

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.3, p.478-484, jul.-set., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i3a1844

Protocolo 1844 - 26/09/2011 • Aprovado em 23/12/2011

Henrique P. Santos^{1,3}

Renato S. Fontaneli²

Eduardo Caierão¹

Geizon Dreon⁴

Evandro A. Lampert¹

Sistemas de manejo e rotação de culturas no rendimento de grãos e nas características agrônômicas de trigo

RESUMO

A adoção de práticas conservacionistas pode afetar as propriedades do solo e, sobretudo, o rendimento das culturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de sistemas de manejo do solo e de rotação de culturas nas características agrônômicas e na produtividade de trigo. O experimento foi conduzido em Passo Fundo, RS, de 2003 a 2010, em um Latossolo Vermelho. Os tratamentos foram constituídos de quatro tipos de manejo do solo: (1) sistema plantio direto, (2) cultivo mínimo, (3) preparo convencional de solo com arado de disco e (4) preparo convencional de solo com arado de aivecas, e de três sistemas de rotação de culturas: sistema I - trigo/soja (monocultura); sistema II - trigo/soja e ervilhaca/sorgo (um cultivo inverno sem trigo) e sistema III - trigo/soja, ervilhaca/sorgo e aveia branca/soja (dois cultivos de inverno sem trigo). A produtividade e a população final de plantas de trigo cultivado sob sistema plantio direto foram superiores aos do trigo cultivado sob preparo convencional de solo (com arado de discos e com arado de aivecas) e cultivo mínimo. Porém os tipos de manejo do solo não afetaram significativamente a severidade das doenças radiculares nem da massa de 1.000 grãos de trigo. A rotação de culturas com dois invernos (trigo/soja, ervilhaca/sorgo e aveia branca/soja) propicia maior rendimento de grãos, massa de 1.000 grãos, massa do hectolitro e índice de colheita de trigo, em relação à monocultura (trigo/soja) além de um inverno sem trigo (trigo/soja e ervilhaca/sorgo). A população final de plantas foi menor no sistema I do que nos sistemas II e III.

Palavras-chave: doenças radiculares, plantas de cobertura, plantio direto, preparo convencional do solo, *Triticum aestivum*

Tillage systems and crop rotations on grain yield and agronomic characteristics of wheat

ABSTRACT

The adoption of conservation practices can affect the soil properties and, consequently, the yield crop. From 2003 to 2010, the effects of soil managements and crop rotations were assessed in Passo Fundo, Rio Grande do Sul. Four soil management: 1) no-tillage, 2) chisel plow tillage, 3) conventional tillage using disk plow, and 4) conventional tillage using moldboard plow and three crop rotation systems: system I - wheat/soybean; system II - wheat/soybean and common vetch/sorghum; and system III - wheat/soybean, common vetch/sorghum, and white oats/soybean were compared. A random block design with split-plots and three replications was used. The main plot consisted of soil management systems, while the split-plots consisted of crop rotation systems. Wheat yield and final plant population grown under no-tillage was higher than that of wheat grown under conventional soil tillage using either disk plow or moldboard plow and minimum tillage. But tillage systems did not affect significantly severity of root diseases and weight of 1,000 kernels. The system III (wheat/soybean, common vetch/sorghum, and white oats/soybean) showed higher yield, higher weight of 1,000 kernels, hectolitre weight and harvest index than the systems I and II (monoculture wheat/soybean) and a winter without wheat (wheat/soybean and vetch/sorghum). The final population the plants was the lowest in the system I in comparison to systems II and III.

Key words: root diseases, cover crops, no-tillage, conventional tillage, *Triticum aestivum*

1 Embrapa Trigo, Rod. BR 285, KM 294, CEP 99001-970, Passo Fundo-RS, Brasil Caixa Postal: 451, Fone: (54) 3316-5800.

Fax: (54) 3316-5801.

E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br;

caierao@cnpt.embrapa.br;

geizon_dreon@hotmail.com;

evandro@cnpt.embrapa.br

2 Universidade de Passo Fundo (UPF),

Faculdade de Agronomia e Medicina

Veterinária (FAMV), Rod. BR 285, KM S/N.

CEP 99001-970, Passo Fundo-RS, Brasil.

Caixa Postal : 566. Fone: (54) 3316-8167.

Fax: (54) 3316-8152.

E-mail: renatof@cnpt.embrapa.br

3 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

4 Bolsista de Iniciação Científica do CNPq

INTRODUÇÃO

As inter-relações das propriedades do solo controlam os processos e os aspectos relacionados à sua variação espacial e temporal, de tal forma que qualquer alteração pode afetar diretamente a sua estrutura e a atividade biológica e, conseqüentemente, sua qualidade (Carneiro et al., 2009). Assim, a distribuição inadequada das espécies de plantas em uma área pode, ao longo do tempo, afetar seu rendimento de grãos e de matéria seca (Cardoso et al., 2009).

A adoção de práticas conservacionistas e o uso de plantas de cobertura normalmente têm efeito positivo na estrutura do solo e no fluxo de água e ar (Cunha et al., 2011). O preparo convencional tem resultado, em geral, na degradação do solo, em virtude de reduzir o teor e a qualidade da matéria orgânica e a estabilidade de agregados, resultando na diminuição da capacidade produtiva do solo. Por outro lado, o sistema plantio direto, associado ao uso de plantas de cobertura pode, pela redução do tráfego de máquinas e do revolvimento do solo, aumentar ou pelo menos manter a capacidade produtiva do solo por favorecer a recuperação ou a manutenção da sua estrutura (Marcolan & Anghinoni, 2006; Vezzani & Mielniczuk, 2009; Spera et al., 2010).

