

RENDIMENTO DE GRÃOS DE MILHO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO E DE ROTAÇÃO DE CULTURAS

CORN YIELD ASSOCIATED TO DIFFERENT SOIL TILLAGE AND CROP ROTATION SYSTEMS

SANTOS, Henrique P. dos¹; TOMM, Gilberto O.²; KOCHHANN, Rainoldo A.³

RESUMO

De 1997/98 a 2000/01, foram avaliados na Embrapa Trigo efeitos dos sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas sobre o rendimento de grãos e componentes do rendimento de milho. Foram comparados quatro sistemas de manejo de solo — 1) plantio direto, 2) preparo convencional de solo com arado de discos + grade de discos, 3) preparo convencional de solo com arado de aivecas + grade de discos e 4) cultivo mínimo com escarificador de hastes — e dois sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja e ervilhaca/milho) e sistema II (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja). 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 sob plantio direto foi superior ao obtido sob cultivo mínimo e sob preparos convencionais de solo com arado de discos e com arado de aivecas. O sistema II de rotação de culturas foi superior ao sistema I para rendimento de grãos de milho.

Palavras-chave: sucessão de culturas, preparo convencional de solo, cultivo mínimo, plantio direto.

INTRODUÇÃO

Sistemas de manejo conservacionistas de solo, como plantio direto e cultivo mínimo, têm sido preconizados porque retêm mais umidade no solo, entre outras condições desejáveis, em virtude do não revolvimento do solo e da manutenção de cobertura morta (KOCHHANN & SELLES, 1991). Um dos fatores imprescindíveis à introdução e à manutenção dos sistemas conservacionistas é a presença de cobertura morta para proteger o solo. Nesse caso, torna-se necessário introduzir sistemas adequados de rotação de culturas para gerar cobertura morta e para interromper o aumento do inóculo de doenças e de populações de pragas, nas espécies de interesse econômico (SANTOS & REIS, 2001).

A cobertura de solo com resíduos vegetais oriundos da adoção de rotação de culturas mantém o solo úmido, mesmo em período de estiagem, desde que tenha ocorrido acúmulo de umidade de chuvas anteriores (SANTOS & REIS, 2001). No trabalho conduzido em Cruz Alta por RUEDELL (1995), milho sob plantio direto produziu maior rendimento de grãos, em comparação com preparo convencional de solo, principalmente em anos nos quais ocorreu estiagem em fases críticas da cultura. O não revolvimento do solo e a

manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo, sob plantio direto, podem explicar essa diferença em rendimento de grãos de milho.

A adoção de rotação de culturas tem contribuído para reduzir perdas de rendimento de grãos das espécies componentes dos sistemas, entre as quais encontram-se milho e sorgo (DICK & VAN DOREN JR., 1985; LANGDALE et al., 1990; VARVEL, 1994). O melhor rendimento de grãos de milho e de sorgo foi obtido sob rotação de culturas, em relação à monocultura dessas gramíneas.

Ao se escolher espécies para adubação verde ou para cobertura de solo no inverno, visando manter a proteção do solo no verão, é importante que a alternativa de último cultivo ofereça retorno econômico, através da produção de sementes ou grãos ou de pastejo, e também forneça nitrogênio para a cultura subsequente (DIDONET & SANTOS, 1996; SANTOS & SIQUEIRA, 1996). De acordo com DERPSCH et al. (1985), maior rendimento de grãos de milho foi obtido após treçoço branco, ervilhaca peluda e nabo-forrageiro, e o menor rendimento, após centeio, aveia preta e girassol.

