

Capítulo

3

Avaliação de Sistemas de Rotação de Culturas na Severidade de Doenças do Sistema Radicular e no Rendimento de Grãos de Cereais de Inverno, nas Décadas de 1980 a 2010

Henrique Pereira dos Santos, Renato Serena Fontaneli, João Leonardo Fernandes Pires, Alfredo do Nascimento Junior, Genei Antonio Dalmago

Introdução

As condições meteorológicas favoráveis às doenças de trigo, na maioria das vezes, são responsáveis pelo baixo rendimento e pela instabilidade do rendimento de grãos desta cultura (Reis et al., 1983; 1985; Santos, 2000; Santos; Reis, 2003). Esse fato é aplicável, também, às demais espécies de cereais cultivadas no inverno, tais como cevada, aveia branca e triticale. Uma das práticas agrícolas mais eficientes no controle de doenças tem sido a rotação de culturas. O histórico do desenvolvimento desta tecnologia no Brasil foi, detalhadamente, relatado por Rosa (1988).

Os sistemas de produção de grãos que incluem trigo, na região Sul do Brasil, são variados devido à gama de condições ecológicas (clima, solo e topografia) que influem na flora de plantas daninhas, nas doenças, nas pragas, na mecanização, etc (Santos et al., 1990b; Reis; Santos, 1993a; Reis et al., 1997; Santos; Reis, 2003). Outrossim, as condições socioeconômicas contrastantes, tais como diferentes tamanhos de propriedades,

custo de produção, mercado etc., contribuem para a diversidade desses sistemas.

Alguns dos sistemas de rotação/sucessão mais usados, até o início da década de 1970, foram: soja/trigo; arroz/trigo; milho/trigo; algodão/trigo e batata/trigo. Devido ao desenvolvimento de um novo sistema agrícola e à combinação ideal de leguminosa com uma gramínea, a sequência trigo-soja, nas décadas de 1970 e 1980, difundiu-se no Brasil, na Argentina e no Paraguai.

Acredita-se que, com a experiência adquirida no Brasil, será possível responder à seguinte pergunta: a rotação de culturas e a adubação verde contribuem para atingir uma agricultura sustentável nos sistemas trigo/soja, nas regiões de clima tropical? Também acredita-se que a experiência brasileira deu elementos úteis para pesquisa e para o desenvolvimento de rotações de culturas em outras regiões e em outros países. Para um melhor entendimento da sequência trigo/soja no Sul do Brasil, é necessário ressaltar que a cultura de soja é semeada, na estação quente (outubro a dezembro) e a de trigo é semeado na estação fria (abril a julho).

A monocultura, praticada de forma generalizada no Brasil, vinha apresentando problemas alarmantes, tanto no que diz respeito ao custo de produção, como nos baixos índices de produtividade das culturas (Reis; Santos, 1985, 1987, 1993b). A degradação química dos solos, a erosão, o aumento de doenças, de pragas e de plantas daninhas, os problemas físicos e biológicos de solos, entre outros, foram alguns dos fatores que levaram a decadência da prática de monocultura. Os esforços técnicos e econômicos para remediar esses fatores, utilizando-se principalmente, de insumos modernos, chegaram ao limite da viabilidade econômica.

Por outro lado, as doenças do sistema radicular do trigo, conhecidas como mal-do-pé (agente *Gaeumannomyces graminis*) e podridão comum (agente *Bipolaris sorokiniana* e *Fusarium graminearum*), eram amplamente distribuídas no Brasil, sendo que os danos econômicos são mais associados às regiões frias e de elevada precipitação pluvial, como as dos estados

do Rio Grande do Sul e Santa Catarina e pelo sul do Paraná (Reis et al., 1988).

A maneira viável de reduzir a ocorrência de doenças do sistema radicular dos cereais de inverno (mal-do-pé e podridão comum) é por meio do pouso de inverno ou da rotação de culturas não suscetíveis (Santos; Reis, 2003). Além disso, a rotação de culturas reduz também a população de outros fungos que atacam os órgãos aéreos do trigo (Reis et al., 1988).

Na década de 1980, a maior dificuldade enfrentada pelos agricultores na implantação de sistemas de cultivos de inverno era a falta de espécies alternativas, com características desejáveis para realizar rotação de culturas com trigo, cevada e triticale. Além disso, o agricultor tinha que optar por espécie alternativa para adubação verde, cobertura do solo ou produção de forragem. Esta falta de disponibilidade de culturas de inverno estava relacionada, diretamente, a fatores técnicos e econômicos (Santos; Reis, 2003). Dentre os fatores técnicos podem ser citados: a adaptação da cultura à região, influenciando no nível de risco do investimento; aspectos fitossanitários, relativos ao controle de doenças e de pragas; e a possibilidade da cultura tornar-se planta daninha nos cultivos subsequentes. Entre os fatores econômicos estão os relativos ao custo de produção, à segurança de mercado, à disponibilidade de crédito para exploração, entre outros.

Na Embrapa Trigo, desde 1979 são realizados com culturas alternativas de inverno. A aveia branca, a colza, o linho, a ervilhaca e a serradela têm sido observadas em sistemas de cultivos com trigo, considerando o desempenho técnico (Santos et al., 1987). Além disso, desde de 1989, tem sido estudadas plantas forrageiras (aveia preta, azevém, ervilhaca e milheto), em sistemas de produção de grãos, visando à integração lavoura-pecuária nas zonas produtoras de trigo, no Planalto do Rio Grande do Sul.

Em trabalhos desenvolvidos nos EUA, as aveias foram praticamente imunes ao mal-do-pé (Turner, 1960; Slope; Etheridge, 1971), porém apresentaram graus de resistência à podridão comum (Reis; Baier, 1983; Fernandez; Santos, 1990). Entre a aveia branca e aveia preta, a preta foi a mais

resistente à podridão comum. Como mal-do-pé foi um dos principais agentes causadores de perdas de rendimento de grãos de trigo cultivado em monocultura, nas lavouras do Sul do Brasil, as aveias, de maneira geral, e especialmente a aveia preta, se constituiu em uma opção para os agricultores que não poderiam semear cultura alternativa. Lavouras com problemas de mal-do-pé, não podiam ser repetidas por mais de um ano nas sequências de rotação.

De acordo com Derpsch e Calegari (1992), no Estado do Paraná, o trigo foi menos afetado por doenças do sistema radicular quando cultivado em rotação com aveia preta.

Neste capítulo, relata-se o rendimento de grãos dos cereais de inverno, com foco em trigo, cevada e triticale, abrangendo o final da década de 1970 até início da década de 2010. Desta maneira, são relatados vários trabalhos de pesquisa demonstrando os efeitos positivos da rotação de culturas para o trigo, com algumas espécies cultivadas no sul do Brasil.

Rendimentos de grãos, severidade das doenças do sistema radicular e características agronômicas dos cereais de inverno

Rendimento de grãos e severidade das doenças do sistema radicular de trigo

Uns dos primeiros trabalhos desenvolvidos na Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS, período de 1980 a 1989 (Santos et al., 1990b), com sistemas de rotação de culturas, envolvendo cereais de inverno foram os seguintes:

Sistema I – trigo/soja;

Sistema II – trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosa/milho;

Sistema III – trigo/soja, aveia branca/soja e leguminosa/milho; e

Sistema IV – trigo/soja, colza/soja, linho/soja e leguminosa/milho.

Os sistemas II (2.403 kg/ha), III (2.430 kg/ha) e IV (2.563 kg/ha) mostraram rendimentos de grãos de trigo mais elevados, em comparação ao sistema I (monocultura de trigo: 1.993 kg/ha). Resultados similares foram obtidos por Selman (1975) e por Slope e Etheridge (1971), na Inglaterra, intercalando um ou dois anos de rotação de cultura com aveia ou feijão, em relação à monocultura de trigo. Porém, o sistema I (monocultura de trigo) mostrou maior severidade (57%) de doenças do sistema radicular: podridão comum (*Bipolaris sorokiniana*) e mal-do-pé (*Gaeumannomyces graminis*), do que os sistemas II (34%), III (28%) e IV (28%). Isso vem comprovar os dados obtidos, anteriormente, por Diehl et al. (1983), em lavouras do Rio Grande do Sul.