Existem poucos trabalhos de longa duração relatando, conjuntamente, o rendimento de grãos de trigo cultivado em diferentes sistemas de manejo e de rotação de culturas (Edwards et al., 1988; Ruedell, 1995; Santos et al., 2000; 2006). Por sua vez, os trabalhos de longa duração abordando somente sistemas de rotação de culturas envolvendo rendimento de grãos e severidade das doenças do sistema radicular de trigo, vêm desde a década de 1960 até a de 2000 (Ledingham, 1961; Slope et al., 1973; Sturz & Bernier, 1989; Santos et al., 1996; 1998). Estudos de sistemas de rotação de culturas foram publicado mais recentemente, porém de curta duração, avaliando o efeito dos atributos físicos do solo e na produtividade de algumas culturas, dentre elas a de trigo (Genro Junior et al., 2009; Secco et al., 2009). Nesses trabalhos a cultura de trigo produziu, sob rotação de culturas, mais do que sob monocultura. A maioria dos trabalhos publicados não tem o chamado efeito do ano, ou seja, nem todas as espécies de inverno ou de verão estão presentes para serem avaliadas anualmente.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de tipos de manejo do solo e de sistemas de rotação de culturas nas características agrônômicas e na produtividade de trigo.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido em um experimento de longa duração, em Passo Fundo, RS (latitude: 28°12'56", longitude: 52° 23'43" W e altitude: 684 m), em um Latossolo Vermelho Distrófico típico (Streck et al., 2008), durante os anos de 2003 a 2010. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo subtropical úmido (Cfa). Os dados climáticos referentes ao período de condução do experimento e da média histórica de 1961 a 1990 estão apresentados na Tabela 1.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com três repetições. Nas parcelas principais foram estabelecidos os quatro tipos de

Tabela 1. Precipitação mensal acumulada, temperatura média mensal e umidade relativa média mensal durante o período de experimento (2003 a 2010) e da série histórica de 1961 a 1990, em Passo Fundo, RS

Table 1. Total monthly rainfall, monthly mean temperature and monthly mean relative humidity during the experimental period (2003 to 2010) and the historical series from 1961 to 1990, in Passo Fundo, RS

Ano	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Total
Precipitação pluviométrica mensal (mm)						
1961 a 1990	129	153	166	207	167	822
2003	153	101	58	64	237	612
2004	134	89	53	234	193	703
2005	273	84	135	153	385	1.030
2006	168	147	132	113	95	655
2007	68	326	129	269	294	1.085
2008	232	60	163	98	352	904
2009	75	222	269	490	134	1.190
2010	142	187	49	240	144	762
Temperatura média mensal (°C)						
1961 a 1990	12,7	12,8	14,0	14,8	17,7	14,4
2003	15,5	13,3	12,2	15,5	18,6	15,0
2004	14,1	11,7	14,0	17,0	17,2	14,2
2005	15,6	11,9	14,9	12,6	17,9	14,6
2006	14,3	14,6	14,0	14,8	19,7	15,5
2007	13,8	10,6	13,0	17,8	18,8	14,8
2008	11,5	15,3	14,7	13,3	17,5	14,5
2009	11,0	10,5	14,9	14,7	17,9	13,8
2010	13,4	12,6	13,3	15,6	16,5	14,3
Umidade relativa média mensal (%)						
1961 a 1990	82	81	79	78	74	79
2003	83	77	68	70	69	73
2004	79	77	71	76	67	74
2005	84	76	74	79	77	79
2006	80	80	70	69	69	73
2007	76	77	78	72	77	76
2008	80	75	78	74	78	77
2009	78	76	75	83	73	77
2010	79	81	74	77	70	76

manejo de solo: (1) sistema plantio direto, (2) cultivo mínimo, (3) preparo convencional do solo com arado de disco mais grade de discos e (4) preparo convencional do solo com arado de aivecas mais grade de discos; e, nas subparcelas, foram estabelecidos os três sistemas de rotação de culturas: (1) trigo/soja (monocultura), (2) trigo/soja e ervilhaca/sorgo (um cultivo de inverno sem trigo) e (3) trigo/soja, ervilhaca/sorgo e aveia branca/soja (dois cultivos de inverno sem trigo). Cada unidade experimental foi constituída de 10,0 m de comprimento e 4,0 m de largura (40 m²). A ervilhaca não recebeu adubação de cobertura.

As cultivares de trigo usadas foram BRS 179 (safra 2003), BRS Angico (2004), BRS Louro (2005/2006/2008) e BRS Guamirim (2007/2009/2010). A semeadura, os tratamentos culturais e o manejo fitossanitário, foram realizados de acordo com a necessidade e recomendação técnica para a cultura. A colheita do trigo foi realizada com colhedora de parcelas experimentais. O desempenho produtivo da cultura foi avaliado perante as seguintes variáveis: população final de plantas, massa do hectolitro, rendimento de grãos (com umidade corrigida para 13%), massa de 1.000 grãos e índice de colheita.