Segundo PÖTTKER & ROMAN (1994), sistemas de produção envolvendo leguminosas para cobertura de solo e adubação verde podem substituir parcial ou totalmente a adubação nitrogenada de cobertura, sem perda no rendimento de grãos de milho. Isso é possível porque as leguminosas de inverno adicionam nitrogênio ao sistema, enquanto as gramíneas e as crucíferas simplesmente reciclam o nitrogênio já existente. De acordo com esses mesmos autores, chícharo e ervilhaca podem fornecer até 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio ao sistema. No trabalho desenvolvido por AITA et al. (1994), chícharo, ervilhaca, ervilha-forrageira e treçoço proporcionaram rendimento de grãos de milho semelhante ao tratamento que recebeu nitrogênio mineral e superior aos tratamentos com aveia preta ou pouso invernal.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas no rendimento de grãos e componentes de rendimento de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Os resultados apresentados neste trabalho são oriundos de experimento de longa duração destinado a avaliar o efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, conduzido na Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, RS, no período de 1986 a 2000, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 1999).

¹ Eng. Agr. Dr. Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br. Bolsista do CNPq.

² Eng. Agr. Dr. Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: tomm@cnpt.embrapa.br;

³ Eng. Agr. Dr. Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: rainoldo@cnpt.embrapa.br.

(Recebido para publicação em 25/07/2002)

Anteriormente, ao experimento a área vinha sendo cultivada com lavouras de trigo, sob preparo convencional de solo, no inverno, e de soja, sob semeadura direta, no verão.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos sistemas de manejo de solo, e a subparcela, pelos sistemas de rotação de culturas. A parcela principal teve área de 360 m² (4 m de largura por 90 m de comprimento), e a subparcela, de 40 m² (4 m de largura por 10 m de comprimento).

Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de manejo de solo – 1) plantio direto, 2) preparo de solo com escarificador cultivo mínimo JAN, no inverno, e semeadura direta, no verão, 3) preparo convencional de solo com arado de discos mais grade de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão, e 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas mais grade de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão – e em dois sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja e ervilhaca/milho) e sistema II (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja) (Tabela 1). Neste trabalho será apresentado rendimento de grãos de milho das safras 1997/98 a 2000/2001. O híbrido de milho usado, nesse período, foi C 901, semeado em única época.

Em novembro de 1985, antes da semeadura das culturas de inverno, a camada de solo 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 (Jumbo) 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

parceladamente: metade antes da aração (arado de discos) e metade antecedendo a gradagem (grade niveladora de discos).

Amostras de solo foram coletadas anualmente após as culturas de inverno. A adubação de manutenção foi realizada de acordo com indicações de pesquisa para cada cultura e com base nos resultados da análise de solo. Neste período de estudo, não foi aplicado N em cobertura na cultura de milho.

A semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários foram realizados conforme indicações da pesquisa para cada cultura, e a colheita do milho foi efetuada manualmente. O milho foi semeado após ervilhaca ainda em fase vegetativa, sendo esta dessecada posteriormente com herbicida de pré ou pós-emergência. O rendimento de grãos de milho foi determinado a partir da colheita de duas fileiras centrais da parcela (18 m²), deixando-se, em cada extremidade das linhas, um metro como bordadura e ajustando o rendimento para umidade de 13 %.

Dados de precipitação pluviométrica observados, no posto meteorológico padrão, localizado na Embrapa Trigo, são apresentados na Tabela 2. São relatados valores médios mensais de 1997/98 a 2000/2001, bem como a normal de 1961 a 1990.

Tabela 1 - Sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. Passo Fundo, RS.

Rotação de culturas	Parcela principal				Subparcela			
					1997/98	1998/99	1999/00	2000/01
Sucessão I	PD	PCD	PCA	PM	T/S	E/M	T/S	E/M
	PD	PCD	PCA	PM	E/M	T/S	E/M	T/S
Sucessão II	PD	PCD	PCA	PM	T/S	E/M	Ab/S	T/S
	PD	PCD	PCA	PM	E/M	Ab/S	T/S	E/M
	PD	PCD	PCA	PM	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S

PD: plantio direto. 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. PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão. Ab: aveia branca, E: ervilhaca, M: milho, S: soja e T: trigo.

Tabela 2 - Precipitação pluviométrica total mensal de 1987/88 a 1991/92 e à normal de 1961 a 1990. Passo Fundo, RS.

