

Aspectos Biológicos na Elevação do Rendimento de Grãos de Cereais de Inverno em Plantio Direto

Henrique Pereira dos Santos, Renato

Serena Fontaneli

Capítulo 2

Aspectos biológicos

Tem sido observado, em experimentos, que quando se inicia a monocultura de trigo em áreas livres de doenças do sistema radicular (mal-do-pé – *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* e podridão comum – *Bipolaris sorokiniana*), os rendimentos de grãos somente começam a declinar, com maior intensidade, após o terceiro ou quarto ano de cultivo (SANTOS & REIS, 2003). Nota-se, ainda, que a maior ou menor incidência desses patógenos estaria ligada não só a monocultura de trigo, mas também seria dependente das culturas anteriores e do sistema de manejo de solo da área em que fora implantado este cereal (SANTOS et al., 1993). A maior ou menor incidência das doenças do sistema radicular dos cereais de inverno está, portanto, vinculada às condições climáticas, de um ano para outro (SANTOS et al., 1996).

A viabilidade e a distribuição das culturas bem como os rendimentos anuais, dependem, em grande parte, do clima (MATZENAUER, 1992). Esta afirmação tem sido especialmente válida, no Brasil, quando se refere à cultura de trigo. No caso de monocultura desse cereal, quando existe condições desfavoráveis, isto é, chuvas freqüentes e temperaturas ideais para o desenvolvimento de doenças durante as fases críticas da cultura, o rendimento de grãos apresentou tendência de diminuição (REIS, 1991; SANTOS et al., 1996).

A rotação de culturas, constituindo o sistema plantio direto mantém, na superfície do solo, os resíduos culturais das diferentes espécies usadas no sistema (SANTOS et al., 1993). Entretanto, esses resíduos culturais podem multiplicar os patógenos agentes causais de doenças de cereais de inverno, como por exemplo: os parasitas biotróficos, que causam podridões radicais e manchas foliares.

Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de cereais de inverno

Os efeitos de sistemas de rotação de culturas são melhor demonstrados, em anos com excesso de precipitações pluviiais em regiões, como, por exemplo, ocorreu em Passo Fundo, RS, em 1982 (SANTOS, 1991) e em Guarapuava, PR (SANTOS et al., 1995, 1996) onde os cereais de inverno foram estabelecidos, sem rotação de culturas. Portanto, a ro-

tação de culturas visa acima de tudo, a propiciar, mesmo em anos climaticamente adversos às culturas, estabilidade de rendimentos e segurança ao produtor na obtenção da renda agrícola.

De 1987 a 1993, a severidade das doenças do sistema radicular de trigo em Guarapuava, PR, mesmo em anos considerados críticos para a cultura (1990, 1992 e 1993), atingiu valor relativamente inferior ao observado na região próximo de Passo Fundo, RS (SANTOS, 1991; REIS & KOHLI, 1994). De acordo com Santos (1991), isso pode ser explicado pela maior altitude de Guarapuava, (1.095 m), em relação à Passo Fundo, (682 m). Como a temperatura mantém-se mais baixa em Guarapuava, o desenvolvimento dos agentes causais do mal-do-pé e da podridão comum foi restringido.

Trabalhos conduzidos na Embrapa Trigo, a partir de 1980 (SANTOS et al., 1993), orientados para estudar sistemas de rotação de culturas revelaram que o rendimento de grãos de trigo, após alguns anos, cultivado em monocultura, tornou-se, praticamente nulo (em 1982), ou seja, o rendimento de grãos obtido na monocultura de trigo foi o mais baixo (0,38 t/ha), com um inverno de rotação foi intermediário (1,05 t/ha) e, com dois invernos, mais elevado (2,04 e 2,12 t/ha).

O rendimento de grãos aumentou, posteriormente, nos anos de 1984 a 1987 (SANTOS et al., 1990a), pelo preparo de solo com arado de aivecas, associado às condições climáticas favoráveis. Em 1988, o rendimento de grãos de trigo, conti-

nuou relativamente elevado (1,90 t/ha) na monocultura de trigo, mas com solo preparado com arado de discos e com o clima mantendo-se semelhante ao dos anos anteriores (REIS, 1991). Notou-se também, que as doenças do sistema radicular estavam se manifestando em menor intensidade e nas fases menos críticas da cultura. Mesmo nessas condições, as doenças do sistema radicular ocorreram com maior intensidade na monocultura de trigo (44 %), em comparação aos demais sistemas que envolvem rotação de culturas.