Assim, o rendimento de grãos de trigo aumentou à medida que houve acréscimo na massa de mil grãos. Isto explica as diferenças entre a monocultura e os sistemas de rotação que foram avaliados. Isto ocorreu, provavelmente, pelo efeito das doenças sobre a massa e a qualidade dos grãos, o que explicaria as diferenças entre a monocultura e os sistemas de rotação que foram avaliados.

Da mesma forma, o rendimento de grãos de trigo diminuiu linearmente com o aumento da severidade de doenças do sistema radicular, fator que tem sido responsável por 78% da variação na produção observada durante o período de 1984 a 1987. Isto confirma os dados obtidos por Slope e Etheridge (1971) para o mal-do-pé.

Os dados dos anos de 1981 a 1984, obtidos nesse experimento, revelaram que os rendimentos de grãos de trigo, após alguns anos de monocultura,

tornaram-se praticamente nulos, porém melhoraram, consideravelmente, nos anos de 1986 a 1987, pelo preparo do solo com arado de aivecas, associado às condições meteorológicas adequadas (Santos et al., 1987). Notou-se também que as doenças do sistema radicular se manifestaram em menor intensidade (de 1985 a 1987) e, principalmente, nas fases menos críticas da cultura. Isto porque, a decomposição da palhada foi mais rápida em relação aos anos anteriores, reduzindo, com isso, o substrato que nutre os patógenos, resultando em redução da fonte de inóculo.

Deve ser destacado que o efeito das condições meteorológicas é fundamental para afetar a intensidade de doenças do sistema radicular e da parte aérea do trigo, quando cultivado em monocultura. Como nesses anos de estudo choveu adequadamente e a temperatura não foi ideal para o desenvolvimento das principais doenças do trigo, esta cultura apresentou rendimentos relativamente elevados, principalmente em monocultura. Neste caso, o efeito da rotação não foi marcante, o que muitas vezes, confunde o agricultor, tornando difícil a adoção desta tecnologia. Além disso, o tamanho da propriedade rural, ou seja, pouca área para ser cultivada em sistemas de rotação de culturas, deve ser levado em consideração, pois este fator é de importância fundamental na aceitação, ou não, da rotação de culturas.

No período de 1985 a 1988, na Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS, foram desenvolvidos estudos para esclarecer a interferência da aveia branca ou aveia preta, em relação à cultura de trigo, em sistemas de rotação de culturas. Intercalando trigo com aveia branca e preta visando o rendimento de grãos de trigo, foram avaliados um total de oito sistemas (Santos; Reis, 1995):

Sistema I: monocultura de trigo;

Sistema II: rotação de um inverno com trigo e um com aveia preta;

Sistema III: rotação de um inverno com trigo e dois com aveia preta;

Sistema IV: rotação de um inverno com trigo e três com aveia preta;

Sistema V: rotação de um inverno com trigo e dois com aveia branca;

Sistema VI: rotação de um inverno com trigo e três com aveia branca;

Sistema VII: monocultura de aveia branca; e

Sistema VIII: monocultura de azevém.

Para sistemas de rotação de culturas, intercalando trigo com aveia preta e azevém visando rendimento de matéria seca, foram avaliados um total de quatro sistemas (Santos; Reis, 1994), mais um sistema adicional com monocultura de aveia preta:

Sistema I: monocultura de trigo;

Sistema II: rotação de um inverno com trigo e dois com azevém;

Sistema III: rotação de um inverno com trigo e dois com aveia preta;

Sistema IV: rotação de um inverno com trigo e três com aveia preta;

Sistema V: monocultura de aveia preta (Santos; Reis, 1994).

Nos sistemas de rotação de culturas intercalando trigo com aveia branca ou preta para rendimento de grãos de trigo, houve diferenças entre os tratamentos apenas em 1988, quando as rotações com aveia branca foram superiores aos demais tratamentos, com exceção do tratamento em que o trigo foi intercalado por dois invernos consecutivos com aveia preta, ou seja, o trigo intercalado por dois (2.800 kg/ha) ou três invernos com aveia branca (2.808 kg/ha) foi superior ao trigo cultivado em monocultura (2.387 kg/ha) ou ao intercalado por dois anos com aveia preta (2.459 kg/ha).

A severidade das doenças do sistema radicular do trigo mostrou diferenças entre as médias dos sistemas de cultivo nos anos estudados (1988 e 1989)

e na média geral. Os valores mais elevados ocorreram na monocultura do trigo (58%), em comparação com trigo intercalado por um inverno com aveia preta (45%), trigo intercalado por dois invernos com aveia preta (41%), trigo intercalado por três invernos com aveia preta (46%), trigo intercalado por dois invernos com aveia branca (48%) e trigo intercalado por três anos com aveia branca (37%). O menor percentual de severidade das doenças do sistema radicular, em valor, ocorreu em 1988, mas na média dos anos manifestou-se no trigo após três invernos consecutivos com aveia branca e alcançou 37%. Provavelmente, neste período, a aveia branca foi a cultura que menos perpetuou as doenças do sistema radicular para o trigo.

Neste caso, as doenças do sistema radicular do trigo em monocultura se manifestaram num limiar relativamente baixo e nas fases menos críticas da cultura. Desta maneira, a rotação de culturas mantém a estabilidade e o aumento do rendimento de grãos relativo à cultura do trigo, mesmo nas condições meteorológicas adversas (Tabela 1).

Desta maneira, do ponto de vista fitopatológico, tanto a aveia branca, quanto a aveia preta, podem ser cultivadas em diferentes sistemas com a cultura do trigo. Além de serem imunes ao mal-do-pé, apresentaram baixa infecção por podridão comum, confirmando dados reportados por Turner (1960), Slope e Etheridge (1971) e Fernandez e Santos (1990).

Nos sistemas de rotação de culturas, intercalando trigo com aveia preta e azevém, houve diferença no rendimento de grãos do trigo somente no ano de 1989. Os tratamentos de trigo em rotação com dois (3.835 kg/ha) e três (3.762 kg/ha) invernos consecutivos com aveia preta foram superiores em rendimento de grãos, em relação à monocultura (3.526 kg/ha), sendo, no entanto, este último, semelhante ao trigo em rotação com dois invernos consecutivos com azevém (3.640 kg/ha).

No caso deste estudo, tanto o azevém como a aveia preta, durante o ciclo, foram cortadas por três vezes e retiradas das parcelas, simulando efeito

de pastejo. Isto praticamente eliminou a incidência das doenças da parte aérea dessas gramíneas, bem como a possível transmissão de moléstias comuns para o trigo.

Tabela 1. Precipitação pluvial, temperaturas mínima (mín), média (méd) e máxima (máx) e umidade relativa, da normal (1961 a 1990) e dos anos de 1988 e 1989, em Passo Fundo, RS.

Ano	Mês					Total
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	
Precipitação pluvial (mm)						
1961 a 1990	129	153	166	207	167	822
1988	153	21	28	417	144	763
1989	74	210	174	452	153	1.063
Temperatura (°C)						Média
1961 a 1990 mín	8,9	8,9	9,9	11,0	12,9	10,3
méd	12,7	12,8	14,0	14,8	17,7	14,4
máx	18,4	18,5	19,9	21,2	23,8	20,4
1988 mín	8,5	10,5	11,2	10,7	13,8	10,9
méd	10,9	10,6	15,2	15,3	17,4	13,9
máx	16,4	16,7	22,0	21,0	24,2	20,1
1989 mín	8,6	8,2	8,8	11,5	12,2	9,9
méd	12,6	10,7	13,8	13,3	16,5	13,4
máx	18,1	16,6	19,8	18,7	22,9	19,2
Umidade relativa (%)						
1961 a 1990	82	81	79	78	74	79
1988	82	71	70	76	67	73
1989	79	78	65	76	74	74

Houve diferença entre os tratamentos, em relação à severidade das doenças do sistema radicular nos anos 1988 e 1989. No ano de 1988, o trigo

em rotação com dois invernos consecutivos com azevém mostrou maiores valores de severidade das doenças do sistema radicular (70%) em comparação aos demais tratamentos, inclusive ao da monocultura do trigo (51%). No ano de 1989, o trigo em rotação com dois invernos consecutivos com aveia preta mostrou severidade de doenças do sistema radicular menor (40%), em relação ao trigo em monocultura (58%), trigo intercalado por dois invernos com azevém (48%) e trigo intercalado por três invernos com aveia preta (52%). Considerando os dois invernos, em valores absolutos, o trigo em rotação com dois invernos consecutivos com azevém, apresentou maior percentual de severidade das doenças do sistema radicular (64%).

