

Rendimento de grãos e características agronômicas de soja em função de sistemas de rotação de culturas

Henrique Pereira dos Santos (1*); Renato Serena Fontaneli (1); João Pires (1);
Evandro Ademir Lampert (1); Ana Maria Vargas (1); Amauri Colet Verdi (2)

(1) *Embrapa Trigo, BR 285, km 294, 99001-970 Passo Fundo (RS), Brasil.*

(2) *Universidade de Passo Fundo (UPF/FAMV), BR 285, 99052-900 Passo Fundo (RS), Brasil.*

(*) *Autor correspondente: henrique.santos@embrapa.br*

Recebido: 5/maio/2014; Aceito: 2/jun./2014

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos sistemas de rotação de culturas (SRC) sobre o rendimento de grãos e as características agronômicas de soja no período de 1996/1997 a 2010/2011 em Latossolo Vermelho distrófico típico, na Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS. Foram comparados quatro tipos de manejo de solo (TMS): 1) sistema plantio direto (SPD); 2) cultivo mínimo (CM); 3) preparo convencional de solo com arado de discos (PCD); e 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas (PCA) e três SRC: sistema I (monocultura de trigo/monocultura de soja); sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo); e III (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo). O delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela foi constituída pelos TMS, e as subparcelas, pelos SRC. No presente trabalho serão abordados somente os dados sobre sistemas de rotação de culturas. A análise conjunta dos dados obtidos não indicou diferença entre os SRC em relação ao número de grãos por planta, à massa de mil grãos e à altura de inserção das primeiras vagens de soja. A rotação de culturas por um verão utilizando milho ou sorgo propicia maior rendimento de grãos de soja em comparação com os demais sistemas estudados e com a soja em monocultura. A combinação de sistemas conservacionistas (SPD e CM) e SRC favoreceu o maior rendimento de grãos de soja. Os menores rendimentos de grãos e massa de grãos ocorreram em monocultura de soja.

Palavras-chave: número de vagens, número de grãos, massa de grãos por planta.

Grain yield and agronomic traits in soybean according to crop rotation systems

Abstract

The effects of crop rotation systems (CRS) on soybean yield and agronomic characteristics were evaluated from 1996/1997 to 2010/2011 at Embrapa Trigo, Passo Fundo (RS), Brazil. Four soil management systems (SMS) were compared, namely: 1) no tillage, 2) minimum tillage, 3) conventional tillage using a disk plow and a disk harrow, and 4) conventional using a moldboard and a disk harrow - and three CRS: system I (wheat/soybean), system II (wheat/soybean and common vetch/corn or sorghum) and system III (wheat/soybean, white oats/soybean and common vetch/corn or sorghum). This is a split-plot, randomized, complete block design with three replications. SMS were assigned in the main plot and CRS systems in the split-plots. This work addressed only data on crop rotation systems. There were no significant differences between the CRS for number of grains per plant, 1,000 grain weight and first pod height in soybean. The crop rotation for a summer, with corn or sorghum, propitiates a higher soybean yield compared with the other systems and monoculture soybean. The combination of conservation systems (no tillage and minimum tillage) and CR resulted in a higher soybean yield. The lowest grain yield and grain weight per plant were obtained in monoculture soybean.

Key words: number legumes, number grain, grain mass per plant.

1. INTRODUÇÃO

No norte do Rio Grande do Sul, no bioma Mata Atlântica, destacam-se lavouras de milho, soja, trigo e pastagens anuais de inverno e de verão. Nessa região têm sido cultivados, em média, 4 milhões de hectares de soja, com produção em torno de 2.100 kg ha⁻¹.

A rotação de culturas, como prática corrente na produção agrícola, tem recebido, através do tempo, reconhecimento acentuado do ponto de vista técnico como um dos meios indispensáveis ao desenvolvimento de agricultura estável (Thomas e Costa, 2010). Torna-se

importante, portanto, o uso de diferentes culturas com sistemas radiculares agressivos e abundantes alternando-se, com vantagens para o agricultor, destacando-se, entre elas, o aumento no rendimento de grãos da soja.

Poucos são os trabalhos envolvendo análise conjunta de sistemas de manejo de solo e rotação de culturas na região Sul do Brasil. Ruedell (1995) e Ciotta et al. (2002) estudaram sistemas de rotação de culturas, porém sem a análise conjunta do rendimento de grãos de soja. No trabalho de Ruedell (1995), na comparação dentro de cada manejo de solo: sistema de plantio direto (3.196 e 2.821 kg ha⁻¹) ou preparo convencional de solo com grade niveladora por duas vezes (2.911 e 2.795 kg ha⁻¹), a soja cultivada após rotação de culturas foi sempre superior para rendimento de grãos em relação à soja cultivada em monocultura. Ghaffarzadeh (1997) e Yusuf et al. (1999), comparando sistemas de rotação de culturas, no conjunto de anos, não observaram diferença significativa para rendimento de grãos de soja.

Pedersen e Lauer (2003), trabalhando com tipos de manejo e de rotação de culturas para soja, observaram que essa leguminosa, quando cultivada em rotação de culturas (3.900 a 4.300 kg ha⁻¹), rendeu mais do que em monocultura (3.800 kg ha⁻¹), num período de quatro anos. Os mesmos autores obtiveram maior massa de mil grãos e altura de plantas de soja quando em rotação de culturas em relação à monocultura.

Considerando somente sistemas de rotação de culturas envolvendo espécies de inverno ou de verão, Santos e Reis (1991), em Passo Fundo (RS), observaram rendimentos de grãos mais elevados para a soja cultivada por dois ou três anos consecutivos quando intercalada a milho (2.604 a 2.650 kg ha⁻¹). O menor rendimento de grãos dessa oleaginosa ocorreu em monocultura (2.107 kg ha⁻¹). Em outros trabalhos (Santos et al., 1998), quando a soja foi cultivada sob sistema de plantio direto, os rendimentos de grãos foram mais elevados com um (trigo/soja e ervilhaca/milho – 2.868 kg ha⁻¹) ou dois verões consecutivos de rotação de culturas (trigo/soja, linho/soja e ervilhaca/milho – 2.840 kg ha⁻¹).

Porém, Santos et al. (2013), conduzindo trabalho de sistemas de produção com integração lavoura-pecuária, durante cinco anos, não verificaram diferença no rendimento de grãos, massa de mil grãos, altura de plantas e altura de inserção das primeiras vagens da soja.

O rendimento de grãos e demais características agrônomicas da soja poderão ser mais afetados pela monocultura, em comparação aos sistemas com rotação de culturas. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de sistemas de rotação de culturas sobre o rendimento de grãos e características agrônomicas da soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado no município de Passo Fundo (RS) (28°15'S, 52°24'W, a 678 m de altitude), em abril de 1986, em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (Streck et al., 2008). Os resultados apresentados neste trabalho são referentes ao período de 1996/1997 a 2010/2011.