Em trabalho desenvolvido por Santos et al. (1996), em Guarapuava, PR, sob plantio direto, também 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 de 1987 e 1991, quando a precipitação pluvial (568 mm e 590 mm, respectivamente) esteve acima da média requerida para trigo, em Ponta Grossa, PR, para semeadura no mês de junho foi de 269 a 311 mm (OLIVEIRA, 1990), não houve diferenças significativas entre as médias de severidade de doenças do sistema radicular e do rendimento de grãos do trigo nos sistemas de rotação estudados. Nos anos: 1990 (Fig. 1 e 2), 995 mm; 1992 (Fig. 3 e 4), 863 mm; e 1993 Fig. 5 e 6), 1.026 mm, em que a precipitação pluvial esteve acima da normal (849 mm), houve diferenças entre as médias do rendimento de grãos. Trigo produziu menos em monocultura do que com um, dois e três invernos sem esse cereal.

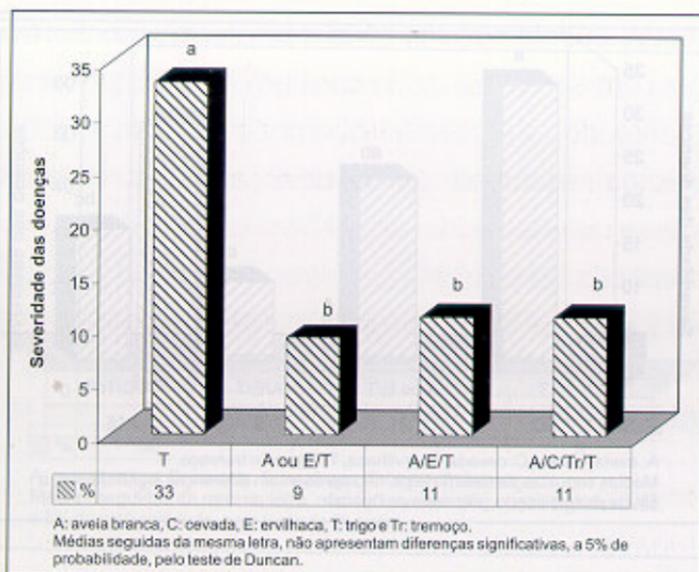


Fig. 1. Efeito de sistemas de rotação de culturas na severidade das doenças do sistema radicular de trigo (%), sob plantio direto, em 1990. Fonte: Santos et al., 1996.

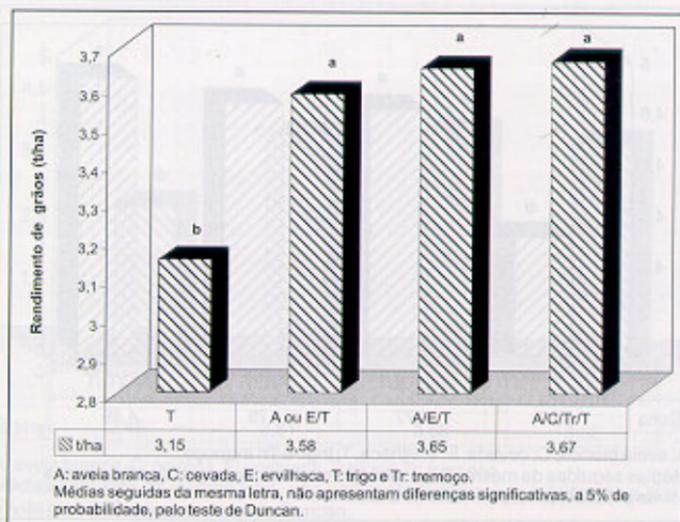


Fig. 2. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de trigo (t/ha), sob plantio direto, em 1990. Fonte: Santos et al., 1996.