Deve-se considerar que a aveia preta é resistente ao mal-do-pé e mostra baixa infecção à podridão comum, o que permite seu uso sem restrição em rotação com trigo.

No período de 1987 a 1991, em Passo Fundo, RS, foram desenvolvidos sistemas de rotação de culturas para triticales com espécies de diferentes famílias, com um ou dois invernos sem triticales, ou ainda, com dois anos com triticales, seguidos de dois anos sem triticales. Esse sistema, na época, foi sugerido para a cultura de trigo, pelo Serviço de Extensão Rural, do Estado do Rio Grande do Sul. Se houve produção satisfatória de trigo ao nível de lavoura, no ano anterior, seria viável repetir esta cultura no inverno seguinte? E, essa afirmação também vale para a cultura de triticales?

Para responder a estes questionamentos foram desenvolvidos cinco sistemas de rotação de culturas: Sistema I: triticales/soja; Sistema II: triticales/soja e aveia preta rolada com rolo-facas/soja; Sistema III: triticales/soja e ervilhaca/milho; Sistema IV: triticales/soja, aveia preta rolada com rolo-facas/soja e ervilhaca/milho; e Sistema V: triticales/soja, triticales/soja, aveia preta rolada com rolo-facas/soja e ervilhaca/milho.

No período de 1986 a 1988, não houve diferença entre as médias para rendimento de grãos de triticales (Santos et al., 1990a). Contudo, no ano de 1988, os dois tratamentos precedidos por triticales no inverno anterior (sis-

tema I: 2.013 kg/ha e sistema V: 2.036 kg/ha) tenderam a produzir menos do que os demais, os quais foram cultivados com ervilhaca ou aveia preta rolada com rolo-facas (sistema II: 2.415 kg/ha, sistema III: 2.449 kg/ha, sistema IV: 2.561 kg/ha e sistema V: 2.711 kg/ha).

Nos anos de 1987 e 1988, e na média dos anos, não houve diferença para severidade das doenças do sistema radicular do triticales. No ano de 1988, observou-se redução na severidade das doenças do sistema radicular, no triticales precedido pela ervilhaca e o milho (sistemas III: 9% e IV: 9%) e elevação, quanto precedido por triticales ou aveia preta rolada com rolo-facas (Sistemas I: 21% e II: 23%). Os valores mais elevados de severidade de doenças do sistema radicular do triticales foram verificados na monocultura triticales/soja (sistema I) e na rotação de triticales intercalado com um inverno com aveia preta rolada com rolo-facas (sistema II), em comparação ao triticales intercalado com um inverno com ervilhaca (sistemas III e V: 10%).

Não foi encontrada diferença entre as médias para rendimento de grãos e severidade de doenças do sistema radicular de triticales, provavelmente em função das condições meteorológicas que apresentaram precipitação dentro da média no período de estudo. Isto, também, foi constatado anteriormente por Santos et al. (1990b).

No período de 1987 a 1995, em Passo Fundo, RS, foram desenvolvidos, também, sistemas de rotação de culturas para trigo, com um ou dois invernos sem trigo, ou ainda, com dois anos com trigo, seguidos de dois anos sem trigo. Os tratamentos consistiram de seis sistemas de rotação de culturas com trigo (Santos et al., 1998):

Sistema I: monocultura de trigo;

Sistema II: monocultura de trigo, de 1987 a 1989, seguidos de um inverno sem trigo, de 1990 a 1995;

Sistema III: rotação de um inverno, com dois invernos sem trigo;

Sistema IV: rotação de um inverno, com três invernos sem trigo;

Sistema V: rotação de um inverno, com dois invernos sem e dois com trigo;
e

Sistema VI: rotação de um inverno, com três invernos sem e dois com trigo.

As culturas de inverno foram manejadas com preparo convencional de solo (arado e grade de discos) e as de verão, com semeadura direta.

Em todos os anos avaliados (1991, 1992, 1993, 1994 e 1995) e na média dos anos, o rendimento de grãos de trigo diferiu entre os sistemas de rotação. Em todos os anos, exceto em 1991, a monocultura rendeu menos. Um inverno sem trigo incrementou o rendimento de trigo em até 50% (2.338 kg/ha para 3.502 kg/ha). A rotação de culturas, além de aumentar o retorno econômico da produção das lavouras, pelo aumento do rendimento de grãos, promove a diversificação de culturas e, em consequência, diminui o risco da dependência de apenas uma cultura de inverno.

Reis et al. (1983), observaram que o rendimento obtido na monocultura de trigo foi o mais baixo (377 kg/ha), em relação a um inverno (1.045 kg/ha) e a dois invernos (2.044 kg/ha) sem esse cereal. Na sequência desse trabalho, Reis e Kohli (1994) verificaram menores rendimentos de grãos na monocultura de trigo (1.790 kg/ha), quando comparado com dois invernos (2.528 kg/ha) ou com três invernos (média de tratamentos: 2.619 kg/ha) sem essa gramínea.

No trabalho conduzido por Slope et al. (1973), na Inglaterra, observou-se que o rendimento de grãos, na monocultura de trigo (4.530 kg/ha) foi menor que o de dois invernos (5.460 kg/ha) sem trigo. Em trabalho realizado no Canadá, Sturz e Bernier (1989) também observaram que a monocultura de trigo (3.179 kg/ha) mostrou menor rendimento de grãos do que um inverno sem essa gramínea, alternando com colza (4.203 kg/ha) ou com linho (4.076 kg/ha).

A severidade das doenças do sistema radicular de trigo (mal-do-pé e podridão comum), de 1993 a 1995 e na média dos anos, diferiu entre os sistemas de rotação e a monocultura. Os valores mais elevados para severidade das doenças do sistema radicular ocorreram na monocultura (50%), em comparação aos sistemas de rotação sem trigo (13% a 19%). Isso demonstra que um ano de rotação de culturas, com espécies não suscetíveis, já elimina os inconvenientes da monocultura.

Trabalhos conduzidos por Reis et al. (1983), no Rio Grande do Sul, com o mesmo tipo de preparo de solo, mostra a monocultura de trigo (92%) com valores mais elevados de severidade das doenças do sistema radicular, em relação a um inverno (67%) e dois invernos (12%) de rotação sem essa gramínea. Na continuidade desse estudo, Reis e Kohli (1994) obtiveram resultados similares de severidade do mal-do-pé e podridão comum, na monocultura de trigo (71%), em comparação a dois invernos (29%) e a três invernos (média dos tratamentos: 32%) sem trigo.

Ledinghan (1961), em trabalho realizado no Canadá, relata os seguintes percentuais de severidade da podridão comum: monocultura de trigo (68%), um inverno (64%), dois invernos (37%), três invernos (34%) e cinco invernos (14%) sem esse cereal. Slope et al. (1973), na Inglaterra, verificaram diferentes valores de severidade do mal-do-pé entre a monocultura de trigo (35%) e dois invernos com rotação de culturas não-suscetíveis (3%).

Além disso, nesse período 1991 a 1995 de avaliação, somente na média dos anos houve diferenças entre as médias da população inicial de plantas/m², das espigas/m² e do número de grãos por planta de trigo (Santos et al. 1998). A menor população inicial (266 plantas/m²) ocorreu na monocultura de trigo. Contudo, diferiu apenas dos sistemas de rotações com três invernos sem trigo (286 plantas/m²) e dois invernos sem e dois com trigo (298 plantas/m²).

A menor densidade de espigas/m² ocorreu na monocultura de trigo (341). Todavia, esse sistema não diferiu do de dois invernos sem trigo (363). Re-

sultados semelhantes foram obtidos por Sturz e Bernier (1989). A monocultura de trigo apresentou menor número de grãos por planta (32,51). Entretanto, esse sistema não diferiu do de três invernos sem trigo (33,70) e a dois invernos sem e dois com trigo (segundo trigo: 34,26).