Ano	Precipitação mensais (mm)						
	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Total
Precipitação pluvial(mm).....						
Normal 1961 a 1990*	141	162	143	148	121	118	833
1997/98	340	236	231	358	230	342	1.737
1998/99	69	123	125	114	66	188	685
1999/00	119	135	144	148	267	76	889
2000/01	164	160	213	197	111	118	963

*Fonte: Brasil (1992).

Os valores de percentual de cobertura de solo provêm de cinco leituras de contato do resíduo cultural remanescente na superfície (HARTWING e LAFLÉN, 1978). A quantidade de palha na superfície do solo, foi avaliada coletando-se resíduo cultural remanescente em uma área de 0,5 m².

Dados de rendimento de grãos de milho, peso de grãos/planta, peso de 1.000 grãos, quantidade de palha remanescente no solo e percentagem de cobertura do solo, foram submetidos à análise de variância. Considerou-se o efeito tratamento (diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas) como fixo, e o efeito ano, como aleatório.

As médias foram comparadas entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise conjunta dos resultados para rendimento de grãos de milho, peso de grãos/planta de milho, peso de 1.000 grãos de milho, quantidade de resíduo remanescente de inverno e percentagem de cobertura de solo de inverno (1997/98 a 2000/01) revelou diferenças significativas entre anos e entre sistemas de manejo de solo. Isso indica que

essas variáveis foram afetadas pela variação climática ocorrida entre anos. Para rendimento de grãos de milho, quantidade de palha remanescente e cobertura de solo de inverno, houve diferenças significativas para sistemas de rotação de culturas e interação ano x sistemas de manejo de solo. Para interação ano x sistemas de manejo de solo, houve ainda significância para peso de 1.000 grãos de milho. Para as demais interações estudadas, não foram observadas diferenças significativas entre médias. EDWARDS et al. (1988) obtiveram resultado semelhante somente para sistemas de manejo de solo x rotação de culturas.

Foram observadas diferenças significativas em rendimento de grãos de milho, em decorrência dos sistemas de manejo de solo, em todos os anos estudados (Tabela 3). Em três dos quatro anos estudados (1997/98, 1998/99 e 2000/01), o rendimento de grãos de milho cultivado sob plantio direto e sob cultivo mínimo foi superior ao cultivado em preparo convencional do solo com arado de discos e com arado de aivecas. Na safra agrícola 1999/00, o rendimento de grãos de milho sob plantio direto foi mais elevado do que nos demais sistemas de manejo de solo.

Tabela 3 - Efeito de sistemas de manejo de solo no rendimento de grãos de milho, híbrido C 901, de 1997/98 a 2000/01. Passo Fundo, RS.

Ano	Manejo de solo				Média
	PD	PCD	PCA	PM	
	kg ha ⁻¹				
1997/98	7.517 A c	6.019 B c	6.225 B b	7.092 A b	6.713 c
1998/99	9.019 A b	6.861 B a	7.201 B a	8.718 A a	7.950 b
1999/00	7.536 A c	6.746 B b	6.639 B b	7.012 B b	6.983 c
2000/01	9.886 A a	7.350 B a	7.384 B a	9.196 A a	8.454 a
Média	8.490 A	6.744 C	6.862 C	8.005 B	

PD: plantio direto. 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. PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Na análise conjunta das safras 1997/98 a 2000/01, o rendimento de grãos de milho cultivado sob plantio direto (8.490 kg ha⁻¹) foi superior ao de milho cultivado sob cultivo mínimo (8.005 kg ha⁻¹) e sob preparo convencional de solo com arado de discos (6.744 kg ha⁻¹) e de aivecas (6.862 kg ha⁻¹) (Tabela 3). Observou-se, na interação ano x sistemas de manejo de solo, que o maior rendimento de grãos de milho sob plantio direto ocorreu no ano de 2000/01. Por sua vez, o rendimento de grãos mais elevado sob cultivo mínimo e sob preparos convencionais de solo com arado de discos ou com arado de aivecas manifestou-se nas safras agrícolas de 1998/99 e 2000/01.