Utilizou-se delineamento experimental de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. Os tratamentos foram constituídos por parcelas com quatro tipos de manejo de solo e por subparcelas de três sistemas de rotação de culturas. A parcela apresentava área de 360 m² (4 m de largura por 90 m de comprimento), e a subparcela, 40 m² (4 m de largura por 10 m de comprimento). Os quatro tipos de manejo de solo avaliados foram: 1) sistema de plantio direto, 2) cultivo mínimo, no inverno e semeadura direta, no verão, 3) preparo convencional com arado de discos mais grade de disco, no inverno e semeadura direta, no verão, e 4) preparo convencional com arado de aivecas mais grade de discos no inverno e semeadura direta, no verão. Enquanto os sistemas de rotação de culturas foram: sistema I (trigo/soja), sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo) e sistema III (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo) (Tabela 1). No presente trabalho serão abordados somente os dados sobre sistemas de rotação de culturas.

As cultivares de soja usadas foram BR-16 em 1996 e 1997, BRS 137 em 1998 e 1999, BRS 154 de 2000 a 2003, BRS 153 em 2004, BRS 244 RR em 2005, BRS Charrua RR em 2006, BRS 255 RR de 2007 a 2009 e BRS Tertúlia RR em 2010, semeadas, preferencialmente, no mês de novembro (em época única).

A adubação de manutenção foi realizada de acordo com a indicação para as culturas de inverno e de verão e baseada

Tabela 1. Sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas para trigo

| Sistema de Rotação | Sistema de manejo de solo | | | |
|--------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | SPD | PCD | PCA | CM |
| Sistema I | Trigo/soja | Trigo/soja | Trigo/soja | Trigo/soja |
| Sistema II | Trigo/soja | Trigo/soja | Trigo/soja | Trigo/soja |
| | Ervilhaca/sorgo | Ervilhaca/sorgo | Ervilhaca/sorgo | Ervilhaca/sorgo |
| Sistema III | Trigo/soja | Trigo/soja | Trigo/soja | Trigo/soja |
| | Ervilhaca/sorgo | Ervilhaca/sorgo | Ervilhaca/sorgo | Ervilhaca/sorgo |
| | Aveia branca/soja | Aveia branca/soja | Aveia branca/soja | Aveia branca/soja |

SPD: sistema de 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; CM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão.

nos resultados da análise de solo (Wiethölter, 2011). As amostras de solo foram coletadas após a colheita das culturas de inverno, com exceção de 2004 e 2007, quando não foram realizadas análises (Tabela 2). A época de semeadura e o controle de plantas daninhas seguiram as indicações para as culturas de inverno e de verão.

Foram avaliadas as seguintes características: altura das plantas, altura da inserção das primeiras vagens, rendimento de grãos (com umidade corrigida para 13%), massa de mil grãos e componentes do rendimento de soja (número de vagens, número de grãos e massa de grãos por planta).

Realizou-se a análise de variância do rendimento de grãos e das características agronômicas da soja (dentro de cada ano e na média conjunta dos anos de 1996/1997 a 2010/2011). Considerou-se o efeito tratamento (diferentes sistemas de rotação de culturas) como fixo e o efeito ano, como aleatório. As médias foram comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados de precipitação pluvial, temperatura média e umidade relativa foram observados no posto meteorológico localizado na Embrapa Trigo. Na tabela 3 encontram-se os valores médios mensais de 1996/1997 a 2010/2011, bem como a normal de 1961 a 1990 das variáveis climáticas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade requerida de água para a cultura de soja completar o ciclo fisiológico é de 650 a 700 mm (Farias et al., 2010). Pelo observado nos 15 anos de estudo, em dois deles (1996/1997 – 619 mm e 2008/2009 – 640 mm), na região de Passo Fundo, o índice de precipitação pluvial esteve abaixo do requerido e também abaixo do normal (833 mm), porém, na maioria deles o volume de chuvas foi acima desses valores (Tabela 3). No período de 1996/1997, à exceção do mês de janeiro de 1997, os desvios de precipitação pluvial, em relação aos valores normais, foram sempre negativos. No período de 1998/1999, à exceção do mês de abril de 1999, houve também desvios negativos de precipitação pluvial, em comparação à normal. Nos períodos de 2004/2005, 2005/2006 e 2008/2009, o efeito da distribuição da precipitação pluvial foi deficiente,

na maioria dos meses de desenvolvimento da soja, afetando o rendimento de grãos da soja, principalmente nos dois primeiros períodos de estudo.

No período de 1996/1997 a 2010/2011, constataram-se diferenças entre as médias de rendimento de grãos, de número de vagens por planta, de número de grãos por planta, de massa de grãos por planta, de massa de mil grãos, de altura de planta e de altura de inserção das primeiras vagens para o fator ano. Os valores obtidos indicaram que essas características foram afetadas principalmente por variações climáticas ocorridas entre os anos estudados (Tabela 4). Resultados semelhantes para o rendimento de grãos e as demais características agronômicas e o efeito do ano foram obtidos por Santos et al. (2013) trabalhando somente com sistemas de produção com integração lavoura-pecuária. Convém salientar que, ao longo desse período de estudo, foram utilizadas diferentes cultivares de soja, porém, dentro de cada período, o material genético foi o mesmo, em todos os sistemas de rotação.

Houve diferença entre as médias de rendimento de grãos, número de vagens por planta, massa de grãos por planta e altura de planta de soja por sistemas de rotação de culturas (Tabela 4). Além disso, o rendimento de grãos e a altura de plantas de soja mostraram interação ano versus tipos de sistemas de rotação de culturas significativa. Para massa de mil grãos e altura de plantas de soja foi significativa a interação tipos de manejo de solo versus sistemas de rotação de culturas. Não houve interação significativa para ano versus tipos de manejo de solo versus sistemas de rotação de culturas. O rendimento de grãos e algumas características agronômicas da soja são apresentados nas tabelas de 5 a 11.