A avaliação do grau de severidade de doenças do sistema radicular de trigo (mal-do-pé, causado por *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, e podridão-comum, causada por *Bipolaris sorokiniana*) foi realizada de acordo com o método descrito por Reis et al. (1985). Os dados originais foram transformados em arco-seno.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando o teste foi significativo para cada ano e na média conjunta dos anos, as médias foram comparadas entre si, pelo teste de Tukey, a nível de 5 % de probabilidade de erro, utilizando-se o programa estatístico SAS versão 9.2 (SAS, 2008). Considerou-se fixo o efeito dos fatores de variação (tipos de manejo de solo e sistemas de rotação de culturas) e aleatório o efeito ano.

A quantidade de resíduos culturais remanescentes e a porcentagem de cobertura de solo foram avaliadas após as culturas de inverno coletando-se, aleatoriamente, cinco subamostras por parcela na área de um quadrado de 0,50 m²; em seguida, as amostras foram secadas em estufa de circulação forçada de ar a 60 ± 3 °C por 72 h e enfim, pesadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise conjunta dos resultados de severidade de doenças do sistema radicular, rendimento de grãos, população final de plantas, massa de 1.000 grãos, massa do hectolitro e índice de colheita de trigo mostrou, no período de 2003 a 2010, significância para o fator ano, indicando que essas características foram afetadas por variações climáticas ocorridas entre os anos (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Severidade de doenças radiculares, rendimento de grãos e população final de plantas de trigo em diferentes tipos de manejo de solo. Passo Fundo, RS

Table 2. Root diseases, yield and final population of wheat in different soil management. Passo Fundo, RS

Ano	Tipos de manejo de solo				Média
	SPD	PCD	PCA	CM	
Severidade de doenças do sistema radicular de trigo (%)					
2003	46	47	48	45	46 ab
2004	43	47	46	46	45 ab
2005	36	36	35	37	36 c
2006	38 B	41 AB	45 A	44 AB	43 b
2007	41	41	43	46	43 b
2008	56 A	48 B	49 B	51 AB	51 a
2009	40	37	31	36	36 c
2010	52	51	52	49	51 a
Média	44 A	43 A	44 A	44 A	44
Rendimento de grãos de trigo (kg ha ⁻¹)					
2003	4.088	4.131	4.004	4.121	4.086 a
2004	3.121	3.429	3.282	3.374	3.301 c
2005	3.889	3.750	3.726	3.968	3.833 ab
2006	3.589	3.695	3.628	3.756	3.668 b
2007	1.449	1.329	1.202	1.338	1.330 e
2008	3.463 A	2.860 B	2.998 B	3.042 B	3.091 c
2009	3.712 A	1977 C	1.594 C	2.402 B	2.421 d
2010	4.051	3.783	3.747	3.960	3.886 ab
Média	3.421 A	3.120 BC	3.023 C	3.245 B	3.202
População final de plantas m ⁻²					
2003	343	337	328	333	336 c
2004	249 A	216 B	217 A	217 B	225 e
2005	298 A	255 B	250 B	251 B	264 e
2006	271	273	267	268	270 d
2007	352 A	323 AB	293 BC	276 C	312 c
2008	434	392	406	354	397 b
2009	398	341	343	280	341 b
2010	533	488	521	578	531 a
Média	372 A	315 B	328 B	320 B	334

SPD: sistema plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de disco; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas e CM: cultivo mínimo. Médias seguidas de letras distintas, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, mostram diferenças a nível de 5 % de probabilidade de erro, pelo teste de Tukey

Tabela 3. Massa de 1.000 grãos, massa do hectolitro e índice de colheita de trigo em diferentes tipos de manejo do solo. Passo Fundo, RS

Table 3. Weight of 1,000 kernels, test weight and harvest index of wheat under different soil management. Passo Fundo, RS

Ano	Tipo de manejo de solo				Média
	SPD	PCD	PCA	CM	
Massa de 1.000 grãos (g)					
2003	37,90	37,83	38,58	36,96	37,82 b
2004	29,72 B	31,73 A	31,31 A	31,43 B	31,03 c
2005	32,10	33,03	32,03	30,99	32,03 c
2006	30,90 BC	31,70 A	31,24 B	30,80 C	31,16 c
2007	38,04	38,18	38,52	38,15	38,22 b
2008	27,71	26,00	27,20	26,73	26,91 d
2009	33,62 A	31,11 AB	28,08 B	31,52 AB	31,08 c
2010	42,40	38,56	39,34	40,94	40,31 a
Média	34,05 A	33,51 A	33,29 A	33,44 A	35,57
Massa do hectolitro (kg hl ⁻¹)					
2003	80	81	80	80	80 a
2004	78	80	79	79	79 ab
2005	76	76	76	75	76 bc
2006	78	78	78	78	78 ab
2007	70	69	69	68	69 d
2008	76 A	73 B	74 B	74 B	74 c
2009	73 A	69 B	69 B	69 B	70 d
2010	76 A	73 B	72 B	75 AB	74 c
Média	76 A	74 B	75 AB	75 AB	75
Índice de colheita (%)					
2003	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45 a
2004	- ¹				
2005	0,37	0,38	0,40	0,37	0,38 c
2006	0,46	0,44	0,45	0,44	0,45 a
2007	0,42	0,44	0,41	0,36	0,41 bc
2008	0,34	0,28	0,29	0,36	0,32 d
2009	0,33 A	0,17 C	0,20 BC	0,27 B	0,24 e
2010	0,41 A	0,41 A	0,42 A	0,42 A	0,42 ab
Média	0,39 A	0,36 B	0,38 AB	0,38 AB	0,38