MUNAWAR et al. (1990) observaram que 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 sob preparo convencional de solo com arado de aivecas. Esses autores destacaram que o rendimento de grãos de milho foi maior quando a cobertura vegetal foi eliminada mais cedo. De acordo com SANTOS & REIS (2001), pode ter havido algum efeito alelopático da resteva de centeio sobre a cultura de milho, como consequência da decomposição de resíduos vegetais ou da competição por nitrogênio.

Em trabalho desenvolvido por RUEDELL (1995), também verificou-se 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 ocorreu déficit hídrico durante o período crítico da cultura.

Houve diferença significativa entre médias de rendimento de grãos de milho para sistemas de rotação de culturas somente na safra agrícola de 2000/01 e na média dos anos (Tabela 4). Na referida safra, o rendimento de grãos de milho cultivado após ervilhaca, no sistema II (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja), foi superior ao de milho cultivado após ervilhaca, no sistema I (trigo/soja e ervilhaca/milho).

Na análise conjunta, de 1997/98 a 2001/02, o sistema II confirmou a tendência acumulada observada nos três primeiros anos (1997/98, 1998/99 e 1999/00) e o destaque de 2000/01, para rendimento de grãos de milho: 7.675 kg ha⁻¹, em relação ao sistema I: 7.376 kg ha⁻¹ (Tabela 4). Assim, para milho, os sistemas de rotação de culturas com intervalo de dois verões foi mais benéfico do que com intervalo de um verão. VARVEL (1994), estudando sistemas de rotação de culturas para milho, observou efeito positivo para essa prática agrícola no rendimento de grãos dessa gramínea.

Em trabalhos desenvolvidos por AITA et al. (1994) e por PÖTTKER & ROMAN (1994), observou-se que as culturas de cobertura de inverno (gramínea ou leguminosa) afetaram o rendimento de grãos de milho. Porém, quando milho foi antecedido pela mesma leguminosa, como por exemplo, ervilhaca, ou por diferentes espécies leguminosa de inverno, como, por exemplo, chícharo, ervilhaca e serradela, em sistemas de rotação de culturas, não têm sido observadas diferenças significativas em rendimento de grãos dessa gramínea (MUZILLI, 1978; DERPSCH et al., 1991; SANTOS & PÖTTKER, 1990; PÖTTKER & ROMAN, 1994; SANTOS et al., 1997). Nos trabalhos conduzidos por SANTOS & PÖTTKER (1990) e SANTOS et al. (1997), milho tem sido cultivado sem adubação nitrogenada de cobertura.

Tabela 4 - Efeito de culturas antecessoras de inverno no rendimento de grãos de milho, híbrido C 901, de 1997/98 a 2000/01. Passo Fundo, RS.

Ano	Sistema de rotação		Média
	Sistema I	Sistema II	
	kg ha ⁻¹		
1997/98	6.657 A b	6.770 A c	6.713 c
1998/99	7.829 A a	8.071 A b	7.950 b
1999/00	6.842 A b	7.124 A c	6.983 c
2000/01	8.176 B a	8.733 A a	8.454 a
Média	7.376 B	7.675 A	

Sistema I: trigo/soja e ervilhaca/milho. Sistema II: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Porém, SANTOS & PEREIRA (1994), para a região de Guarapuava, PR, sob plantio direto, observaram diferenças significativas no rendimento de grãos de milho quando cultivado somente após leguminosas, ou seja, milho cultivado após ervilhaca (7.507 kg ha⁻¹) foi superior a milho cultivado após tremoço (6.894 kg ha⁻¹). AITA et al. (1994) igualmente verificaram diferenças significativas em rendimento de grãos em 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.

O maior rendimento de grãos de milho nos sistemas de manejo conservacionistas, em relação aos sistemas de preparo convencional de solo, pode ser explicado pelo peso de grãos/planta de milho, que foi mais elevado no cultivo mínimo (220 g) e no plantio direto (219 g), em relação ao preparo convencional de solo com arado de discos (203 g) e com arado de aivecas (207 g), na média de 1997/98 a 2000/01 (Tabela 5). Porém, isso não foi verdadeiro para os sistemas de rotação de culturas para milho (Tabela 6).