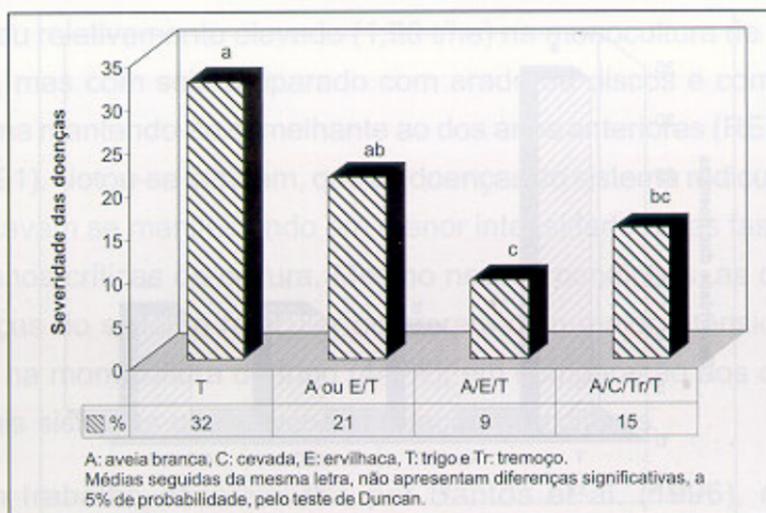


Fig. 3. Efeito de sistemas de rotação de culturas na severidade das doenças do sistema radicular de trigo (%), sob plantio direto, em 1992.

Fonte: Santos et al., 1996.

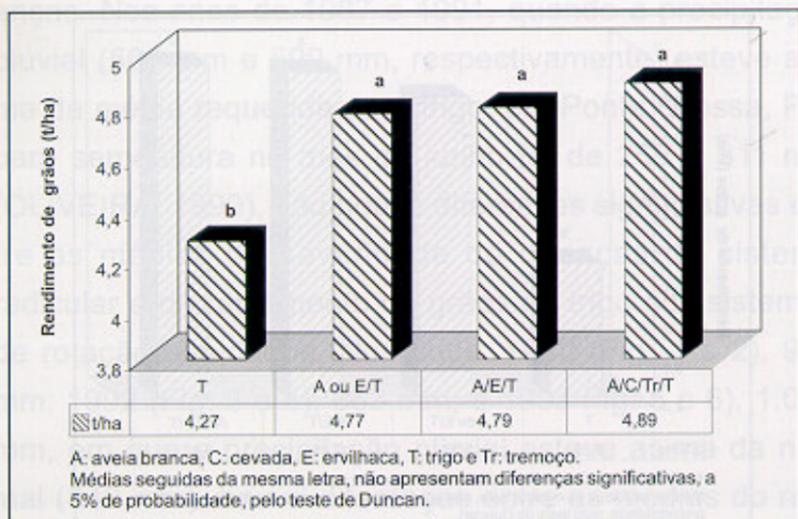


Fig. 4. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de trigo (t/ha), sob plantio direto, em 1992.

Fonte: Santos et al., 1996.

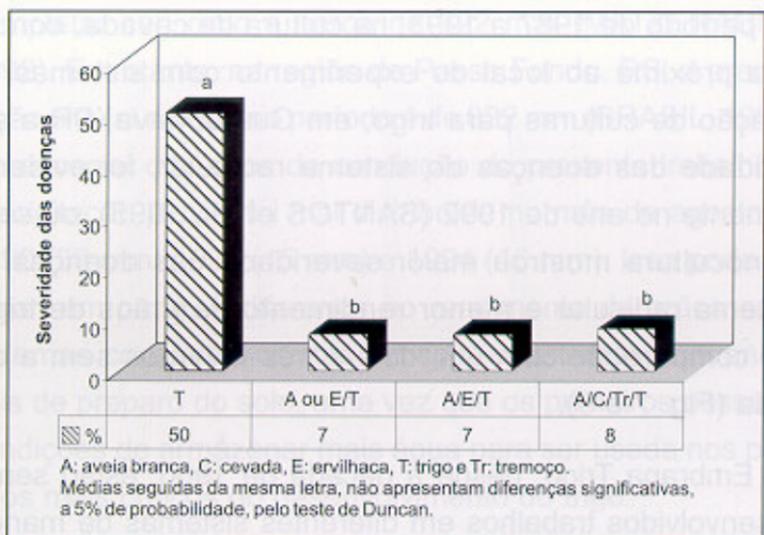


Fig. 5. Efeito de sistemas de rotação de culturas na severidade das doenças do sistema radical de trigo (%), sob plantio direto, em 1993.