SPD: plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de disco; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas e CM: cultivo mínimo. ¹ Em 2004 não foi determinado o índice de colheita. Médias seguidas de letras distintas, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, mostram diferenças a nível de 5 % de probabilidade de erro, pelo teste de Tukey

No período de 2003 a 2010 o rendimento de grãos, a população final de plantas, a massa do hectolitro e o índice de colheita de trigo, em alguns anos e na média desses anos (Tabelas 2 e 3), mostraram diferenças entre tipos de manejo de solo. A severidade das doenças radiculares e a massa de 1.000 grãos mostraram diferença entre as médias do fator ano (Tabelas 2 e 3).

A maior severidade de doenças do sistema radicular do trigo ocorreu nos anos de 2008 e 2010 (Tabela 2). Porém, na comparação entre os tipos de manejo, no ano de 2006, o trigo cultivado no sistema plantio direto mostrou menor valor de severidade de doenças do sistema radicular do que o trigo cultivado com preparo convencional de solo com arado de aivecas enquanto em 2008 o trigo cultivado no sistema plantio direto indicou maior severidade das doenças radiculares em comparação ao trigo cultivado com preparo convencional de solo com arado de discos e com arado de aivecas. Neste período de estudo não houve diferença entre as médias da severidade das doenças do sistema radicular do trigo entre os tipos de manejo de solo. Isto deve ter ocorrido em razão de, no período estudado, a severidade das doenças radiculares ter sido relativamente baixa. Este resultado de severidade das doenças do sistema radicular do trigo foi diferente do obtido

anteriormente por Santos et al. (2000; 2006), nos períodos de 1988 a 1997 e de 1998 a 2002 e pode ser atribuído a condições climáticas distintas entre os períodos, nos quais os sistemas conservacionistas (sistema plantio direto e cultivo mínimo) mostraram valores mais elevados de severidade das doenças do sistema radicular em relação aos sistemas de preparo convencional do solo (com arado de discos e com arado de aivecas).

Na maioria dos anos estudados não houve diferença entre as médias do rendimento de grãos de trigo para os tipos de manejo do solo (Tabela 2). Nos anos de 2008 e 2009 e na média dos anos (2003 a 2010), o trigo cultivado no sistema plantio direto mostrou maior rendimento de grãos em comparação com o trigo cultivado nos demais tipos de manejo de solo. Nesses dois anos, além dos rendimentos de grãos de trigo serem relativamente baixos e diferentes entre os tipos de manejo podem ter sido causados pelo excesso hídrico na primavera (Tabela 1) em alguma fase crítica de desenvolvimento da cultura. Nas avaliações anteriores, ocorridas nos períodos de 1988 a 1997 (Santos et al., 2000) e de 1997 a 2002 (Santos et al., 2006) o destaque para rendimento de grãos ocorreu no trigo cultivado com sistema plantio direto e com cultivo mínimo. Esta diferença no rendimento de grãos do trigo cultivado no sistema plantio direto, na média conjunta dos anos, pode ser explicada, em parte, pela maior população final de plantas (Tabela 2), as quais foram mais elevadas em relação ao trigo cultivado nos sistemas de preparos convencionais de solo e cultivo mínimo. O trigo cultivado no sistema plantio direto favoreceu a massa do hectolitro em comparação com o trigo cultivado no preparo convencional de solo com arado de discos, na média do período avaliado.

Deve-se levar em conta que, na quantificação da palha encontrou-se, de 2003 a 2010 nesses experimentos, diferença entre os tipos de manejo de solo e de rotação de culturas. A quantidade média de palha sobre o solo avaliada no fim do verão de cada ano no tratamento sistema plantio direto, foi de 4,05 t ha⁻¹, valor superior, respectivamente, aos demais tipos de manejo de solo, que foram: 2,81 t ha⁻¹ sob cultivo mínimo, 1,64 t ha⁻¹ sob preparo convencional de solo com arado de disco e 1,63 t ha⁻¹ sob preparo com arado de aivecas. Deste modo, o sistema plantio direto apresentou cobertura de solo de 89% enquanto o cultivo mínimo, 44%, preparo convencional do solo com arado de discos, 8% e, com arado de aivecas, 7%. A quantidade de palha remanescente é fundamental para o armazenamento de água, de nutrientes e de matéria orgânica no solo. Nos métodos conservacionistas de preparo de solo a capacidade de armazenamento geralmente é maior porque o solo sob cobertura permanente com palha geralmente é mais estruturado e sofre menor perda de água por evaporação.

Resultados semelhantes foram encontrados por Ruedell (1995) ao destacar que o trigo foi a cultura mais influenciada pelos tipos de manejo do solo, ou seja, dentre nove anos estudados, em oito anos o rendimento de grãos da cultura sob sistema plantio direto foi superior ao do preparo convencional de solo com grade pesada de discos. Além disto, o autor concluiu que tanto no sistema plantio direto quanto no preparo convencional de solo com grade pesada de disco, o trigo foi uma cultura completamente dependente da rotação de culturas.