Para nove das 14 safras estudadas observaram-se diferenças no rendimento de grãos de soja em virtude dos sistemas de rotação de culturas (Tabela 5). O rendimento de grãos de soja da safra de 2007/2008 foi prejudicado pela precipitação de granizo que ocorreu no mês de abril de 2008. Nas safras de 1997/1998, de 1999/2000, de 2001/2002 e de 2010/2011 a soja cultivada após trigo, no sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo), mostrou maior rendimento de grãos do que a soja cultivada após trigo, nos sistemas I (monocultura trigo/soja) e III (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo). Essa diferença no rendimento de grãos de soja pode ser explicada, em parte, pelo número de grãos por planta (Tabela 7) na safra de 1997/1998, pelo

Tabela 2. Valores de pH, Al, Ca + Mg, MOS, P e K em diferentes anos

| Elementos analisados | Ano | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2005 | 2006 | 2008 | 2009 | 2010 |
| pH (água 1:1) | 5,2 | 4,3 | 5,1 | 5,1 | 4,9 | 5,2 | 5,3 | 5,2 | 5,1 | 5,0 | 5,1 | 5,2 | 5,4 |
| Al (mmol _c dm ⁻³) | 0,5 | 5,7 | 6,7 | 7,8 | 10,5 | 7,6 | 9,8 | 13,8 | 15,1 | 15,2 | 15,2 | 3,9 | 7,4 |
| Ca + Mg (mmol _c dm ⁻³) | 60 | 59 | 60 | 53 | 43 | 50 | 52 | 50 | 46 | 48 | 39 | 59 | 62 |
| MOS (g k ⁻³) | 30 | 28 | 28 | 30 | 29 | 31 | 32 | 29 | 29 | 28 | 30 | 27 | 27 |
| P (mg kg ⁻³) | 4,8 | 5,5 | 4,6 | 5,5 | 22,2 | 18,0 | 24,0 | 23,4 | 36,8 | 28,0 | 38,0 | 32,1 | 31,9 |
| K (mg kg ⁻³) | 107 | 161 | 164 | 153 | 167 | 160 | 222 | 158 | 259 | 202 | 219 | 190 | 211 |

Tabela 3. Dados relativos a precipitação pluvial, temperatura média e umidade relativa do ar da normal climatológica de 1961 a 1990 e dos anos 1996/1997 a 2010/2011, em Passo Fundo (RS)

| Ano | Mês | | | | | | Total |
|---------------------------|----------|----------|---------|-----------|-------|-------|-------|
| | Novembro | Dezembro | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | |
| Precipitação pluvial (mm) | | | | | | | |
| 1961 a 1990 | 141 | 162 | 143 | 148 | 121 | 118 | 833 |
| 1996/97 | 107 | 123 | 156 | 130 | 33 | 70 | 619 |
| 1997/98 | 340 | 236 | 231 | 358 | 230 | 342 | 1.736 |
| 1998/99 | 69 | 122 | 125 | 114 | 65 | 188 | 682 |
| 1999/00 | 119 | 131 | 144 | 106 | 267 | 76 | 843 |
| 2000/01 | 164 | 160 | 212 | 196 | 110 | 118 | 960 |
| 2001/02 | 117 | 194 | 96 | 77 | 357 | 136 | 977 |
| 2002/03 | 205 | 329 | 176 | 265 | 128 | 114 | 1.217 |
| 2003/04 | 168 | 391 | 97 | 123 | 27 | 142 | 948 |
| 2004/05 | 122 | 67 | 104 | 26 | 88 | 292 | 699 |
| 2005/06 | 146 | 82 | 132 | 111 | 165 | 55 | 691 |
| 2006/07 | 312 | 106 | 261 | 127 | 199 | 254 | 1.259 |
| 2007/08 | 186 | 218 | 83 | 150 | 130 | 297 | 1.065 |
| 2008/09 | 237 | 73 | 94 | 155 | 76 | 5 | 640 |
| 2009/10 | 349 | 142 | 126 | 104 | 68 | 216 | 1.005 |
| 2010/11 | 60 | 194 | 150 | 219 | 220 | 109 | 952 |
| Temperatura média (°C) | | | | | | | |
| | | | | | | | Média |
| 1991 a 1990 | 19,6 | 21,4 | 22,1 | 22,0 | 20,5 | 17,6 | 20,5 |
| 1996/97 | 20,7 | 22,3 | 23,1 | 22,1 | 20,1 | 17,6 | 21,0 |
| 1997/98 | 20,3 | 22,6 | 22,6 | 21,1 | 19,6 | 17,1 | 20,6 |
| 1998/99 | 20,1 | 21,1 | 22,2 | 21,4 | 22,2 | 17,0 | 20,7 |
| 1999/00 | 18,5 | 21,9 | 22,4 | 21,5 | 19,8 | 18,4 | 20,4 |
| 2000/01 | 19,8 | 21,5 | 22,0 | 22,7 | 22,0 | 19,9 | 21,3 |
| 2001/02 | 20,9 | 21,1 | 21,7 | 20,9 | 22,6 | 19,6 | 21,1 |
| 2002/03 | 20,1 | 21,5 | 22,5 | 22,3 | 20,5 | 17,7 | 20,8 |
| 2003/04 | 19,4 | 20,2 | 21,7 | 20,5 | 20,6 | 17,7 | 20,0 |
| 2004/05 | 19,4 | 21,5 | 23,4 | 23,0 | 22,2 | 17,8 | 21,2 |
| 2005/06 | 20,6 | 21,3 | 23,1 | 21,6 | 20,9 | 17,3 | 20,8 |
| 2006/07 | 19,9 | 23,5 | 22,3 | 21,8 | 22,2 | 19,4 | 21,5 |
| 2007/08 | 18,9 | 22,3 | 21,7 | 21,3 | 20,6 | 17,2 | 20,3 |
| 2008/09 | 20,3 | 21,7 | 20,8 | 22,2 | 21,4 | 19,4 | 21,0 |
| 2009/10 | 22,4 | 22,4 | 22,3 | 23,0 | 21,1 | 17,7 | 21,5 |
| 2010/11 | 19,5 | 21,5 | 23,0 | 21,9 | 20,4 | 18,4 | 20,8 |
| Umidade relativa (%) | | | | | | | |
| | | | | | | | Média |
| 1991 a 1990 | 67 | 67 | 71 | 74 | 75 | 74 | 71 |
| 1996/97 | 68 | 70 | 71 | 80 | 66 | 64 | 70 |
| 1997/98 | 76 | 69 | 77 | 83 | 81 | 80 | 78 |
| 1998/99 | 62 | 67 | 72 | 78 | 73 | 79 | 72 |
| 1999/00 | 63 | 65 | 71 | 73 | 77 | 73 | 70 |
| 2000/01 | 66 | 71 | 81 | 83 | 78 | 78 | 76 |
| 2001/02 | 67 | 69 | 71 | 71 | 79 | 77 | 72 |
| 2002/03 | 71 | 74 | 72 | 78 | 79 | 72 | 74 |
| 2003/04 | 65 | 72 | 73 | 69 | 67 | 70 | 69 |
| 2004/05 | 67 | 64 | 65 | 62 | 63 | 80 | 67 |
| 2005/06 | 64 | 63 | 73 | 74 | 75 | 70 | 70 |
| 2006/07 | 66 | 65 | 77 | 75 | 77 | 76 | 73 |
| 2007/08 | 63 | 66 | 71 | 72 | 75 | 73 | 70 |
| 2008/09 | 67 | 64 | 73 | 75 | 75 | 66 | 70 |
| 2009/10 | 79 | 74 | 81 | 78 | 74 | 75 | 77 |
| 2010/11 | 65 | 70 | 78 | 84 | 75 | 74 | 74 |