A massa de mil grãos de trigo diferiu, em todos os anos estudados e na média dos anos dos sistemas estudados. A massa hectolétrica de trigo mostrou diferenças em 1992, em 1993 e na média dos anos. Na estatura de plantas de trigo, houve diferenças em 1991, 1992 e na média do período. Os menores valores de massa de mil grãos, massa hectolétrica e estatura de plantas ocorreu na monocultura de trigo, na média dos anos. Resultados das estaturas de plantas estão de acordo com os obtidos por Sturz e Bernier (1989).

O rendimento de grãos de trigo correlacionou-se positivamente com o número de grãos por planta ($r = 0,86$), com o peso de grãos por planta ($r = 0,75$) e com a estatura de plantas ($r = 0,76$), todos ao nível de significância de 1% de probabilidade de erro.

Na comparação entre os sistemas de rotação ao longo dos anos, ficou demonstrada a eficiência da rotação de culturas (trigo/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; e trigo/soja, trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho) no controle das doenças do sistema radicular de trigo, na região de Passo Fundo, RS.

O sistema de rotação com um inverno sem trigo também pode ser indicado em sistema de produção. Zentner et al. (1990), avaliando economicamente quatro sistemas, de 1984 a 1989, concluíram que o sistema com um inverno de rotação de culturas para trigo foi o que propiciou o melhor retorno econômico.

Além disso, o trigo pode ser semeado por dois invernos seguidos, desde que se observe pelo menos dois invernos sem trigo, como nos sistemas de

rotação estudados (trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; e trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja linho/soja e ervilhaca/milho). Na indicação da Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo (Reunião..., 1988) já constava essa sugestão desde a década de 1980, todavia, ainda sem uma completa avaliação da pesquisa. Na época, a recomendação de trigo baseou-se nas informações dos técnicos que atuavam diretamente nas lavouras, desde que os agricultores, no ano anterior, tivessem atingindo um patamar de rendimento de grãos acima de 1.800 kg/ha.

No período de 1984 a 1993, a Embrapa Trigo, juntamente com a Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., Guarapuava, PR, desenvolveu estudos para averiguar, sob sistema plantio direto, qual seria o intervalo de rotação de culturas com trigo, naquelas condições. **Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de rotação de culturas com trigo:** Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho; Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; e Sistema IV: trigo/soja, ervilhaca/milho, cevada/soja e aveia branca/soja (Santos et al., 1996).

O rendimento de grãos de trigo, em 1990, em 1992 e em 1993 e na média conjunta dos anos diferiu entre os sistemas de rotação. O menor rendimento de grãos ocorreu na monocultura de trigo (3.014 kg/ha), em relação a um inverno (3.355 kg/ha), a dois invernos (3.494 kg/ha) e a três invernos (3.362 kg/ha) sem trigo. A rotação de culturas, além de ter reduzido os custos de produção das lavouras, pelo aumento de rendimento de grãos, promoveu a diversificação de culturas e, como consequência, diminuiu o risco de prejuízos ao produtor.

Nos anos de 1987, 1989, 1990, 1991 e 1993 e na média conjunta dos anos, a severidade das doenças do sistema radicular do trigo mostrou diferentes graus de intensidade entre os sistemas de rotação. Os valores mais elevados da intensidade do mal-do-pé e da podridão comum manifestaram-se na monocultura de trigo (39%), em relação àqueles obtidos com rotação de um inverno (12%), de dois invernos (9%) e de três invernos (11%) sem o trigo. Isso demonstra que a rotação de culturas com espécies não-susce-

tíveis elimina os inconvenientes do sistema plantio direto, em comparação ao aumento de doenças, por possibilitar a decomposição biológica dos resíduos vegetais.

No ano de 1993 e na média conjunta dos anos, houve diferenças na massa hectolétrica entre os sistemas de rotação. A maior massa hectolétrica foi observada com dois invernos sem trigo.

A estatura da planta de trigo diferiu entre os sistemas de rotação somente na média dos anos e uma diferença foi observada entre a monocultura e o sistema com dois invernos sem trigo.

O rendimento de grãos de trigo diminuiu linearmente com o aumento do grau de intensidade das doenças do sistema radicular (r^2 0,92), sendo elas responsáveis por 92% da variação na produção, durante o período de 1987 a 1993.

Nesse período de estudo (1987 a 1993) foi demonstrado que os efeitos benéficos da rotação foram mais evidentes em invernos com excesso de precipitação pluvial e, portanto, mais favoráveis ao desenvolvimento das doenças.

Nos anos 1987 e 1991 a precipitação pluvial (568 mm e 590 mm, respectivamente) foi acima da média ideal para o trigo, aproximadamente 400 mm, em Ponta Grossa, PR, que para o cultivo com semeadura no mês de junho é de 269 a 311 mm (Oliveira, 1990). Nesse caso, não houve diferenças entre as médias da severidade das doenças do sistema radicular e do rendimento de grãos do trigo nos sistemas de rotação estudados. Contudo, nos anos 1990 (995 mm), 1992 (863 mm), e 1993 (1.026 mm), nos quais a precipitação pluvial foi acima da normal (849 mm), houve diferenças entre as médias do rendimento de grãos dos sistemas de rotação. O trigo produziu menos em monocultura do que com um, dois e três invernos excluindo este cereal.

Na comparação entre os sistemas estudados ao longo dos anos, ficou demonstrada a eficiência da rotação de culturas (trigo/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja; trigo/soja, linho/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja, aveia branca/soja, cevada/soja e tremoço/milho) no controle das doenças do sistema radicular de trigo, na região de Guarapuava, PR, mesmo em clima adverso e em sistema plantio direto. Ficou evidenciado também que a rotação com apenas um inverno sem trigo pode ser indicada em sistema plantio direto nessa região.

Paralelamente, no mesmo período dos estudos de trigo (1984 a 1993) foram desenvolvidos trabalhos coordenados pela Embrapa Trigo, junto à Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., Guarapuava, PR, **em sistemas de rotação de culturas para cevada, sob sistema plantio direto**. Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de rotação de culturas com cevada: Sistema I: cevada/soja; Sistema II: cevada/soja e ervilhaca/milho; Sistema III: cevada/soja, linho/soja e ervilhaca/milho; e Sistema IV: cevada/soja, linho/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho (Santos et al., 1995).

Em relação ao rendimento de grãos de cevada, em 1987, 1991 e 1992 e na média conjunta dos anos, em sistema plantio direto, houve diferença entre os sistemas de rotação. O menor rendimento de grãos ocorreu na monocultura de cevada (2.747 kg/ha), em comparação com um inverno (3.064 kg/ha), com dois invernos (3.163 kg/ha) e com três invernos sem cevada (3.338 kg/ha). No Município de Passo Fundo, RS, em sistema plantio direto, de 1986 a 1989, Santos et al. (1985) não observaram diferenças quanto ao rendimento de grãos entre a monocultura de cevada (2.750 kg/ha) e a cevada com dois invernos (2.758 kg/ha) e com três invernos de rotação (2.740 kg/ha).

A severidade das doenças do sistema radicular da cevada diferiu entre os sistemas de rotação nos anos de 1987, 1988, 1989 e 1991, e na média conjunta dos anos. Os valores mais elevados no tocante à severidade do mal-do-pé e da prodridão comum ocorreram na monocultura de cevada

(32%), em relação a um inverno (15%), a dois invernos (15%) e a três invernos sem cevada (15%).

No trabalho conduzido por Santos et al. (1985) em sistema plantio direto, por quatro anos, não houve diferenças quanto à severidade das doenças do sistema entre a monocultura de cevada (28%) e os sistemas com dois (21%) e com três invernos sem cevada (24%). Já no Canadá, Piening e Or (1988) observaram os seguintes valores em severidade da podridão comum: 81% em monocultura de cevada por vinte anos; 73% e 14% quando houve um e quatro invernos sem cevada, respectivamente. Com dois invernos sem cevada, esses valores foram 64% após pousio e canola, e de 37%, após pastagem e aveia.

