atribuída, em grande parte, ao próprio preparo de solo, no inverno. Pois, quando há revolvimento do solo, como ocorre nos preparos convencionais, a decomposição dos resíduos culturais processa-se mais rapidamente. Além disso, a distribuição inadequada da precipitação pluvial teria menos condições de armazenar água nos sistemas convencionais de preparo de solo, em relação aos sistemas de manejo conservacionistas.

MUNAWAR et al. (1990), constataram que, em dois dos três anos estudados, o milho apresentou maior rendimento de grãos, quando cultivado sob plantio direto, sob preparo convencional de solo com grade de dentes e sob preparo convencional de solo com três passadas de grade de disco do que quando alternados sob preparo convencional de solo com arado de aivecas. RUEDELL (1995) também observou que a cultura de milho produziu mais grãos sob plantio direto (5.881 kg ha⁻¹) do que sob preparo convencional de solo (4.872 kg ha⁻¹). Essas diferenças a favor do plantio direto foram mais expressivas principalmente nos anos em que houve déficit hídrico no período crítico da cultura.

Houve efeito significativo das culturas antecessoras no rendimento de grãos de milho, nos anos de 1987/88 e 1988/99 (Tabela 5). No ano de 1988/89, o rendimento de grãos de milho cultivado

após ervilhaca, no sistema I (trigo/soja e ervilhaca/milho), foi superior ao de milho cultivado após ervilhaca, no sistema II (trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho). No período agrícola 1989/90 ocorreu o inverso, ou seja, o rendimento de grãos de milho cultivado após ervilhaca, no sistema II, foi mais elevado do que o de milho cultivado após ervilhaca, no sistema I. Deve ser levado em consideração que, este experimento foi iniciado em 1986.

Na análise conjunta, de 1987/88 a 1991/92, não foi possível constatar diferenças significativas no rendimento de grãos de milho em virtude da sucessão com ervilhaca (Tabela 5). Isso, pode ter sido em razão de que, nos dois primeiros anos de estudo, o sistema I rendeu mais do que o II, e no na seguinte ocorreu o inverso. O milho foi cultivado por dois ou três verões de rotação, intercalado por soja. DICK & VAN DOREN (1985) e VARVEL (1994), constataram diferenças significativas entre o rendimento de grãos a favor da rotação de culturas.

Nas condições do Sul do Brasil, as culturas que antecedem milho ou sorgo, em sistemas de rotação de culturas, têm influência no rendimento de grãos de milho (AITA et al., 1994; PÖTTKER & ROMAN, 1994), dependendo se a cultura usada como cobertura de inverno for gramínea ou leguminosa. Quando o milho, em sistemas de rotação de culturas, é antecedido pela mesma leguminosa (como, por exemplo, ervilhaca) ou por diferentes

Tabela 5. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento (kg/ha) de grãos de milho. Passo Fundo, RS¹

Ano	Sistema I	Sistema II	Média
1987/88	6.353 Ab	5.783 Bb	6.068 b
1988/89	7.332 Ba	7.840 Aa	7.586 a
1989/90	7.368 Aa	7.592 Aa	7.480 a
1991/92	4.669 Ac	4.742 Ac	4.705 c
Média	6.430 A	6.489 A	

¹ Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan. Sistema I: trigo/soja e ervilhaca/milho; e Sistema II: trigo/soja, aveia preta (de 1987 a 1989) ou aveia branca (1990 e 1991)/soja e ervilhaca/milho.

espécies de leguminosas de inverno (chícharo, ervilhaca e serradela), não têm sido observadas diferenças significativas entre o rendimento de grãos dessa gramínea (MUZILLI, 1978; DERPSCH et al., 1991; SANTOS & PÖTTKER, 1990; PÖTTKER & ROMAN, 1994; SANTOS et al., 1997). Nesses casos e no trabalho, o milho tem sido cultivado sem adubação nitrogenada de cobertura.