Tabela 4. Resultados da aplicação do teste F quanto a sete características agronômicas de soja semeada de 1996 a 2010, Embrapa Trigo, Passo Fundo (RS)

| Característica agronômica | Manejo | Rotação | Ano x manejo | Ano x rotação | Manejo x rotação | Ano x manejo x rotação |
|--|--------|---------|--------------|---------------|------------------|------------------------|
| Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹) | ** | ** | ** | ** | ns | ns |
| Número de vagens por planta | ns | * | ns | ns | ns | ns |
| Número de grãos por planta | ns | ns | * | ns | ns | ns |
| Massa de grãos por planta (g) | ns | ** | ** | ns | ns | ns |
| Massa de mil grãos (g) | ** | ns | * | ns | * | ns |
| Altura da planta (cm) | ** | ** | ** | ** | * | ns |
| Altura da inserção das primeiras vagens (cm) | ns | ns | ns | ns | ns | ns |

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

Tabela 5. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de soja de 1996/1997 a 2010/2011, Embrapa Trigo, Passo Fundo (RS)

| Ano | Sistemas de rotação de culturas | | | | Média |
|--|---------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|----------|
| | Sistema I: T/S | Sistema II: T/S e E/M | Sistema III: Ab/S, T/S e E/M | Sistema III: T/S, E/M e Ab/S | |
| Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹) | | | | | |
| 1996/97 | 2.738 A | 2.912 A | 2.669 A | 2.724 A | 2.761 c |
| 1997/98 | 2.636 B | 2.932 A | 2.789 AB | 2.692 B | 2.762 c |
| 1998/99 | 2.152 A | 2.269 A | 2.208 A | 2.187 A | 2.204 e |
| 1999/00 | 2.703 C | 3.167 A | 3.098 A | 2.870 B | 2.960 b |
| 2000/01 | 3.036 B | 3.420 A | 3.422 A | 3.416 A | 3.324 a |
| 2001/02 | 2.427 B | 2.720 A | 2.699 A | 2.465 B | 2.578 d |
| 2002/03 | 2.864 AB | 2.689 B | 2.830 B | 2.940 A | 2.831 bc |
| 2003/04 | 1.760 AB | 1.875 A | 1.723 B | 1.814 AB | 1.793 f |
| 2004/05 | 721 A | 916 A | 725 A | 811 A | 794 g |
| 2005/06 | 1.833 A | 1.909 A | 1.672 A | 1.827 A | 1.811 f |
| 2006/07 | 2.892 B | 2.986 AB | 3.099 A | 2.852 B | 2.957 b |
| 2008/09 | 2.898 A | 2.984 A | 2.870 A | 2.966 A | 2.930 b |
| 2009/10 | 2.927 AB | 2.915 AB | 2.996 A | 2.628 B | 2.866 bc |
| 2010/11 | 3.155 B | 3.368 A | 3.402 A | 3.191 B | 3.279 a |
| Média | 2.482 C | 2.648 A | 2.586 B | 2.528 BC | 2.561 |

Coefficiente de variação: 8%; Sistema I: trigo (T)/soja (S); Sistema II: trigo/soja (T/S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; e Sistema III: trigo (T)/soja (S), aveia branca (Ab)/soja (S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey (p>0,05).

número de vagens por planta (Tabela 6) e pela massa de grãos por planta (Tabela 8) na safra de 1999/2000 e pela altura de plantas (Tabela 9) na safra 2001/2002, que na soja foi mais elevada. Nesses casos, a rotação de apenas um verão de soja foi suficiente para a leguminosa produzir mais por hectare com a alternância de alguns componentes da produção. Em todos esses períodos estudados houve excesso de precipitação pluvial, acima do normal (Tabela 3). Pelo observado, o excesso hídrico afetou a altura de plantas de soja no período 2011/2002 e, conseqüentemente, o rendimento de grãos. De acordo com Thomas e Costa (2010), quanto maior o tamanho dos grãos, menor o número de grãos por área, embora se possa obter elevados rendimentos de grãos tanto com cultivares que apresentam grãos grandes (18 g para 100 grãos) como pequenos (12 g para 100 grãos). Entretanto, há uma alta relação entre o rendimento de grãos e o número de grãos por área (Board e Maricherla, 2008).

Neste estudo, essa observação foi verdadeira somente na safra de 1997/1998.

No período de 2000/2001, o rendimento de grãos da soja cultivada após trigo, nos sistemas II (rotação de um verão sem soja) e III (rotação de um verão sem soja), e após aveia branca, no sistema III (soja por dois anos consecutivos e um verão sem soja), foram maiores em relação à soja cultivada após trigo, no sistema I (monocultura trigo/soja). Nesse caso, sistema I, trata-se de monocultura de inverno e monocultura de verão. Essa maior diferença observada no rendimento de grãos de soja por hectare (Tabela 5) pode ser explicada, em parte, pela massa de grãos (Tabela 8) e pela massa de mil grãos (Tabela 10), que nos sistemas de rotação de cultura foram maiores em comparação à monocultura de soja. Nesse caso, houve efeito benéfico da rotação de culturas no rendimento de grãos da soja em comparação com o da soja cultivada todos os anos na mesma área. Nesse período,

Tabela 6. Efeito de sistemas de rotação de culturas no número de vagens por planta de soja, de 1996/1997 a 2010/2011, Embrapa Trigo, Passo Fundo (RS)

| Ano | Sistemas de rotação de culturas | | | | Média |
|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|--------|
| | Sistema I: T/S | Sistema II: T/S e E/M | Sistema III: Ab/S, T/S e E/M | Sistema III: T/S, E/M e Ab/S | |
| Número de vagens por planta de soja | | | | | |
| 1996/97 | 38 A | 39 A | 40 A | 40 A | 39 c |
| 1997/98 | 30 B | 34 A | 32 AB | 32 AB | 32 de |
| 1998/99 | 27 A | 30 A | 31 A | 30 A | 29 ef |
| 1999/00 | 21 B | 24 A | 22 AB | 21 B | 22 g |
| 2000/01 | 29 B | 31 AB | 34 A | 33 AB | 31 def |
| 2001/02 | 28 A | 31 A | 31 A | 29 A | 30 def |
| 2002/03 | 53 A | 48 A | 51 A | 49 A | 51 a |
| 2003/04 | 26 A | 27 A | 29 A | 28 A | 28 f |
| 2004/05 | 19 A | 19 A | 20 A | 22 A | 20 g |
| 2005/06 | 31 A | 33 A | 27 A | 30 A | 31 def |
| 2006/07 | 46 A | 45 A | 53 A | 44 A | 47 ab |
| 2008/09 | 31 A | 35 A | 34 A | 35 A | 34 d |
| 2009/10 | 40 A | 37 A | 41 A | 40 A | 40 c |
| 2010/11 | 39 A | 42 A | 47 A | 44 A | 43 bc |
| Média | 33 B | 34 AB | 35 A | 34 AB | 34 |