Nos anos de 1988 e 1990 e na média conjunta dos anos, no que tange ao número de espiguetas por planta de cevada, foram observadas diferenças entre os sistemas de rotação, sendo que sob monocultura, a cevada mostrou os menores valores, em relação a esse componente de rendimento. O número de grãos por planta, entre os sistemas de rotação, diferiu nos anos de 1988 e 1991 e na média conjunta dos anos. A cevada, nos sistemas de rotação de um, dois e três invernos, mostrou os maiores valores, quanto ao número de grãos.

Quanto à massa de grãos por planta, houve diferença entre os sistemas de rotação em 1988 e 1992 e na média conjunta dos anos. A monocultura de cevada mostrou menor massa de grãos por planta.

O rendimento de grãos de determinada espécie deve estar diretamente relacionado com os componentes primários do rendimento (número de espiguetas, número de grãos e massa de grãos por planta). Isto ficou claro quanto ao número de espiguetas por planta, que foi alterado pelo sistema de rotação, e este, por sua vez, contribuiu para aumentar o rendimento de grãos de cevada.

Na comparação entre os sistemas estudados ao longo dos anos, ficou demonstrada a eficiência da rotação de culturas (cevada/soja e ervilhaca/

milho ou aveia branca/soja; cevada/soja, linho/soja e ervilhaca/milho; e cevada/soja, linho/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho) no controle das doenças do sistema radicular de cevada, na região de Guarapuava, PR. A rotação de culturas viabilizou o sistema plantio direto, em relação ao controle de doenças do sistema radicular de cevada.

No período de 1990 a 1995, em Passo Fundo, RS, a Embrapa Trigo desenvolveu trabalhos, no Centro de Extensão e Pesquisa Agronômica (Cepagro), da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, com sistemas de produção integração lavoura +pecuária com pastagens anuais de inverno, sob sistema plantio direto (Fontaneli et al., 1998). Os tratamentos constaram dos seguintes sistemas: Sistema I: trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema III: trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; e Sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja.

Os autores não observaram diferenças para severidade das doenças do sistema radicular do trigo. Como havia rotação de culturas de um e dois invernos sem trigo, era de se esperar que não ocorresse diferença entre os referidos sistemas. O rendimento de grãos de trigo apresentou diferenças somente na média dos anos. O maior rendimento de grãos de trigo manifestou-se no sistema I (2.347 kg/ha). Não foi possível explicar satisfatoriamente o porquê do trigo após aveia preta pastejada por dois invernos ter sido superior em rendimento de grãos ao trigo após aveia preta + ervilhaca pastejadas por um ou dois invernos. Pelos dados obtidos, a integração lavoura-pecuária pode ser utilizada sem restrição, aproveitando as áreas, as máquinas e a mão de obra ociosas na estação fria, no Estado do Rio Grande do Sul.

Deve ser levado em consideração que a pecuária, muitas vezes, é vista como fator complicador na agricultura, principalmente quando se trata de plantio direto. Pelo que pôde ser observado neste estudo, a engorda de

animais, durante o período de inverno, foi uma alternativa positiva para rotacionar com a lavoura (trigo). Nesse caso, houve uma complementação e não uma competição entre as atividades a serem desenvolvidas na propriedade agrícola.

Na atual situação do Estado do Rio Grande do Sul, a integração lavoura-pecuária elimina o pousio de inverno. Nesse caso, ainda tem-se alimento para oferecer aos animais no período mais crítico do ano, combatendo o baixo desempenho quantitativo, a mortalidade de animais do rebanho e as perdas no ganho do peso adquirido, na estação quente (Lobato, 1980; Siewerdt, 1980; Fontaneli; Freire Junior, 1991).

Dessa forma, estará sendo praticada uma agricultura mais estável e equilibrada, em seus componentes, e que possibilitará maior período de utilização do solo, com culturas anuais (Medeiros, 1984). Isso significa utilizar o solo de forma tão eficiente que ele produza cada vez mais alimentos e, ao mesmo tempo, mantenha ou aumente sua própria fertilidade.

No período de 1995 a 2000, em Coxilha, RS, foram estudados sistemas de produção com pastagens anuais de inverno e de verão. Os tratamentos foram constituídos por seis de produção com integração lavoura + pecuária (Santos et al., 2006):

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho);

Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém)/milho;

Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho);

Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho);

Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho); e

Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho.

Não foi verificada diferença entre o rendimento de grãos para trigo. Nesse caso, o trigo foi cultivado com um ou dois invernos de rotação. O trigo cultivado após aveias tem apresentado raízes mais saudáveis e produzido rendimento de grãos maiores quando antecedido, no inverno anterior, por aveia branca ou preta, como culturas para cobertura do solo ou para produção de grãos.

Do ponto de vista agrônomo, as aveias são de fundamental importância para serem utilizadas como alternativas de inverno, em sistemas de produção para cevada, trigo e triticale, desde que usadas adequadamente. A aveia branca e a aveia preta podem compor sistemas de integração de lavoura com a pecuária porque não favorecem as doenças do sistema radicular do trigo.

No período de 2003 a 2008, houve mudanças nos tratamentos dos sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, conduzidos em Coxilha, RS, nos quais foram introduzidas culturas de cobertura de solo e de duplo propósito (Santos et al., 2009):

Sistema I: trigo/soja e ervilhaca/milho;

Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta/milho;

Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta/soja;

Sistema IV: trigo/soja e ervilha/milho;

Sistema V: trigo/soja, triticale duplo propósito/soja e ervilhaca/soja; e

Sistema VI: trigo/soja, aveia branca de duplo propósito/soja e trigo duplo propósito/soja.

Entre os anos avaliados e na média conjunta dos anos de 2003 a 2008, não houve diferença dos componentes da produção, entre os sistemas com in-

tegração lavoura + pecuária, considerando somente a análise do trigo para produção de grãos. Isso deve ter ocorrido porque o trigo foi cultivado com intervalo de um ou dois invernos de rotação. Dados concordantes foram relatados por Fontaneli e Santos (2003), com trigo cultivado após pastagens anuais, pastagens perenes de inverno e de verão, sob sistemas com integração lavoura + pecuária.

A massa hectolétrica do trigo mostrou diferença somente no ano de 2008. Os sistemas I (77 kg/L), II (78 kg/L) e IV (77 kg/L) apresentaram valores mais elevados, em comparação aos sistemas III (75 kg/L) e VI (73 kg/L). Essa diferença entre os sistemas pode ser atribuída à cultura de milho, que no verão antecedeu os sistemas I, II e IV. Quanto à massa de mil grãos, houve diferença entre as médias dos sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, somente no ano de 2005. Nesse caso, os sistemas I, II, III, IV e V proporcionaram massa de mil grãos superior ao sistema VI. Essa diferença entre os sistemas pode estar relacionada ao rendimento do trigo, que no sistema VI foi menor.

Entre os anos de 2005 a 2007 e na média conjunta dos anos de 2003 a 2008, houve diferença para o rendimento de grãos de trigo entre os sistemas de produção com integração lavoura + pecuária. No ano de 2005, os sistemas I (3.323 kg/ha), III (3.495 kg/ha), IV (3.445 kg/ha) e V (3.395 kg/ha) proporcionaram maiores rendimentos de grãos do que o sistema VI (2.784 kg/ha). Contudo, o sistema II (3.261 kg/ha) foi similar ao sistema VI para rendimento de grãos. No ano de 2006, os sistemas III (3.379 kg/ha) e V (3.340 kg/ha) foram superiores aos demais quanto ao rendimento de grãos. No ano de 2007, o sistema V (2.130 kg/ha) destacou-se em relação aos sistemas I (1.639 kg/ha), II (1.687 kg/ha), III (1.624 kg/ha) e VI (1.396 kg/ha), e não diferiu do sistema IV (1.924 kg/ha). Nesse ano, os rendimentos de grãos de trigo foram relativamente baixos devido ao ataque de giberela (*Gibberella zeae*). Além disso, essa diferença - a maior do sistema V - nesses períodos, pode ser atribuída às culturas de ervilhaca e soja, que antecederam ao trigo.