SANTOS & PEREIRA (1994), em relação à manejo de cobertura de solo no milho, sob plantio direto, constataram diferenças significativas no rendimento de grãos de milho quando cultivado após ervilhaca (7.507 kg ha⁻¹) do que quando cultivada após tremoço (6.894 kg ha⁻¹). AITA et al. (1994) também encontraram diferenças significativas em rendimento de grãos a favor de milho antecedido por chícharo (6.632 kg ha⁻¹), em comparação com ervilhaca (5.822 kg ha⁻¹) e com ervilha forrageira (5.848 kg ha⁻¹), indicando que a adubação nitrogenada de cobertura pode ser suprimida.

CONCLUSÕES

Os sistemas de manejo de plantio direto e o cultivo mínimo apresentam maior rendimento de grãos de milho do que os sistemas que envolvem pelo menos aração com discos ou com aiveca, uma vez ao ano.

No conjunto dos anos, não houve diferença significativa no rendimento de grãos de milho, em relação a cultura antecessora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; CERETTA, C.A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 101-108, 1994.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. *Normais climatológicas (1961-1990)*. Brasília, 1992. 84 p.
- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPRE, U. Importância da rotação de culturas. In: _____. *Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*. Eschborn: GTZ/IAPAR, 1991. p. 147-164.
- DICK, W. A.; VAN DOREN JUNIOR, D. M. Continuous tillage and rotation combination effects on corn, soybean, and oat yields. *Agronomy Journal*, Madison, v. 77, n. 3, p. 459-465, 1985.
- DIDONET, A. D.; SANTOS, H. P. dos. Sustentabilidade: manejo de nitrogênio no sistema de produção. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 41.; REUNIÃO TÉCNICA DO SORGO, 24., 1996. Passo Fundo. *Anais... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPQ*, 1996. p. 236-240.
- EDWARDS, J. H.; THURLOW, D. L.; EASON, J. T. Influence of tillage and crop rotation on the yields of corn, soybean, and wheat. *Agronomy Journal*, Madison, v. 80, n. 1, p. 76-80, 1988.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- FANCELLI, A. L. (Coord.). *Milho*. Piracicaba: USP-ESALQ, 1990. 88 p.
- GALLO, P. B.; LAVORENTI, A.; SAWAZAKI, E.; HIDROCE, R.P.; MASCARENHAS, H.A.A. Efeito de cultivos anteriores de soja na produção e no teor de nitrogênio das folhas e dos grãos de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 5, n. 1, p. 64-67, 1981.
- KOCHHANN, R. A.; SELLES, F. O solo no sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J.M. et al. *Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPQ/CIDA, 1991. p. 9-20. (Documentos, 1).
- MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H. et al. *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre: UFRGS, 1992. cap. 3, p. 33-47.
- MUNAWAR, A.; BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W.; SAUL, M.R. Tillage and cover crop management for soil water conservation. *Agronomy Journal*, Madison, v. 82, n. 4, p. 773-777, 1990.
- MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ. *Manual agropecuário para o Paraná*. Londrina, 1978. v. 2, p. 45-61.
- PÖTTKER, D.; ROMAN, E. S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 5, p. 763-770, maio 1994.
- RUEDELL, J. *Plantio direto na região de Cruz Alta*. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134 p.

REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. 31., 1999. Passo Fundo. **Recomendações...** Passo Fundo: Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo, 1999. 86 p.

SANTOS, H. P. dos; PEREIRA, L. R. Rotação de culturas em Guarapuava. XIV. Efeitos de sistemas de sucessão de culturas de inverno sobre algumas características agronômicas de milho, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 11, p. 1691-1699, nov. 1994.

SANTOS, H. P. dos; PÖTTKER, D. Rotação de culturas. XX. Efeito de leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 11, p. 1647-1654, nov. 1990.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT / FUNDACEP FECOTRIGO / Fundação ABC / Aldeia Norte, 1993. p. 85-103.

SANTOS, H. P. dos; SIQUEIRA, O. J. W. Plantio direto e rotação de

culturas para cevada: efeitos sobre a fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 163-169, 1996.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G.O.; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J.C.; SANDINI, I. **Sistemas de rotação de culturas para cevada, sob plantio direto, durante dez anos, em Guarapuava, PR**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. 60 p. (Circular Técnica, 9).

SANTOS, H.P. dos & TOMM, G.O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.477-486, 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo, 1995. 223 p.

VARVEL, G. E. Monoculture and rotation system effects on precipitation use efficiency of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 1, p. 204-208, 1994.