Coefficiente de variação: 19%; Sistema I: trigo (T)/soja (S); Sistema II: trigo (T)/soja (S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; e Sistema III: trigo (T)/soja (S), aveia branca (Ab)/soja (S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Tabela 7. Efeito de sistemas de rotação de culturas no número de grãos por planta de soja de 1996/1997 a 2010/2011, Embrapa Trigo, Passo Fundo (RS)

| Ano | Sistemas de rotação de culturas | | | | Média |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|--------|
| | Sistema I: T/S | Sistema II: T/S e E/M | Sistema III: Ab/S, T/S e E/M | Sistema III: T/S, E/M e Ab/S | |
| Número de grãos por planta de soja | | | | | |
| 1996/97 | 69 A | 76 A | 72 A | 79 A | 74 c |
| 1997/98 | 49 B | 55 A | 52 AB | 49 B | 51 fg |
| 1998/99 | 52 A | 58 A | 59 A | 57 A | 57 ef |
| 1999/00 | 42 B | 49 A | 45 AB | 43 AB | 45 g |
| 2000/01 | 59 B | 67 AB | 72 A | 70 A | 67 cd |
| 2001/02 | 55 A | 59 A | 62 A | 58 A | 59 def |
| 2002/03 | 104 A | 93 A | 99 A | 96 A | 98 a |
| 2003/04 | 54 A | 56 A | 53 A | 60 A | 56 ef |
| 2004/05 | 33 A | 32 A | 33 A | 40 A | 35 h |
| 2005/06 | 58 A | 59 A | 55 A | 59 A | 58 ef |
| 2006/07 | 91 A | 92 A | 84 A | 85 A | 88 b |
| 2008/09 | 58 A | 63 A | 67 A | 69 A | 64 de |
| 2009/10 | 59 A | 58 A | 67 A | 52 A | 59 def |
| 2010/11 | 67 A | 72 A | 81 A | 74 A | 73 c |
| Média | 61 A | 64 A | 64 A | 64 A | 64 |

Coefficiente de variação: 19%; Sistema I: trigo (T)/soja (S); Sistema II: trigo (T)/soja (S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; e Sistema III: trigo (T)/soja (S), aveia branca (Ab)/soja (S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

a soja expressou o seu maior potencial genético em relação às demais safras estudadas.

O rendimento de grãos de soja cultivada após trigo, no sistema III, na safra de 2002/2003, foi superior ao da soja cultivada após trigo, no sistema II, e após aveia branca, no sistema III. Na safra de 2003/2004, a soja cultivada após trigo, no sistema II, destacou-se para rendimento de grãos em relação à soja cultivada após aveia branca, no sistema III. Nas safras de 2006/2007 e 2009/2010, a soja cultivada após

aveia branca mostrou maior rendimento de grãos do que a soja cultivada após trigo, no sistema III. Em todos esses períodos estudados houve excesso de precipitação pluvial, acima do normal (Tabela 3). Esse excesso de precipitação pluvial, na safra de 2003/2004 (Tabela 3), afetou o potencial genético da soja em todos os sistemas de rotação de culturas.

Na análise conjunta de 1996/2007 a 2010/2011 houve diferença entre os sistemas de rotação estudados para rendimento de grãos, número de vagens por planta, massa

Tabela 8. Efeito de sistemas de rotação de culturas na massa de grãos por planta de soja, de 1996/97 a 2010/11, Embrapa Trigo, Passo Fundo (RS)

| Ano | Sistemas de rotação de culturas | | | | Média |
|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|----------|
| | Sistema I: S/T | Sistema II: S/T e M/E | Sistema III: S/Ab, S/T e M/E | Sistema III: S/T, M/E e S/Ab | |
| Massa de grãos por planta de soja (g) | | | | | |
| 1996/97 | 11,1 A | 11,2 A | 10,6 A | 11,2 A | 10,8 de |
| 1997/98 | 8,0 B | 9,9 A | 9,0 AB | 8,7 AB | 8,9 fg |
| 1998/99 | 7,4 A | 8,4 A | 8,3 A | 8,1 A | 8,0 gh |
| 1999/00 | 7,7 B | 9,1 A | 8,4 AB | 8,1 B | 8,3 fgh |
| 2000/01 | 10,4 B | 12,2 A | 13,4 A | 13,1 A | 12,1 bc |
| 2001/02 | 9,1 A | 10,0 A | 10,3 A | 9,4 A | 9,7 ef |
| 2002/03 | 18,7 A | 16,4 A | 17,9 A | 17,8 A | 17,7 a |
| 2003/04 | 7,7 A | 8,1 A | 7,7 A | 8,7 A | 8,1 gh |
| 2004/05 | 6,8 A | 6,3 A | 6,5 A | 8,1 A | 7,0 h |
| 2005/06 | 9,3 A | 9,4 A | 8,6 A | 9,2 A | 9,1 fg |
| 2006/07 | 12,3 A | 12,8 A | 11,6 A | 10,7 A | 11,8 bcd |
| 2008/09 | 11,1 A | 12,6 A | 12,2 A | 12,7 A | 12,2 bcd |
| 2009/10 | 11,2 A | 11,1 A | 12,1 A | 10,4 A | 11,2 cd |
| 2010/11 | 11,9 A | 12,9 A | 14,1 A | 13,4 A | 13,1 b |
| Média | 10,1 B | 10,7 A | 10,8 A | 10,6 AB | 10,6 |