Na média conjunta dos anos de 2003 a 2008, os sistemas II (2.614 kg/ha), III (2.721 kg/ha), IV (2.653 kg/ha) e V (2.743 kg/ha) resultaram em maior rendimento de grãos de trigo em comparação ao sistema VI (2.394 kg/ha). O menor rendimento de grãos do trigo, verificado no sistema VI, em relação aos demais, pode ser devido a não observação do intervalo de rotação de culturas, já que o trigo, nesse sistema foi semeado sempre após o trigo de duplo propósito. Santos et al. (1996), estudando sistemas de produção, em Guarapuava, PR, sob sistema plantio direto, verificaram menor rendimento de grãos no cultivo de trigo todo ano, em comparação a um, dois e três invernos sem trigo. No estudo desenvolvido por Santos et al. (1998), em Passo Fundo, RS, o menor rendimento de grãos, também, manifestou-se no cultivo de trigo todo ano, em relação a um, dois e três invernos sem trigo; a dois invernos sem e dois com trigo; e a três invernos sem e dois com trigo. De acordo com esses mesmos autores, a rotação de culturas permite produzir e estabilizar o rendimento de grãos pela diversificação de espécies, devido à menor incidência das doenças do sistema radicular do trigo.

Deve-se considerar que, de maneira geral, as espécies possuem um estágio de desenvolvimento no qual a deficiência hídrica causa maior redução no rendimento de grãos. No caso de trigo, isso ocorre do estágio de folha-bandeira ao estágio de antese, que, nas condições da região sul-brasileira, na maioria das vezes, manifesta-se no final de agosto (Rodrigues et al., 1998). 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 para o período é de 822 mm (Brasil, 1992). Em estudo conduzido, no período de 1998 a 2002, a precipitação pluvial foi baixa, sendo que no mês de agosto de 1999 foi somente 19 mm. Na maioria desses anos ocorreu precipitação pluvial abaixo do normal, principalmente em junho, mês de estabelecimento da cultura de trigo na região de Passo Fundo, RS. Isso pode explicar, em parte, a diferença em rendimento de grãos entre sistemas conservacionistas de manejo de solo (sistema plantio direto: 3.632 kg/ha e cultivo mínimo: 3.664 kg/ha) e sistemas convencionais de preparo de solo

(com arado de discos: 3.393 kg/ha e com arado de aivecas: 3.382 kg/ha), uma vez que os primeiros apresentam condições de armazenar mais água para ser usada nos períodos mais críticos do desenvolvimento de trigo.

Santos et al. (2006), não constataram diferença no rendimento de grãos entre os sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, com trigo cultivado após pastagens anuais de inverno (aveia preta + ervilhaca ou aveia preta + ervilhaca + azevém) e de verão (milheto). Fontaneli et al. (1998), estudando sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, observaram que o trigo cultivado após aveia preta pastejada por dois invernos apresentou maior rendimento de grãos do que os demais sistemas de produção. Em outro estudo, Fontaneli e Santos (2003) verificaram que o trigo cultivado após pastagens perenes de verão (pensacola + cornichão + trevo branco + trevo vermelho) e alfafa para feno resultou em maiores rendimentos de grãos do que no sistema de produção exclusivamente de grãos.

Nos anos avaliados (2003 a 2008) e na média conjunta dos anos, não houve diferença entre os sistemas de produção com integração lavoura + pecuária quanto aos componentes da produção (número de espigas, número de grãos por espigas e massa de grãos), ao se comparar trigo para produção de grãos com trigo para duplo propósito. Entretanto, Epplin et al. (2001), nos EUA, observaram, num período de 16 safras, que o trigo cultivado em duplo propósito mostrou maior retorno líquido do que o trigo semeado somente para produção de grãos. Del Duca et al. (2001), no Brasil, estudando cultivares de trigo de duplo propósito, verificaram que os genótipos submetidos ao corte para avaliar a matéria seca mostraram maior rendimento de grãos que os não cortados. Provavelmente, essa diferença decorreu do aumento do número de perfilhos por planta de trigo. Porém, os mesmos autores, não encontram diferenças no rendimento de grãos, massa hectolétrica e de mil grãos, entre o trigo para produção de grãos e o trigo para duplo propósito.

Deve ser levado em consideração que, para os cereais de inverno de duplo propósito, em especial o trigo, e conforme a região, a semeadura deve ser no outono, antecipadamente à época preferencial dessa gramínea. Pois como possuem um período fisiológico mais longo da emergência ao espigamento (Fontaneli et al., 2006), a semeadura deve ser de 20 a 40 dias antes da época recomendada, considerando ainda ciclo da cultivar. O objetivo disso é reduzir o risco de que o florescimento e espigamento ocorram na época de ocorrência de geada (Reunião..., 2008). No presente estudo, confirmou-se que, o trigo de duplo propósito não diferiu dos trigos normais quanto ao rendimento de grãos, massa hectolétrica e de mil grãos. As cultivares de trigo de duplo propósito foram semeadas de 30 a 40 dias antes das cultivares para produção de grãos.

No ano de 2004, o sistema III (2.391 kg/ha) proporcionou maior rendimento de grãos de trigo em relação ao sistema VI (1.883 kg/ha) e do trigo para duplo propósito (1.332 kg/ha). No ano de 2005, os sistemas I, II, III, IV e V (3.261 kg/ha a 3.495 kg/ha) foram superiores ao sistema VI (2.784 kg/ha) e o trigo para duplo propósito (2.750 kg/ha), quanto ao rendimento de grãos de trigo. No ano de 2006, os sistemas III (3.379 kg/ha) e V (3.340 kg/ha) proporcionaram rendimentos de grãos de trigo mais elevados, em comparação aos demais sistemas estudados. No ano de 2007, o rendimento de grãos foi maior no trigo de duplo propósito (2.694 kg/ha), em relação aos trigos somente para grãos. Nesse ano, o trigo de duplo propósito foi menos afetado pela giberela, provavelmente devido ao fato de ter sido semeado precocemente, em relação aos trigos convencionais, ou pelo efeito do pastejo, que retardou o florescimento do trigo, permitindo escapar, em parte, do período mais crítico de infecção desta pelo agente fitopatológico. No ano de 2008, o sistema III (2.986 kg/ha) e o trigo para duplo propósito (3.054 kg/ha) apresentaram maior rendimento de grãos, que os sistemas I (2.487 kg/ha), IV (2.475 kg/ha) e VI (2.398 kg/ha).

Nos anos de 2004 e 2005, os trigos para produção de grãos (73 kg/L a 80 kg/L) proporcionaram maior massa hectolétrica do que o trigo para duplo

propósito (69 kg/L e 75 kg/L). No ano de 2008, os sistemas I (77 kg/L) e II (78 kg/L) proporcionaram valor de peso do hectolitro mais elevado do que os do sistema VI (73 kg/L) e do trigo para duplo propósito (73 kg/L).

No ano de 2005, os sistemas I, II, III, IV e V destacaram-se em massa de mil grãos de trigo, em comparação ao sistema VI e ao trigo para duplo propósito. No ano de 2007, os sistemas I, II e IV foram superiores ao trigo para duplo propósito na massa de mil grãos de trigo. Deve-se levar em conta que o trigo usado para duplo propósito tem grãos menores, portanto, menor massa do que os trigos convencionais.

No geral, nos anos de 2005 (3.207 kg/ha) e 2006 (3.095 kg/ha), o rendimento de grãos de trigo foi maior do que os demais anos estudados. Por sua vez, a massa do hectolitro apresentou valor mais elevado nos anos de 2003 (78 kg/L) e 2004 (78 kg/L). Nesse caso, esses valores mantiveram-se, em média, ao redor do valor indicado para comercialização do trigo, que é acima de 78 kg/L. O ano de 2003 foi o que favoreceu maior valor de massa de mil grãos.

Além de produzir grãos, a cultura de trigo é opção de forragem verde aos animais (bovinos, ovinos e equinos), isto, sem ocorrer prejuízo no rendimento de grãos, na massa hectolétrica e na massa de mil grãos. Assim, o uso de espécies de cereais de inverno de duplo propósito favorece o sistema plantio direto, evitando perdas de solo, de nutrientes e água por erosão, contribuindo para a sustentabilidade do sistema. Além disso, propicia cobertura vegetal permanente após as culturas de verão (Del Duca et al., 1997). Assim, as cultivares de trigo de duplo propósito podem produzir farinha de trigo semelhante a dos de somente para grãos.