O baixo rendimento de grãos do trigo cultivado em todos os tipos de manejo de solo no ano de 2007, foi atribuído à alta incidência de giberela (*Gibberella zeae*) uma vez que, neste ano, o excesso de precipitação pluvial, dificultou o controle dessas doenças (Tabela 1). De acordo com Reis & Casa (2007), isto deve ter ocorrido porque a giberela encontrou condições adequadas para sua proliferação, ou seja, períodos prolongados de chuva (mais de 48 horas) e temperaturas médias durante o período chuvoso superiores a 20 °C, após o início da floração.

A quantidade de precipitação pluvial requerida para a cultura de trigo completar seu ciclo, é de aproximadamente 322 mm (Matzenauer, 1992). Entretanto, na região de Passo Fundo, RS, a precipitação pluvial normal no período estudado é de 822 mm (Brasil, 1992). No decorrer dos anos de condução deste trabalho a precipitação pluvial foi baixa (Tabela 1) mas somente nos meses de agosto de 2004 (58 mm), 2005 (53 mm) e 2010 (49 mm). Porém na maioria dos anos ocorreu, na região de Passo Fundo, RS, precipitação pluvial acima da normal em vários meses, principalmente em 2008 e 2009 (Tabela 1) evento passível de explicar, em parte, a diferença em rendimento de grãos entre o sistema plantio direto e os demais tipos de manejo de solo uma vez que o primeiro tem melhor condição de drenar o excesso de água e não prejudicar o sistema radicular nos períodos mais críticos do desenvolvimento do trigo.

A maior população final de plantas e massa de 1.000 grãos de trigo ocorreu no ano de 2010 (Tabelas 2 e 3). Na maioria dos anos estudados não houve diferença de população final de plantas, massa de 1.000 grãos, massa do hectolitro e índice de colheita do trigo cultivado entre os diferentes tipos de manejo do solo. Na média conjunta de 2003 a 2010 o trigo cultivado sob sistema plantio direto mostrou massa do hectolitro maior que a do trigo cultivado com preparo convencional de solo com arado de discos.

O trigo cultivado sob sistema plantio direto mostrou maior índice de colheita em comparação ao trigo cultivado com preparo convencional de discos.

O maior rendimento de grãos de trigo para todos os tipos de manejo do solo e sistemas de rotação de culturas, foi observado no ano de 2003 (Tabelas 2 e 4) enquanto o menor rendimento de grãos ocorreu no ano de 2007. O maior rendimento de grãos de trigo ocorreu no sistema plantio direto em comparação com o preparo convencional de solo (com arado de discos ou com arado de aivecas) e cultivo mínimo.

No período de 2003 a 2010 a severidade das doenças do sistema radicular, o rendimento de grãos, a população final de plantas, a massa de 1.000 grãos, a massa do hectolitro e o índice de colheita de trigo de todos os anos estudados e na média desses anos (Tabelas 4 e 5) mostraram diferenças entre os sistemas de rotação de culturas.

A maior severidade de doenças radiculares do trigo foi constatada nos anos de 2008 e 2010 (Tabela 4). Em 2003, 2005 e 2007, não houve diferença para a severidade das doenças do sistema radicular de trigo entre os sistemas de rotação de culturas (Tabela 4); mesmo assim, nos demais anos estudados e na média dos anos, o cultivo de trigo em monocultura (sistema I) mostrou a menor severidade de doenças radiculares de trigo do que os sistemas com rotação de culturas de cobertura (sistema II e III). Além desses valores de doenças radiculares

Tabela 4. Severidade de doenças radiculares, rendimento de grãos e população final de plantas de trigo em diferentes sistemas de rotação de culturas. Passo Fundo, RS

Table 4. Root diseases, yield and final population of wheat under different crop rotation systems. Passo Fundo, RS

Ano	Sistema de rotação de culturas			Média
	Monocultura (Sistema I)	Um inverno sem trigo (Sistema II)	Dois invernos sem trigo (Sistema III)	
Severidade de doenças do sistema radicular de trigo (%)				
2003	46	47	46	46 ab
2004	42 B	46 A	48 A	45 ab
2005	34	36	37	36 c
2006	37 B	45 A	45 A	43 b
2007	42	42	44	43 b
2008	48 B	52 A	52 A	51 a
2009	32 B	39 A	37 AB	36 c
2010	47 B	52 A	53 A	51 a
Média	41 B	45 A	46 A	44
Rendimento de grãos de trigo (kg ha ⁻¹)				
2003	3.677 B	4.356 A	4.225 A	4.086 a
2004	3.266 B	3.126 B	3.512 A	3.301 c
2005	3.471 B	4.093 A	3.935 A	3.833 ab
2006	3.463 B	3.492 B	4.046 A	3.668 b
2007	919 C	1.234 B	1.809 A	1.330 e
2008	3.100 B	2.718 C	3.454 A	3.091 c
2009	1.127 C	2.587 B	3.551 A	2.421 d
2010	2.990 C	3.968 B	4.698 A	3.886 ab
Média	2.752 C	3.200 B	3.654 A	3.202
População final de plantas de trigo m ⁻²				
2003	320 A	338 A	348 A	336 c
2004	215 B	218 B	241 A	225 e
2005	262 A	256 A	271 A	264 de
2006	269 A	268 A	273 A	270 d
2007	270 B	323 A	335 A	312 c
2008	377 A	389 A	423 A	397 b
2009	219 B	428 A	375 A	341 c
2010	523 A	565 A	502 A	531 a
Média	307 B	349 A	346 A	334

Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo e Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja. Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, apresentam diferenças a nível de 5 % de probabilidade de erro, pelo teste de Tukey

de trigo se encontraram em um limiar relativamente baixo, este resultado contraria os dados obtidos anteriormente nesse mesmo experimento, nos períodos de 1988 a 1997 e de 1998 e 2002, por Santos et al. (2000; 2006) e os outros estudos de longa duração, com sistemas de rotação de culturas para trigo (Santos et al., 1996; 1998).

Verificou-se, no trabalho de Lendinghan (1961), no Canadá, que valores mais elevados de severidade da podridão-comum de raízes de trigo ocorreram em monocultura e em um inverno sem trigo, em relação a dois, três e cinco invernos sem essa gramínea. De acordo com o autor, ocorreu decréscimo da doença, proporcionalmente ao aumento de anos de rotação de trigo. Slope et al. (1973) observaram, na Inglaterra, que a monocultura de trigo e dois invernos sem trigo com culturas não suscetíveis, diferiram entre si para severidade do mal-do-pé.

Santos et al. (1996) verificaram, avaliando parcelas sob sistema plantio direto, em Guarapuava, PR, valores mais elevados de severidade do mal-do-pé e da podridão-comum de raízes de trigo em monocultura em comparação com o trigo cultivado em rotação de um, dois e três invernos sem trigo. Santos et al. (1998) observaram, em Passo Fundo, RS, que a severidade de doenças do sistema radicular do trigo foi superior na monocultura de trigo em relação a um, dois e três

Tabela 5. Massa de 1.000 grãos, massa do hectolitro e índice de colheita em diferentes sistemas de rotação de culturas. Passo Fundo, RS

Table 5. Weight of 1,000 kernels, test weight and harvest index of wheat under different crop rotation systems. Passo Fundo, RS

Ano	Sistema de rotação de culturas			Média
	Monocultura (Sistema I)	Um inverno sem trigo (Sistema II)	Dois invernos sem trigo (Sistema III)	
Massa de 1.000 grãos (g)				
2003	37,93	37,97	37,56	37,82 b
2004	30,93	31,14	31,06	31,03 c
2005	32,10	32,35	31,65	32,03 c
2006	30,68 B	31,31 A	31,48 A	31,16 c
2007	38,14	38,33	38,18	38,22 b
2008	26,31	26,57	27,85	26,91 d
2009	27,12 C	30,37 B	35,75 A	31,08 c
2010	38,68	39,65	42,60	40,31 a
Média	32,74 B	33,45 B	34,51 A	33,57
Massa do hectolitro (kg/hl)				
2003	79	81	80	80 a
2004	79 B	79 B	80 A	79 ab
2005	75 B	76 AB	77 A	76 bc
2006	78	78	78	78 ab
2007	68 B	68 B	70 A	69 d
2008	74	75	74	74 c
2009	66 C	72 B	74 A	70 d
2010	72 C	74 B	76 A	74 c
Média	74 B	74 B	76 A	75
Índice de colheita (%)				
2003	0,44 A	0,44	0,46	0,45 a
2004	- ¹			
2005	0,37	0,39	0,36	0,38 c
2006	0,45	0,44	0,45	0,45 a
2007	0,38 B	0,38 B	0,46 A	0,41 bc
2008	0,32	0,29	0,34	0,38 d
2009	0,17 B	0,26 A	0,31 A	0,24 e
2010	0,39 B	0,42 A	0,43 A	0,42 bc
Média	0,36 B	0,37 B	0,40 A	0,38

Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo e Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja. Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, mostram diferenças a nível de 5 % de probabilidade de erro, pelo teste de Tukey

invernos sem trigo, dois invernos sem e dois com trigo e três invernos sem e dois com trigo.

O trigo cultivado no sistema III (dois invernos sem trigo: trigo/soja, ervilhaca/sorgo e aveia branca/soja), mostrou maior rendimento de grãos na maioria dos anos e na média conjunta nos anos, em comparação com o trigo cultivado nos sistemas I (monocultura de trigo/soja) e II (um inverno sem trigo: trigo/soja e ervilhaca/sorgo) (Tabela 4). Esta diferença, maior no rendimento de grãos de trigo do sistema III, pode ser explicada, em parte, pela maior massa de 1.000 grãos e massa do hectolitro que também foi maior nesse sistema, em comparação com os demais (Tabela 5). Em 2007, 2009 e 2010, o trigo cultivado após sorgo (sistema II) apresentou rendimento de grãos intermediário entre a monocultura desse cereal e rotação de dois invernos sem trigo. Como nesse sistema havia um inverno de rotação, previa-se que o rendimento de grãos fosse semelhante ao de trigo com dois invernos de rotação, conforme observado em estudos com sistemas de rotação para esta espécie, desenvolvidos por Santos et al. (1996), em Guarapuava, PR, e Santos et al. (1998), em Passo Fundo, RS, nos quais foram comparados vários sistemas de rotação de culturas contra estudos com a monocultura desse cereal.