Coefficiente de variação: 19%; Sistema I: trigo (T)/soja (S); Sistema II: trigo (T)/soja (S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; e Sistema III: trigo (T)/soja (S), aveia branca (Ab)/soja (S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Tabela 9. Efeito de sistemas de rotação de culturas na altura de plantas de soja, de 1996/1997 a 2010/2011, Embrapa Trigo, Passo Fundo (RS)

| Ano | Sistemas de rotação de culturas | | | | Média |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|-------|
| | Sistema I: T/S | Sistema II: T/S e E/M | Sistema III: Ab/S, T/S e E/M | Sistema III: T/S, E/M e Ab/S | |
| Altura de plantas de soja (cm) | | | | | |
| 1996/97 | 91 AB | 95 A | 86 B | 92 A | 91 ef |
| 1997/98 | 94 AB | 93 B | 93 B | 96 A | 95 cd |
| 1998/99 | 103 AB | 106 A | 103 AB | 102 B | 103 a |
| 1999/00 | 80 B | 88 A | 88 A | 88 AB | 85 g |
| 2000/01 | 73 B | 81 A | 83 A | 82 A | 80 h |
| 2001/02 | 88 C | 97 A | 85 D | 92 B | 91 ef |
| 2002/03 | 85 AB | 81 AB | 79 B | 86 A | 83 gh |
| 2003/04 | 87 A | 91 A | 85 A | 92 A | 89 f |
| 2004/05 | 57 A | 56 A | 58 A | 59 A | 58 i |
| 2005/06 | 60 AB | 65 A | 55 B | 59 AB | 60 i |
| 2006/07 | 95 A | 99 A | 99 A | 100 A | 100 b |
| 2008/09 | 97 A | 98 A | 94 A | 99 A | 97 bc |
| 2009/10 | 93 A | 91 A | 99 A | 92 A | 92 de |
| 2010/11 | 96 A | 98 A | 98 A | 98 A | 98 bc |
| Média | 86 B | 88 B | 85 B | 88 A | 87 |

Coefficiente de variação: 5%; Sistema I: trigo (T)/soja (S); Sistema II: trigo (T)/soja (S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; e Sistema III: trigo (T)/soja (S), aveia branca (Ab)/soja (S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

de grãos por planta e altura de plantas de soja (Tabelas 5, 6, 8 e 9). A soja cultivada após trigo, no sistema II, mostrou maior rendimento de grãos em relação à soja cultivada após trigo, nos sistemas I e III, e após aveia branca, no sistema III. A soja cultivada após aveia branca e após trigo, no sistema III, ficou numa posição intermediária para rendimento de grãos. A soja cultivada após trigo, no sistema I (monocultura trigo/soja), foi a que mostrou menor rendimento de grãos. A explicação dessa diferença pode estar relacionada, em parte, à

massa de grãos por planta de soja (Tabela 8) que, no sistema II, foi maior do que na monocultura dessa oleaginosa. Deve ser levado em consideração, ainda, que no presente trabalho a soja cultivada após aveia branca e após trigo, no sistema III, foi cultivada por dois anos consecutivos (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo). Isso demonstra, em parte, que o efeito da rotação de culturas foi de suma importância para manutenção do rendimento de grãos da soja. A cultivar de soja utilizada em cada safra foi

Tabela 10. Efeito de sistemas de rotação de culturas na massa de mil grãos de soja de 1996/1997 a 2010/2011; Embrapa Trigo, Passo Fundo (RS)

| Ano | Sistemas de rotação de culturas | | | | Média |
|---------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|--------|
| | Sistema I: T/S | Sistema II: T/S e E/M | Sistema III: Ab/S, T/S e E/M | Sistema III: T/S, E/M e Ab/S | |
| | Massa de mil grãos de soja (g) | | | | |
| 1996/97 | 143 AB | 146 A | 140 B | 144 AB | 144 i |
| 1997/98 | 167 B | 175 A | 174 AB | 172 AB | 172 f |
| 1998/99 | 156 AB | 159 A | 153 B | 157 AB | 156 g |
| 1999/00 | 184 B | 195 A | 192 A | 191 A | 191 bc |
| 2000/01 | 179 B | 190 A | 190 A | 189 A | 187 cd |
| 2001/02 | 173 A | 173 A | 174 A | 172 A | 173 f |
| 2002/03 | 184 A | 174 A | 184 A | 187 A | 182 de |
| 2003/04 | 149 A | 149 A | 150 A | 152 A | 150 h |
| 2004/05 | 221 A | 218 A | 212 A | 223 A | 219 a |
| 2005/06 | 160 A | 158 A | 155 A | 155 A | 157 g |
| 2006/07 | 134 AB | 138 A | 137 A | 127 B | 134 j |
| 2008/09 | 188 A | 185 A | 179 B | 185 A | 184 d |
| 2009/10 | 190 A | 196 A | 193 A | 200 A | 195 b |
| 2010/11 | 177 A | 180 A | 175 A | 177 A | 178 ef |
| Média | 172 A | 174 A | 172 A | 174 A | 173 |

Coefficiente de variação: 5%; Sistema I: trigo (T)/soja (S); Sistema II: trigo (T)/soja (S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; e Sistema III: trigo (T)/soja (S), aveia branca (Ab)/soja (S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

diferente, porém não deve ter afetado o rendimento de grãos nos referidos sistemas de rotação de culturas. Franchini et al. (2011) também observaram que a soja apresenta respostas positivas à rotação de culturas, particularmente quando cultivada no verão subsequente ao cultivo de milho de verão. Ainda no mesmo artigo, considerando o rendimento médio de grãos da soja no sistema de rotação com milho em relação ao verificado na sucessão com trigo, o ganho acumulado no rendimento de grãos dessa oleaginosa correspondeu a 17%.

Na análise conjunta desse mesmo experimento, de 1987/1988 a 1996/1997, realizada anteriormente por Santos et al. (2001), houve também diferenças para o rendimento de grãos entre os sistemas de rotação de culturas para soja. Primeiramente, todos os sistemas de rotação de culturas para soja foram superiores à soja cultivada em monocultura. Assim, a soja cultivada após trigo (2.794 kg ha^{-1}), no sistema II, foi a que mostrou maior rendimento de grãos em relação à soja cultivada após aveia preta ou aveia branca (2.671 kg ha^{-1}), após trigo (2.601 kg ha^{-1}), no sistema III, e após trigo (2.457 kg ha^{-1}), no sistema I. O menor rendimento de grãos de soja ocorreu quando cultivada em monocultura (Sistema I). Trabalhos mais antigos revelaram que quando a monocultura de qualquer espécie era praticada durante anos seguidos evidenciava-se a liberação de alguns compostos durante a decomposição dos resíduos vegetais que se acumulavam no solo até atingirem concentrações inibidoras do crescimento da própria planta (Santos e Reis, 1991).