Conclusões

Sistemas de rotação de culturas para trigo de 1980 a 1989

O rendimento de grãos, a massa de mil grãos e a massa hectolétrica de trigo, nos sistemas de rotação/sucessão de culturas de inverno: a) trigo após colza, linho e tremoço; b) trigo após leguminosa; e c) trigo após colza, cevada e tremoço, são superiores à monocultura.

A severidade de doenças do sistema radicular do trigo é mais elevada na monocultura (57%), em relação a três anos de rotação para as sequências de trigo após colza, cevada e tremoço (34%), e trigo após colza, linho e tremoço (28%) ou, ainda, para dois anos de rotação na sequência trigo após leguminosa (28%).

O aumento da severidade de doenças do sistema radicular diminui, linearmente, o rendimento de grãos.

O preparo do solo com arado de aivecas, associado às condições meteorológicas favoráveis, produz rendimento de grãos de trigo relativamente elevado, mesmo em monocultura, diminuindo, neste caso, a diferença entre esse tratamento e os demais em rotação de culturas.

Sistemas de cultivo de trigo com aveia branca e aveia preta e o rendimento de grãos de trigo, de 1985 a 1989

A severidade das doenças do sistema radicular do trigo é maior em monocultura.

Os sistemas de cultivo não afetam o rendimento de grãos de trigo.

Sistemas de rotação de culturas para triticales de 1987 a 1991

Para rendimento de grãos de triticales, não há diferença entre os sistemas de rotação de culturas estudados. Em um dos anos estudados, a severidade das doenças do sistema radicular é maior nos tratamentos precedidos por triticales ou aveia preta no inverno anterior, em comparação com aqueles precedidos por ervilhaca seguida de milho.

Sistemas de rotação de culturas para trigo de 1987 a 1995

A rotação de culturas é eficiente no controle das doenças do sistema radicular de trigo, na região Sul do Brasil.

Não há diferenças na severidade das doenças do sistema radicular, de rendimento de grãos, da massa de grãos por planta e da massa hectolétrica do trigo entre os sistemas de rotação estudados. Indica-se compor sistemas de rotação de culturas com pelo menos um inverno sem trigo, ou ainda dois invernos com trigo desde que seguidos por dois invernos, pelo menos, sem trigo.

Sistemas de rotação de culturas para trigo ou cevada, sob sistema plantio direto de 1984 a 1993

A rotação com apenas um inverno sem trigo (trigo/soja e ervilhaca/milho ou cevada/soja e ervilhaca/milho) pode ser indicada em sistema plantio direto, na região de Guarapuava, PR.

A rotação de culturas é eficiente no controle das doenças do sistema radicular de trigo e viabiliza o sistema plantio direto na região Sul do Brasil.

Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em Passo Fundo, RS

A severidade de doenças do sistema radicular de trigo não é afetada pela rotação com pastagens anuais de inverno, em sistema plantio direto.

Não houve diferença entre as médias para rendimento de grãos de trigo.

Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, em Passo Fundo, RS

Não houve diferença entre as médias para rendimento de grãos de trigo.

Sistemas de produção de grãos com pastagens de duplo propósito, em Passo Fundo, RS

Não há diferença entre as médias dos componentes da produção de grãos de trigo (número de espigas, número de grãos por espigas e massa de grãos) entre os sistemas de produção integração lavoura-pecuária, de trigo para produção de grãos ou de trigo de duplo propósito.

Os sistemas de II (trigo/soja e aveia preta/milho), III (trigo/soja e aveia preta/soja), IV (trigo/soja e ervilha/milho) e V (trigo/soja, triticale de duplo pro-

pósito/soja e ervilhaca/soja) proporcionam maior rendimento de grãos do que o sistema VI (trigo/soja, aveia branca de duplo propósito/soja e trigo de duplo propósito/soja), no qual o trigo é cultivado somente para produção de grãos.

Não há diferença de rendimento de grãos, de massa hectolétrica e de mil grãos entre os trigos cultivados somente para produção de grãos e o trigo cultivado para duplo propósito.

Tecnologias desenvolvidas

Com base nos estudos apresentados e discutidos foram indicados os primeiros sistemas de rotação/sucessão de culturas utilizando espécies de famílias diferentes para trigo, com um, dois e três invernos sem este cereal, tais como: a) trigo após colza, linho e tremoço; b) trigo após leguminosa; e c) trigo após colza, cevada e tremoço.

Nas décadas de 1980 e 1990, do ponto de vista fitopatológico, tanto a aveia branca quanto a aveia preta foram indicadas para cultivos em sistemas de rotação com a cultura do trigo, pois ambas foram, praticamente, imunes ao mal-do-pé e apresentavam baixa infecção por podridão comum de raízes.

Com os estudos realizados na Embrapa Trigo, em Passo Fundo e em Guapuva, PR, o período de intervalo de rotação indicado para trigo, que antes era de três anos, passou para dois anos.

O uso do azevém deve ser evitado em rotação com trigo, pois, além de perpetuar a podridão comum de raízes, pode tornar-se planta daninha para a cultura seguinte, além de reduzir o rendimento de grãos.

Nos trabalhos desenvolvidos pela Embrapa Trigo, permitiu indicar a necessidade de um inverno sem trigo, cevada ou triticales (trigo/soja e ervilhaca/

milho; trigo/soja e pastagem de aveia preta/ervilhaca), como sistemas de produção mais relevantes para as condições sul-brasileiras.

No trabalho pioneiro no Brasil, com estudos em experimentos de longa duração sobre sistema de produção de grãos com trigo, com sistema plantio direto e com análise econômica e de risco, foi indicada a semeadura do trigo por dois invernos seguidos, deixando-se dois invernos de rotação (exemplo: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho).

No período em que os estudos foram conduzidos, não havia trabalhos conduzidos em experimentos de longa duração com sistemas de rotação de culturas, em sistema plantio direto, na região de Guarapuava, PR. Esse trabalho, juntamente com outros que foram desenvolvidos pela Embrapa Trigo, permitiu indicar a necessidade de um inverno sem trigo ou cevada (trigo/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja e pastagem de aveia preta/ervilhaca), em sistema plantio direto.

O uso de cereais de inverno de duplo propósito pode viabilizar economicamente a integração lavoura-pecuária, tornando a atividade agrícola mais estável e equilibrada em seus componentes.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, DF, 1992. 84 p.

DEL DUCA, L. J. A.; MOLIN, R.; ANTONIAZZI, N. **Resultados da experimentação de genótipos de trigo para aptidão a duplo propósito no Paraná, em 2000**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 44 p. (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 6).

DEL DUCA, L. J. A.; RODRIGUES, O.; CUNHA, G. R.; GUARIENTE, E.; SANTOS, H. P. dos. Desempenho de trigos e aveia preta visando duplo propósito (forragem e grão) no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p. 177-178.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (IAPAR. Circular, 73).

DIEHL, J. A.; KOCHHANN, R. A.; TINLINE, R. D. Sistemas de cultivo sobre podridão comum de raízes e mal-do-pé do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 235-241, 1983.

EPPLIN, F. M.; KRENZER JR., E. G.; HORN, G. Net returns from dual-purpose wheat and grain-only wheat. **Journal of the ASFMRA**, p. 8-14, 2001. Disponível em: <http://portal.asfmra.org/userfiles/file/journal/epplin8_14.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2018.

FERNANDEZ, M. R.; SANTOS, H. P. dos. Incidence of some wheat pathogens in living and dead gramineous and nongramineous winter crps in Southern Brasil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo. **Conservation tillage for subtropical areas: proceedings**. Passo Fundo: CIDA/EMBRAPA-CNPT, 1990. p. 154-166.

FONTANELI, R. S.; FREIRE JUNIOR, N. Avaliação de consorciação de aveia e azevém-anual com leguminosas de estação fria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 5, p. 623-630, maio 1991.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos. Rendimento de grãos de trigo em sistemas de produção envolvendo pastagens anuais e perenes, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 4, p. 353-356, 2003.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; PIRES, J. L. F.; RODRIGUES, O. Estabelecimento e manejo de cereais de inverno de duplo propósito. In: SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. (Org.). **Cereais de inverno de duplo propósito para a integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. Cap. 1, p. 15-35.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; AMBROSI, I. Efeito da rotação de culturas com pastagens anuais de inverno, no rendimento de grãos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 10, p. 1581-1586, out. 1998.