No trabalho de Schaffner & Bregante (1984), no Uruguai, foi avaliado o cultivo de trigo após várias culturas de verão

(girassol, milho, soja e sorgo), no qual os autores observaram efeitos alelopáticos dessas coberturas sobre o crescimento e o rendimento de grãos de trigo. Nesse mesmo estudo os autores concluíram que o resíduo de sorgo foi o que mais afetou negativamente a cultura de trigo.

Nos estudos realizados, na Inglaterra por Slope et al. (1973) e no Canadá por Sturz & Bernier (1989), o trigo cultivado em monocultura mostrou menor rendimento de grãos em comparação com o trigo cultivado por um ou dois invernos sem trigo.

No trabalho de Ruedell (1995) com tipos de manejo de solo e de rotação de culturas, na região de Cruz Alta, RS, também se observou que o trigo com dois invernos sem trigo produziu mais do que o trigo com um inverno ou em monocultura, época em que o autor concluiu que um ano sem trigo não era suficiente para reduzir o nível de inóculo das doenças no solo.

Santos et al. (1996) verificaram sob sistema plantio direto, em Guarapuava, PR, que o menor rendimento de grãos ocorreu na monocultura de trigo, em relação aos sistemas de rotação com um, dois e três invernos sem trigo. Santos et al. (1998) também observaram, em áreas sob preparo convencional de solo e sob plantio direto, no verão, em Passo Fundo, RS, menor rendimento de grãos na monocultura de trigo do que em um, dois, três invernos sem trigo, dois invernos sem e dois com trigo e três invernos sem e dois com trigo.

No trabalho de Genro Junior et al. (2009) com sistemas de rotação de culturas com várias espécies de inverno e de verão, notou-se que o rendimento de grãos, inclusive de trigo, foi influenciado positivamente pela sucessão à cultura de crotalária porém neste estudo não foi considerado o efeito do ano, ou seja, o trigo não foi semeado todos os anos, a não ser no sistema I (monocultura trigo/soja). Em um dos anos estudados o trigo sob rotação produziu mais (2.850 kg ha) do que sob monocultura (2.430 kg ha).

O trigo cultivado nos sistemas II e III mostrou maior população final de plantas de trigo, em alguns anos e na média conjunta dos anos, em relação ao trigo cultivado no sistema I (Tabela 4).

No presente estudo a massa de 1.000 grãos foi superior, em alguns anos, à do trigo cultivado nos sistemas II e III foram superiores ao trigo cultivado no sistema I (Tabela 5) mas na média conjunta dos anos o trigo cultivado no sistema III mostrou maior massa de 1.000 grãos do que o trigo cultivado nos sistemas I e II.

Em alguns anos e na média conjunta dos anos, a massa do hectolitro do estudo foi mais elevada no trigo cultivado no sistema III, em comparação ao trigo cultivado nos sistemas I e II (Tabela 5) porém em 2009 e 2010, a menor massa do hectolitro ocorreu no sistema I. A maior massa do hectolitro foi registrada no ano de 2003 (80 kg hl⁻¹).

Na maioria dos anos não houve diferença para os valores de índice de colheita do trigo (Tabela 5). Na média conjunta dos anos o trigo cultivado no sistema III mostrou maior índice de colheita do que o trigo cultivado nos sistemas I e II.

CONCLUSÕES

O trigo cultivado sob sistema plantio direto mostra maior rendimento de grãos e população final de plantas do que o

cultivado com preparo convencional de solo (com arado de discos e com arado de aivecas) e cultivo mínimo. Os tipos de manejo do solo não afetam a severidade das doenças do sistema radicular nem a massa de 1.000 grãos de trigo.

A rotação de culturas com dois invernos (trigo/soja, ervilhaca/sorgo e aveia branca/soja) propicia maior rendimento de grãos, massa de 1.000 grãos, massa do hectolitro e índice de colheita de trigo em relação à monocultura (trigo/soja) e um inverno sem trigo (trigo/soja e ervilhaca/sorgo).

A população final de plantas é menor em monocultura do que em rotação de culturas, por um ou dois invernos sem o trigo.

LITERATURA CITADA

- Brasil. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Normais climatológicas (1961-1990). Brasília: Departamento Nacional de Meteorologia, 1992. 84p.
- Cardoso, E.L.; Silva, M.L.N.; Moreira, F.M.S.; Curi, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa do Pantanal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 44, n.6, p.631-637, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v44n6/a12v44n6.pdf>>. 21 Jul. 2011. doi:10.1590/S0100-204X2009000600012.
- Carneiro, M.A.C.; Souza, E.D. Reis, E.F.; Pereira, H.S.; Azevedo, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, n.1, p.147-157, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n1/16.pdf>>. 11 Jun. 2011. doi:10.1590/S0100-06832009000100016.
- Cunha, E.Q.; Stone, L.F.; Moreira, J.A.A.; Ferreira, E.P.B.; Didonet, A.D.; Leandro, W.M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I – atributos físicos do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, n.2, p.389-602, 2011. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n2/v35n2a28.pdf>>. 11 Jun. 2011. doi:10.1590/S0100-06832011000200028.
- Edwards, J.H.; Thurlow, D.L.; Eason, J.T. Influence of tillage and crop rotation on yields of corn, soybean, and wheat. Agronomy Journal, v.80, n.1, p.76-80, 1988. <<https://www.agronomy.org/publications/aj/abstracts/80/1/AJ0800010076>>. 18 Jul. 2011. doi:10.2134/agronj1988.0021962008000010018x.
- Genro Junior, S.A.; Reinert, D.J.; Reichert, J.M.; Albuquerque, J.A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. Ciência Rural, v.39, n.1, p.65-73, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n1/a11v39n1.pdf>>. 12 Jul. 2011. doi:10.1590/S0103-84782009000100011.
- Ledingham, R.J. Crop rotations and common root rot in wheat. Canadian Journal of Plant Science, v.41, n.3, p.479-486, 1961. <<http://pubs.aic.ca/doi/pdfplus/10.4141/cjps61-072>>. 07 Jul. 2011. doi:10.4141/cjps61-072.
- Marcolan, A.L.; Anghinoni, I. Atributos de um Argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, n.1, p.163-170, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n1/a16v30n1.pdf>>. 01 Ago. 2011. doi:10.1590/S0100-06832006000100016.