Ainda, na avaliação anterior desse mesmo experimento, de 1997/1998 a 2002/2003, o rendimento da soja cultivada após trigo (2.866 kg ha^{-1}), no sistema II, foi superior ao de soja cultivada após aveia branca (2.799 kg ha^{-1}) e após trigo (2.804 kg ha^{-1}), no sistema III, e após trigo (2.636 kg ha^{-1}), no sistema I (Santos et al., 2006). O menor rendimento

de grãos, massa de grãos por planta de soja e massa de mil grãos foi observado na soja cultivada em monocultura. O destaque para rendimento de grãos entre os sistemas de rotação de culturas para soja foi o sistema II, ou seja, a soja cultivada somente com um verão de rotação (trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo). No caso do sistema III, em que a soja foi cultivada após um verão de rotação (soja após aveia preta ou aveia branca) e por dois anos consecutivos (soja após aveia preta ou aveia branca e depois soja após trigo), o rendimento de grãos situou-se em posição intermediária. Nesse período de estudo, a prática da rotação de culturas foi de suma importância para a rentabilidade dessa leguminosa. De acordo com Amado et al. (2010), o tipo de manejo de solo durante o ano é mais eficaz na melhoria da qualidade desse recurso natural, ou seja, o cultivo de soja sob sistema de plantio direto com rotação de culturas e o uso de culturas de cobertura são essenciais para se alcançar elevado rendimento de grãos de soja.

Santos e Reis (1991), conduzindo estudo de sistemas de rotação de culturas, no mesmo tipo de solo, em experimento próximo desse, observaram que a soja cultivada após trigo, nos sistemas III (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho – 2.604 kg ha^{-1}) e IV (trigo/soja, colza/soja, linho/soja e serradela/milho – 2.650 kg ha^{-1}), mostrou maior rendimento de grãos em comparação com a soja cultivada em monocultura, no sistema I (trigo/soja – 2.107 kg ha^{-1}), e soja cultivada após colza, nos sistemas II (trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e serradela/milho – 1.802 kg ha^{-1}) e IV (1.746 kg ha^{-1}). Nesse caso, sistema I, tratam-se de monocultura de inverno e monocultura de verão.

No trabalho desenvolvido por Santos et al. (1997), em Guarapuava (PR), de 1990/1991 a 1993/1994, com sistemas de rotação de culturas para cevada, sob sistema de plantio direto (sistema I: cevada/soja; sistema II: cevada/

soja e aveia branca/soja; sistema III: cevada/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; e sistema IV: cevada/soja, linho/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho), os maiores rendimentos de grãos ocorreram nos tratamentos em que a soja foi cultivada nas seguintes sucessões: após cevada, nos sistemas III (3.481 kg ha⁻¹) e II (3.460 kg ha⁻¹); após aveia branca, nos sistemas II (3.417 kg ha⁻¹), III (3.407 kg ha⁻¹) e IV (3.405 kg ha⁻¹); e após cevada (3.357 kg ha⁻¹), no sistema IV. Entretanto, nas últimas cinco sucessões ele foi semelhante ao da soja cultivada após cevada (3.336 kg ha⁻¹), no sistema I. O menor rendimento de grãos de soja foi observado após linho (3.090 kg ha⁻¹), no sistema IV. Nesse caso, o menor rendimento de grãos de soja esteve relacionado com o resíduo vegetal remanescente de linho (Santos e Roman, 2001) e não com o sistema de rotação. Nesse período de estudo, o linho não proporcionou adequada cobertura de solo. Em outro trabalho, conduzido por Santos et al. (1998), em local próximo e mesmo período do anterior, com sistemas de rotação de culturas para trigo (sistema I: trigo/soja; sistema II: trigo/soja e aveia branca/soja; sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; e sistema IV: trigo/soja, ervilhaca/milho, cevada/soja e aveia branca/soja), não se encontrou diferenças entre as médias de rendimento de grãos de soja. Deve-se levar em consideração que em ambos os experimentos relatados por Santos et al. (1997; 1998) a soja, durante esses períodos de estudo, foi cultivada em monocultura ou em anos consecutivos.

Genro Junior et al. (2009), num Latossolo Vermelho distrófico típico, não verificaram diferença no rendimento de grãos da soja cultivada em rotação de culturas (milho/aveia/milho + guandu anão/trigo/soja/trigo; guandu/trigo/

soja/trigo/soja/aveia; e crotalaria/trigo/soja/aveia/milho/trigo) ou monocultura (trigo/soja).

Na pesquisa desenvolvida por Santos et al. (2013) durante quatro anos num Latossolo Vermelho distrófico típico, em sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (pastagens anuais de inverno e de cereais de duplo propósito), não foi observada diferença entre os tratamentos para rendimento de grãos de soja.

Mariani et al. (2012), estudando estabelecimento de gramíneas forrageiras tropicais perenes simultaneamente com a soja, no Norte do Rio Grande do Sul, num Latossolo Vermelho distrófico típico, não observaram diferença no rendimento de grãos entre os tratamentos com ou sem consorciação. Nesse caso, o rendimento de grãos de soja oscilou de 2.482 a 2.837 kg ha⁻¹.

Na média conjunta de 1996/1997 a 2010/2011, a soja cultivada após aveia branca, no sistema III foi superior à soja cultivada após trigo, no sistema I, para número de vagens (Tabela 6) e massa de grãos por planta (Tabela 8), enquanto que para altura de plantas o destaque foi a soja cultivada após trigo, no sistema III, em relação aos demais cultivos de soja (Tabela 9). No trabalho conduzido por Santos et al. (2013), em sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (com pastagens anuais de inverno e duplo propósito: aveia branca, trigo e triticale), a soja cultivada após ervilhaca mostrou maior número de vagens por planta (27,2) e massa de grãos por planta (117,9 g) do que a maioria dos tratamentos estudados (19,1 a 21,8 e 73,3 a 95,7 g, respectivamente).

Não houve diferença entre as médias conjuntas de 1996/1997 a 2010/2011 dos sistemas de rotação de culturas para número de grãos por planta (Tabela 7), massa de mil grãos (Tabela 9) e altura de inserção das primeiras vagens

Tabela 11. Efeito de sistemas de rotação de culturas na altura de inserção das primeiras vagens de soja de 1996/1997 a 2010/2011, Embrapa Trigo, Passo Fundo (RS).

| Ano | Sistemas de rotação de culturas | | | | Média |
|--|---------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|--------|
| | Sistema I: T/S | Sistema II: T/S e E/M | Sistema III: Ab/S, T/S e E/M | Sistema III: T/S, E/M e Ab/S | |
| Altura de inserção das primeiras vagens de soja (cm) | | | | | |
| 1996/97 | 28 A | 28 A | 28 A | 27 A | 28 bc |
| 1997/98 | 24 A | 24 A | 23 A | 23 A | 23 ef |
| 1998/99 | 30 A | 27 A | 28 A | 29 A | 29 ab |
| 1999/00 | 30 A | 30 A | 31 A | 30 A | 30 a |
| 2000/01 | 24 A | 25 A | 24 A | 24 A | 24 e |
| 2001/02 | 26 A | 27 A | 26 A | 27 A | 27 cd |
| 2002/03 | 22 A | 23 A | 20 A | 22 A | 22 fg |
| 2003/04 | 29 A | 29 A | 28 A | 27 A | 29 abc |
| 2004/05 | 19 A | 20 A | 19 A | 19 A | 19 h |
| 2005/06 | 20 A | 22 A | 20 A | 19 A | 20 gh |
| 2006/07 | 24 A | 26 A | 23 A | 23 A | 24 e |
| 2008/09 | 26 A | 24 A | 25 A | 26 A | 25 de |
| 2009/10 | 20 A | 21 A | 20 A | 19 A | 20 gh |
| 2010/11 | 21 B | 19 AB | 19 A | 21 AB | 20 gh |
| Média | 25 A | 24 A | 24 A | 24 A | 24 |