Tabela 5 - Efeito de sistemas de manejo de solo no peso de grãos/planta de milho, híbrido C 901, de 1997/98 a 2000/01. Passo Fundo, RS.

Ano	Manejo de solo				Média
	PD	PCD	PCA	PM	
	g planta ⁻¹				
1997/98	402 Aa	374 Ba	396 Aa	412 Aa	396 a
1998/99	158 Ac	145 ABc	137 Bc	155 Ac	149 c
1999/00	126 Ad	128 Ac	125 Ac	129 Ad	127 d
2000/01	192 Ab	167 Bb	169 Bb	182 Ab	177 b
Média	219 A	203 b	207 b	220 A	

PD: plantio direto. 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. PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Tabela 6 - Efeito de culturas antecessoras de inverno no peso de grãos/planta de milho, híbrido C 901, de 1997/98 a 2000/01. Passo Fundo, RS.

Ano	Sistema de rotação		Média
	Sistema I	Sistema II	
	kg ha ⁻¹		
1997/98	393 Aa	399 Aa	396 a
1998/99	150 Ac	148 Ac	149 c
1999/00	126 Ad	128 Ad	127 d
2000/01	173 Ab	181 Ab	177 b
Média	210 A	214 A	

Sistema I: trigo/soja e ervilhaca/milho. Sistema II: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

O maior rendimento de grãos sob plantio direto, na análise conjunta dos anos, pode ser explicado pelo peso de 1.000 grãos de milho, que foi maior nesse sistema de manejo de solo (334 g) do que no cultivo mínimo (326 g) e no preparo convencional de solo com arado de discos (317 g) e com arado de aivecas (317) (Tabela 7). Por outro lado, isso não foi verdadeiro para os sistemas de rotação de culturas para milho (Tabela 8).

Os demais componentes de rendimento de grãos de milho (número de plantas/m², número de espigas/planta e número de grãos/planta) não apresentaram diferenças entre médias para sistemas de manejo do solo.

O consumo de água para a cultura de milho completar o ciclo é de aproximadamente 571 mm (MATZENAUER, 1992). Pelo registrado na área de Passo Fundo, RS, a precipitação pluvial normal (833 mm) tem sido superior a esse

valor (Tabela 2). Apesar disso, o rendimento de grãos de milho dos sistemas conservacionistas de manejo (cultivo mínimo e plantio direto) superaram, em três dos quatro anos, os sistemas de preparo convencional de solo com arados de discos e de aivecas.

Tabela 7 - Efeito de sistemas de manejo de solo no peso de 1.000 grãos de milho, híbrido C 901, de 1997/98 a 2000/01. Passo Fundo, RS.

Ano	Manejo de solo				Média
	PD	PCD	PCA	PM	
	g				
1997/98	332 Ab	319 Aa	327 Aa	318 Ab	324 b
1998/99	339 Ab	316 Bab	318 Bab	334 Aa	327 b
1999/00	312 Ac	306 Ab	304 Ab	304 Ab	307 c
2000/01	354 Aa	325 Ba	319 Ba	347 Aa	336 a
Média	334 A	317 C	317 C	326 B	

PD: plantio direto. 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. PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Tabela 8 - Efeito de culturas antecessoras de inverno no peso de 1.000 grãos de milho, híbrido C 901, de 1997/98 a 2000/01. Passo Fundo, RS.

Ano	Sistema de rotação		Média
	Sistema I	Sistema II	
	g		
1997/98	326 Aa	322 Ab	324 b
1998/99	326 Aa	327 Ab	327 b
1999/00	306 Ab	307 Ac	307 c
2000/01	333 Aa	339 Aa	336 a
Média	323 A	324 A	

Sistema I: trigo/soja e ervilhaca/milho. Sistema II: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Além disso, a maior exigência em umidade para a cultura de milho concentra-se nas fases emergência, florescimento e formação de grãos (FANCELLI, 1990). Somente no ano de 1998/99, na maioria dos meses, a precipitação pluvial foi inferior à normal (BRASIL, 1992), porém esses valores foram superiores ao consumo de água (571 mm) requerido para a cultura de milho (MATZENAUER, 1992).