- Matzenauer, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: Bergamaschi, H.; Berlatto, M.A.; Matzenauer, R.; Fontana, D.C.; Cunha, G.R.; Santos, M.L.V. dos; Farias, J.R.B.; Barni, N.A. (Eds.). *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992. cap.3, p.33-47.
- Reis, E.M.; Casa, R.T. Doenças dos cereais de inverno: diagnose, epidemiologia e controle. Lages: Graphel, 2007. 176p.
- Reis, E.M.; Santos, H.P. dos; Pereira, L.R. Rotação de culturas. IV. Efeito sobre o mosaico e doenças radiculares do trigo em 1983. *Fitopatologia Brasileira*, v.10, n.3, p.637-642, 1985.
- Ruedell, J. Plantio direto na região de Cruz Alta. Cruz Alta: Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa (Fundacep Fecotriço), 1995. 134p.
- Santos, H.P. dos; Lhamby, J.C.B.; Prestes, A.M.; Reis, E.M. Características agrônômicas e controle de doenças radiculares de trigo, em rotação com outras culturas de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.3, p.277-288, 1998. <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4845/6968>>. 05 Mai. 2011.
- Santos, H.P. dos; Lhamby, J.C.B.; Prestes, A.M.; Lima, M.R. de. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas de inverno no rendimento e doenças de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n.12, p.2355-2361, 2000. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n12/a05v3512.pdf>>. 05 Mai. 2011. doi:10.1590/S0100-204X2000001200005.
- Santos, H.P. dos; Lhamby, J.C.B.; Spera, S.T.; Ávila, A. Efeito de práticas culturais sobre o rendimento e outras características agrônômicas de trigo. *Bragantia*, v.65, n.4, p.667-677, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v65n4/18.pdf>>. 10 Mai. 2011. doi:10.1590/S0006-87052006000400018.
- Santos, H.P. dos; Reis, E.M.; Lhamby, J.C.B.; Wobeto, C. Efeito da rotação de culturas sobre o trigo, em sistema plantio direto, em Guarapuava, PR. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.31, n.4, p.259-267, 1996. <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4479/1765>>. 18 Mai. 2011.
- SAS Institute. SAS system for Microsoft Windows version 9.2. Cary: SAS, 2008.
- Schaffener, E.T.; Bregante, C.U. Efecto residual de rastros de girasol, maíz, soja y sorgo en el crecimiento y producción de trigo. Montevideo: Facultad de Agronomía, 1984. 196p. Dissertação Mestrado.
- Secco, D.; Reinert, D.J.; Reichert, J.M.; Silva, V.R. da. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. *Ciência Rural*, v.39, n.1, p.58-64, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n1/a10v39n1.pdf>>. 12 Jul. 2011. doi:10.1590/S0103-84782009000100010.
- Slope, D.B.; Etheridge, J.; Willians, R.J.B. Grain yield and incidence of Take-all and eyespot in winter wheat grown in different crop sequences at Saxmundhan. Harpenden: Rothamsted Experimental Station, 1973. p.160-167 (Report for 1972, Part. 2).
- Spera, S.T.; Santos, H.P. dos; Fontaneli, R.S.; Tomm, G.O. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.32, n.1, p.37-44, 2010. <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/926/926>>. 22 Jul. 2011. doi:10.4025/actasciagron.v32i1.926.
- Streck, E.V.; Kämpf, N.; Dalmolin, R.S.D.; Klant, E.; Nascimento, P.C. do; Schneider, P.; Giasson, E.; Pinto, L.F.S. Solos do Rio Grande do Sul. 2.ed. Porto Alegre: EMATER/RS; 2008. 222 p.
- Sturz, A.V.; Bernier, C.C. Influence of crop rotations on winter wheat growth and yield in relation to the dynamics of pathogenic crown and root rot fungal complexes. *Canadian Journal of Plant Pathology*, v.11, n.1, p.114-121, 1989. <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07060668909501124>>. 10 Jun. 2011. doi:10.1080/07060668909501124.
- Vezzani, F.M.; Mielniczuk, J. Uma visão sobre a qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.4, p.743-755, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n4/01.pdf>>. 15 Jul. 2011. doi:10.1590/S0100-06832009000400001.