Coefficiente de variação: 12%; Sistema I: trigo (T)/soja (S); Sistema II: trigo (T)/soja (S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; e Sistema III: trigo (T)/soja (S), aveia branca (Ab)/soja (S) e ervilhaca (E)/milho (M) ou sorgo; médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey (p>0,05).

de soja (Tabela 11). Santos et al. (2013), trabalhando com sistemas de produção com integração lavoura-pecuária, também não verificaram diferenças entre os tratamentos para massa de mil grãos e altura de inserção das primeiras vagens de soja. Porém, nesse mesmo estudo, os autores observaram que a soja cultivada após ervilhaca mostrou maior número de grãos por planta de soja (75,2) em relação aos demais tratamentos (45,4 a 60,7).

Pereira et al. (2011), desenvolvendo estudos num solo classificado como Latossolo Vermelho eutrófico típico, com cobertura de solo com aveia preta e milheto, não encontraram diferenças para a massa de mil grãos e nem para rendimento de grãos de soja entre as épocas de dessecação da palhada. Ricce et al. (2011), conduzindo trabalho num solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, em áreas de pastejo com aveia preta e azevém, não observaram diferenças no número de vagens por planta, no número de grãos por planta e no rendimento de grãos de soja entre as diferentes épocas de dessecação antes da semeadura dessa leguminosa.

4. CONCLUSÃO

A rotação de culturas por um verão, utilizando milho ou sorgo, propiciou maior rendimento de grãos de soja em comparação com os demais sistemas estudados e a soja em monocultura.

O menor rendimento de grãos e massa de grãos ocorreu em monocultura (trigo/soja).

E, finalmente, não houve diferença entre os sistemas de rotação de culturas em relação às médias do número de grãos por planta, da massa de mil grãos e da altura de inserção das primeiras vagens de soja no período de condução do estudo, 1996/1997 a 2010/2011.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T.J.C.; SCHLEINDWEIN, J.A.; FIORIN, J.E. Manejo do solo visando à obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema plantio direto. In: THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. (Ed.). Soja: manejo para alta produtividade de grãos. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p.53-112.
- BOARD, J.E.; MARICHERLA, D. Explanation for decreased harvest index with increased yield in soybean. *Crop Science*, v.48, p.1995-2002, 2008. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2008.02.0098>
- CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A.; WOBETO, C. Acidificação de Latossolo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.1055-1064, 2002.
- FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Soja. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Org.). *Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 2010. p.263-277. cap.15.
- FRANCHINI, J.C.; COSTA, J.M.; DEBIASI, H. Rotação de culturas: prática que confere maior sustentabilidade a produção agrícola no Paraná. Piracicaba: Informações Agronômicas, 2011. (n.134).
- 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, p.65-73, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009000100011>
- GHAFFARZADEH, M. Economic and biological benefits of intercropping berseem clover with oat in corn-soybean-oat rotations. *Journal of Production Agriculture*, v.10, p.314-319, 1997. <http://dx.doi.org/10.2134/jpa1997.0314>
- MARIANI, F.; FONTANELI, REN. S.; VARGAS, L.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.O.B.S. Estabelecimento de gramíneas forrageiras tropicais perenes simultaneamente com as culturas de milho e soja no Norte do RS. *Ciência Rural*, v.42, p.1471-1476, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000800023>
- PEDERSEN, P.; LAUER, J.G. Corn and soybean response to rotation sequence, row spacing, and tillage system. *Agronomy Journal*, v.95, p.965-971, 2003. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2003.0965>
- PEREIRA, R.A.; ALVES, P.L.C.A.; CORRÊA, M.P.; DIAS, T.C.S. Influência da cobertura de aveia preta e milheto sobre comunidade de plantas daninhas e produção de soja. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.6, p.1-10, 2011. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v6i1a545>
- RICCE, W. S.; ALVES, S.J.; PRETE, C.E.C. Época de dessecação de pastagem de inverno e produtividade de grãos de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.1220-1225, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000015>
- RUEDELL, J. Plantio direto na região de Cruz Alta. Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo, 1995. 134p.
- SANTOS, H.P.; REIS, E.M. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre a estatura de plantas da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.26, p.729-735, 1991.
- SANTOS, H. P.; LHAMBY, J.C.B.; SANDINI, I. Efeitos de culturas de inverno e de sistema de rotação de culturas sobre algumas características da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, p.1141-1146, 1997.
- SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B.; WOBETO, C. Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em rotação de culturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, p.289-295, 1998.
- SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B.; LIMA, M.R. Efeitos de método de preparo de solo no inverno e de rotação culturas no rendimento de grãos de soja. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.7, p.69-76, 2001.
- SANTOS, H.P.; ROMAN, E.S. Efeitos de culturas de inverno sobre a soja cultivada em sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.7, p.59-68, 2001.
- SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B.; SPERA, S.T. Rendimento de grãos de soja em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. *Ciência Rural*, v.36, p.21-29, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000100004>

SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T.; MALDANER, G.L. Rendimento de grãos e em diferentes sistemas de produção integração Lavoura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.8, p.49-56, 2013. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v8i1a2077>

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. Solos do Rio Grande do Sul. 2. ed. rev. ampl. Porto Alegre: EMATER-RS, 2008. 222p.

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. Desenvolvimento da planta de soja e o potencial de rendimento de grãos. In: THOMAS, A.L.; COSTA,

J.A. (Ed.). *Soja: manejo para alta produtividade de grãos*. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p.13-33.

WIETHÖLTER, S. Fertilidade do solo e a cultura do trigo no Brasil. In: PIRES, J.L.M.; VARGAS, L.; CUNHA, G.R. (Ed.). *Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. p.135-184. cap. 6.

YUSUF, R.I.; SIEMENS, J.C.; BULLOCK, D.G. Growth analysis of soybean under no-tillage and conventional tillage systems. *Agronomy Journal*, v.91, p.928-933, 1999. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1999.916928x>