A diferença significativa do rendimento de grãos de milho entre sistemas de manejo de solo pode ser atribuída, em grande parte, ao próprio preparo de solo, no inverno. Pois, quando há revolvimento de solo, como ocorre nos sistemas de preparo convencional, a decomposição de resíduos culturais processa-se mais rapidamente. Provavelmente a distribuição errática da precipitação pluvial ofereceu menor condição de armazenamento de água nos sistemas convencionais de preparo de solo, em relação aos sistemas de manejo conservacionistas. A capacidade de infiltração e conservação de umidade, por sua vez, está relacionada à quantidade de palha remanescente e à cobertura de solo, conforme anteriormente relatado.

Assim, de 1997 a 2000, durante o inverno, o plantio direto apresentou maior quantidade de palha remanescente na superfície do solo ($6,39 \text{ t ha}^{-1}$), em comparação ao cultivo mínimo ($3,60 \text{ t ha}^{-1}$) e aos sistemas convencionais de preparo de solo com arado de discos ($0,42 \text{ t ha}^{-1}$) e com arado de aivecas ($0,46 \text{ t ha}^{-1}$) (Tabela 9). Para as culturas componentes dos sistemas de rotação de culturas para a cultura de milho, isso, não ficou bem definido (Tabela 10). Como consequência, nesse período, a cobertura de solo foi maior no plantio direto (93,7 %) do que no cultivo mínimo (49,0 %) e no preparo convencional de solo com arado de discos (2,8 %) e com arado de aivecas (3,4 %) (Tabela 11). Provavelmente, a quantidade de palha remanescente na superfície e a cobertura de solo facilitaram a infiltração e o armazenamento de água no solo, oriunda de precipitações anteriores ao período de estiagem. Para as culturas componentes dos sistemas de rotação de culturas para milho, isso, não ficou bem claro (Tabela 12).

Tabela 9 - Efeito de sistemas de manejo de solo na quantidade de palha remanescente de inverno, de 1997 a 2000. Passo Fundo, RS.

Ano	Manejo de solo				Média
	PD	PCD	PCA	PM	
 t ha ⁻¹				
1997	7,25 Aa	0,67 Ca	0,56 Ca	3,52 Bb	2,99 a
1998	5,92 Ab	0,40 Ca	0,49 Ca	3,06 Bb	2,46 b
1999	5,16 Ac	0,08 Ca	0,13 Ca	3,29 Bb	2,17 b
2000	7,21 Aa	0,52 Ca	0,68 Ca	4,54 Ba	3,24 a
Média	6,39 A	0,42 C	0,46 C	3,60 B	2,72

PD: plantio direto. 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. PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Tabela 10 - Efeito de culturas na quantidade de palha remanescente de inverno, de 1997 a 2000. Passo Fundo, RS.

Ano	Culturas de inverno						Média
	Trigo	Trigo	Ervilhaca	Trigo	Ervilhaca	Aveia branca	
 t ha ⁻¹						
1997	2,78 Ba	2,41 Ba	3,67 Aa	3,50 Aa	2,82 Bb	2,81 Bb	2,99 a
1998	2,60 Aa	2,32 Aa	2,43 Ab	2,64 Ab	2,38 Ab	2,42 Ab	2,46 b
1999	2,01 Ab	2,25 Aa	2,19 Ab	2,04 Ac	2,07 Ac	2,44 Ab	2,17 b
2000	2,83 Ca	2,58 Ca	3,50 ABa	3,06 Ba	3,64 Aa	3,81 Aa	3,24 a
Média	2,56 BC	2,39 C	2,95 A	2,81 AB	2,73 AB	2,87 AB	2,72

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

Tabela 11 - Efeito de sistemas de manejo na cobertura de solo de inverno, de 1997 a 2000. Passo Fundo, RS.