LEDINGHAN, R. J. Crop rotations and common root rot in wheat. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 41, n. 3, p. 479-486, 1961.

LOBATO, J. F. P. Efeito do uso de boas pastagens e de manejo no aumento da produção animal. In: SEMINÁRIO SOBRE PASTAGENS, 1980, Porto Alegre. **De que pastagens necessitamos: anais**. Porto Alegre: FARSUL, 1980. p. 189-215.

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D. C.; CUNHA, G. R. da; SANTOS, M. L. V.; FARIAS, J. R. B.; BARNI, N. A. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. Cap. 3, p. 33-47.

MEDEIROS, R. B. de. Efeito das pastagens nas rotações agrícolas. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1.; SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLO DO PLANALTO, 3., 1983, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF/PIUCS, 1984. p. 183-217.

OLIVEIRA, D. de. **Evapotranspiração máxima e necessidade de água para irrigação de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e de trigo (*Triticum***

aestivum L.) determinadas por balanço hídrico para seis locais do Paraná. 1990. 155 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PIENING, L. J.; ORR, D. Effects of crop rotation on common root rot of barley. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 10, n. 1, p. 61-65, 1988.

REIS, E. M.; BAIER, A. C. Efeito do cultivo de alguns cereais de inverno na população de *Helminthosporium sativum* no solo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 311-315, 1983.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BLUM, M. M. C.; SANTOS, H. P. dos; MEDEIROS, C. A. Efeitos de práticas culturais na severidade de manchas foliares do trigo e sua relação com a incidência de fungos patogênicos na semente colhida. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 407-412, 1997.

REIS, E. M.; FERNANDES, J. M. C.; PICININI, E. C. **Estratégia para o controle de doenças do trigo.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1988. 50 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 7).

REIS, E. M.; KOHLI, M. M. Wheat diseases in South America and strategies for their control. In: REGIONAL WHEAT WORKSHOP FOR EASTERN, CENTRAL AND SOUTHERN AFRICA, 8., 1993, Kampala, Uganda. **Developing sustainable wheat production systems: proceedings.** Addis Ababa, Ethiopia: CIMMYT, 1994. p. 153-163.

REIS, E. M.; SANTOS, H. P. dos. The increased sporulation of *Cochliobolus sativus* on above-ground tissues of small grains and its relationship to the origin of inoculum the soil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 12, n. 3, p. 206-208, 1987.

REIS, E. M.; SANTOS, H. P. dos. Interações entre doenças de cereais de inverno e sistema plantio direto. In: PLANTIO direto no Brasil. Passo

Fundo: Aldeia Norte, 1993a. p. 105-110. Editado por: EMBRAPA-CNPT, FUNDACEP-FECOTRIGO, Fundação ABC.

REIS, E. M.; SANTOS, H. P. dos. População de *Helminthosporium sativum*, no ar quantificada através de armadilha tipo cata-vento.

Fitopatologia Brasileira, v. 10, n. 3, p. 515-519, 1985.

REIS, E. M.; SANTOS, H. P. dos. Potencialidade de controle de doenças de cereais de inverno por rotação de culturas. In: SIMPÓSIO DE AGRICULTURA ECOLÓGICA, 1., 1993, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 1993b. p. 99-115.

REIS, E. M.; SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Rotação de culturas. I. Efeito sobre doenças radiculares do trigo nos anos 1981 e 1982.

Fitopatologia Brasileira, v. 8, n. 3, p. 431-437, 1983.

REIS, E. M.; SANTOS, H. P. dos; PEREIRA, L. R. Rotação de culturas. IV. Efeito sobre mosaico e doenças radiculares do trigo em 1983.

Fitopatologia Brasileira, v. 10, n. 3, p. 637-642, 1985.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2., 2008, Passo Fundo. **Informações técnicas para a safra 2009: trigo e triticale**. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Embrapa Transferência de Tecnologia, 2008. 172 p.

REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 20., 1988, Porto Alegre. **Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo para a cultura do trigo em 1988**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT; UFRGS-FA, 1988. 76 p.

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J. C. B.; DIDONET, A. D.; MARCHESE, J. A.; SCIPIONI, C. Efeito da deficiência hídrica na produção de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 6, p. 839-846, 1998.

ROSA, O. S. **Controle integrado de doenças e de pragas do trigo no Rio Grande do Sul**: desenvolvimento, resultados e perspectivas. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1988. 24 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 9).

SANTOS, H. P. dos. Efeitos da rotação de culturas no rendimento de grãos de trigo. In: CUNHA, G. R.; BACALTCHUK, B. (Org.). **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul**: Porto Alegre: Assembléia Legislativa, Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo; Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. p. 355-367. (Série Culturas, n. 02).

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; CAIERÃO, E.; SPERA, S. T.; MALDANER, G. L. Rendimento de grãos de trigo de duplo propósito, em sistemas de produção integração lavoura-pecuária, sob plantio direto. In: TRIGO: resultados de pesquisa - safra 2008. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 59-74. (Embrapa Trigo. Documentos, 87).

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O.; AMBROSI, I. **Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 128 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 69).

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.

SANTOS, H. P. dos; PEREIRA, L. R.; REIS, E. M.; GASSEN, D. N.; PRESTES, A. M.; VIEIRA, S. A. **Sistemas de cultivo para cevada**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1985. 11 p. (Embrapa-CNPT. Projeto nº 805.05.025/2).

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 212 p.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Sistemas de cultivo de trigo com azevém e aveia preta para forragem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 10, p. 1571-1576, out. 1994.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Sistemas de cultivo para trigo com aveias brancas e aveias pretas para rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 69-73, jan. 1995.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E.M.; BAIER, A. C. Sistemas de cultivo para triticales. I. Efeitos no rendimento de grãos e nas doenças do sistema radicular do triticales, e outras culturas de verão, em plantio direto, 1987 e 1988a. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE TRITICALE, 3., 1989, Cascavel. **Anais...** Cascavel: OCEPAR, 1990a. p.235-244.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; LHAMBY, J. C. B.; SANDINI, I. Características agronômicas e controle de doenças radiculares da cevada, em sistema plantio direto em rotação com outras culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 11, p. 1297-1303, 1995.

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.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; PEREIRA, L. R. Rotação de culturas. XVII. Efeitos no rendimento de grãos e nas doenças do sistema radicular do trigo de 1980 a 1987. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 11, p. 1.627-1.635, nov. 1990b.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; VIEIRA, S. A.; PEREIRA, L. R. **Rotação de culturas e produtividade do trigo no RS**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987. 32 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 8).

SELMAN, M. Experiments in continuous wheat. Part I. The effect of break crops introduced into a run of continuous wheat (Sykes' Field). **Experimental Husbandry**, v. 29, n. 1, p. 1-7, 1975.

SIEWERDT, L. Fenação e espécies recomendáveis. In: SEMINÁRIO SOBRE PASTAGENS, 1980, Porto Alegre. **De que pastagens necessitamos**: anais. Porto Alegre: FARSUL, 1980. p. 158-163.

SLOPE, D. B.; ETHERIDGE, J. Grain yield and incidence of Take-all (*Ophiobolus graminis* Sacc.) in wheat grown in different crop sequences. **Annals of Applied Biology**, v. 67, n. 1, p. 13-22, 1971.

SLOPE, D. B.; ETHERIDGE, J.; WILLIAMS, R. J. B. Grain yield and incidence of Take-all and eyespot in winter wheat grown in different crop sequences at Saxmundhan. **ROTHAMSTED Report for 1972**, Part. 2, p. 160-167, 1973.

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.

TURNER, E. M. C. The nature of the resistance of oats to the take-all fungus. III. Distribution of the inhibitor in oat seedlings. **Journal of Experimental Botany**, v. 11, n. 3, p. 403-412, 1960.

ZENTNER, R. P.; SELLES, F.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I. Effect of crop rotations on yields, soil characteristics, and economic returns in Southern Brazil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo. **Conservation tillage for subtropical áreas**: proceedings. Passo Fundo: CIDA/EMBRAPA-CNPT, 1990. p. 96-116.