Ano	Manejo de solo				Média
	PD	PCD	PCA	PM	
 %				
1997/98	98,8 Aa	3,3 Ca	2,7 Cb	36,7 Bc	35,4 b
1998/99	95,3 Ab	2,1 Ca	2,4 Cb	25,5 Bd	31,3 c
1999/00	95,4 Ab	2,2 Ca	2,1 Cb	89,4 Ba	47,3 a
2000/01	85,2 Ac	3,7 Ca	6,4 Ca	44,3 Bb	34,9 b
Média	93,7 A	2,8 C	3,4 C	49,0 B	37,2

PD: plantio direto. 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. PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Tabela 12. Efeito de culturas na cobertura de solo de inverno, de 1997 a 2000. Passo Fundo, RS.

Ano	Culturas de inverno						Média
	Trigo	Trigo	Ervilhaca	Trigo	Ervilhaca	Aveia branca	
 %						
1997	34,5 Bb	34,8 Bb	38,5 Ab	35,9 Bb	34,8 Bc	33,7 Bc	35,4 b
1998	32,6 Ab	28,3 Bc	34,2 Ac	32,8 Ac	32,5 Ac	27,5 Bd	31,1 c
1999	47,3 Aa	47,6 Aa	46,2 Aa	48,1 Aa	46,7 Aa	47,9 Aa	47,3 a
2000	34,6 Bb	32,5 Cb	36,3 ABb	31,9 Cc	37,4 Ab	36,7 Ab	34,9 b
Média	37,3 BC	35,8 D	38,8 A	37,2 BC	37,8 AB	36,4 CD	37,2

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

CONCLUSÕES

Plantio direto proporciona maior rendimento de grãos de milho do que cultivo mínimo e preparos convencionais de solo com arado de discos e com arado de aivecas.

O sistema trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja é superior ao sistema trigo/soja e ervilhaca/milho para rendimento de grãos de milho, sendo, portanto indicado para cultivo do milho no sistema plantio direto.

ABSTRACT

From 1997/98 to 2000/01, the effect of soil tillage and crop rotation systems on corn grain yield and yield components was evaluated at Embrapa Trigo in Passo Fundo, RS, Brazil. Four soil tillage systems — 1) no-tillage, 2) conventional tillage using disk plow and disk harrow, 3) conventional tillage using moldboard plow and disk harrow, and 4) minimum tillage — and two crop rotation systems [system I (wheat/soybean and common vetch/corn) and system II (wheat/soybean, common vetch/corn, and white oat/soybean)] 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 was higher than the yield obtained for corn grown on minimum tillage and conventional tillage using disk plow and moldboard plow. The yield of corn under system II was higher than under the system I. System II under no-tillage showed higher corn yields.

Key words: crop rotation, crop succession, conventional tillage, minimum tillage, no-tillage.

REFERÊNCIAS

AITA, C.; CERETTA, C.A.; THOMAS, A.L. et al. 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. et al. Importância da rotação de culturas. In: DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **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.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.7, p.761-773, 1985.

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-CNPT, 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.

HARTWING, R.O.; LAFLEN, J.M. A meterstick method for measuring crop residue cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.33, n.2, p.90-91, 1978.

KOCHHANN, R.A.; SELLES, F. O solo no sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J.M.; FERNANDEZ, M.R.; KOCHHANN, R.A. et al. **Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT/CIDA, 1991. p. 9-20. (Documentos, 1).

LANGDALE, G.W.; WILSON JUNIOR, R.L.; BRUCE, R.R. Cropping frequencies to sustain long-term conservation tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, n. 1, p. 193-198, 1990.

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H. coord. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. cap. 3, p. 33-47.

MUNAWAR, A.; BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W. et al. 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 pouso 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.

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 agrônomicas 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 agrônomicas do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 11, p. 1647-1654, nov. 1990.

SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M. Rotação de culturas. In: SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. Cap. 1, p.11-132.

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. et al. **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).

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.