Fonte: Santos et al., 1996.

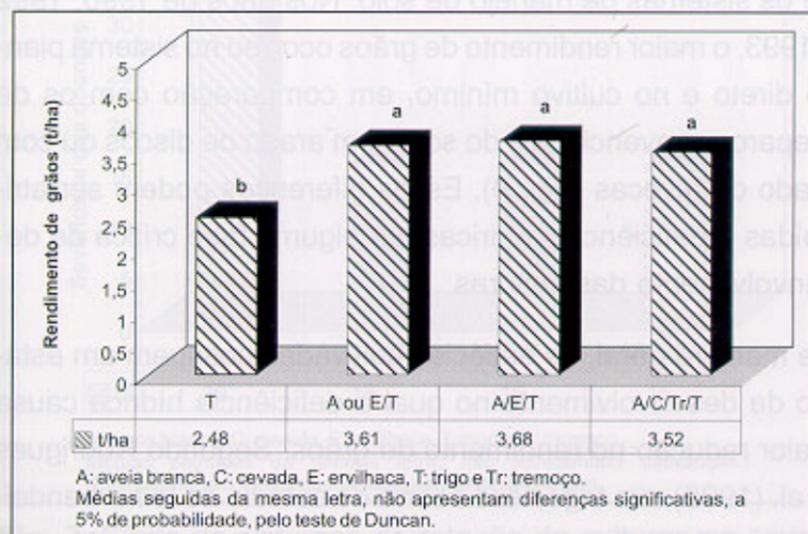


Fig. 6. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de trigo (t/ha), sob plantio direto, em 1993.

Fonte: Santos et al., 1996.

No período de 1987 a 1993, na cultura de cevada, conduzida próxima ao local do experimento com sistemas de rotação de culturas para trigo, em Guarapuava, PR a severidade das doenças do sistema radicular, foi evidente somente no ano de 1992 (SANTOS et al., 1995), ou seja, monocultura mostrou maior severidade das doenças do sistema radicular e menor rendimento de grãos de trigo, em comparação com um, dois e três invernos sem a cevada (Fig. 7 e 8).

Na Embrapa Trigo, desde a década de 1980, estão sendo desenvolvidos trabalhos em diferentes sistemas de manejo de solo e sistemas de rotação de culturas para trigo (SANTOS et al., 2000). O rendimento de grãos de trigo, nos anos de 1990, 1993 e 1994, mostrou diferenças significativas entre os sistemas de manejo de solo. Nos anos de 1990, 1992 e 1993, o maior rendimento de grãos ocorreu no sistema plantio direto e no cultivo mínimo, em comparação com os de preparos convencionais do solo com arado de discos ou com arado de aivecas (Fig. 9). Essas diferenças podem ser atribuídas à deficiências hídricas em alguma fase crítica de desenvolvimento das culturas.

De maneira geral, as espécies cultivadas possuem um estágio de desenvolvimento no qual a deficiência hídrica causa maior redução no rendimento de grãos. Segundo Rodrigues et al. (1998), em 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. A quantidade de precipitação pluvial requerida para o trigo

completar seu ciclo é cerca de 322 mm (MATZENAUER, 1992). Entretanto, na região de Passo Fundo, RS, a precipitação pluvial normal no período é de 822 mm (BRASIL, 1992). No decorrer dos anos de condução do presente trabalho, a precipitação pluvial foi mal distribuída no mês de agosto de 1990 (38 mm) 1993 (15 mm) e 1994 (46 mm). Isso pode explicar, em parte, a diferença no rendimento de grãos entre sistemas conservacionistas do solo e sistemas convencionais de preparo do solo, uma vez que os primeiros possuem condições de armazenar mais água para ser usada nos períodos mais críticos do desenvolvimento do trigo.

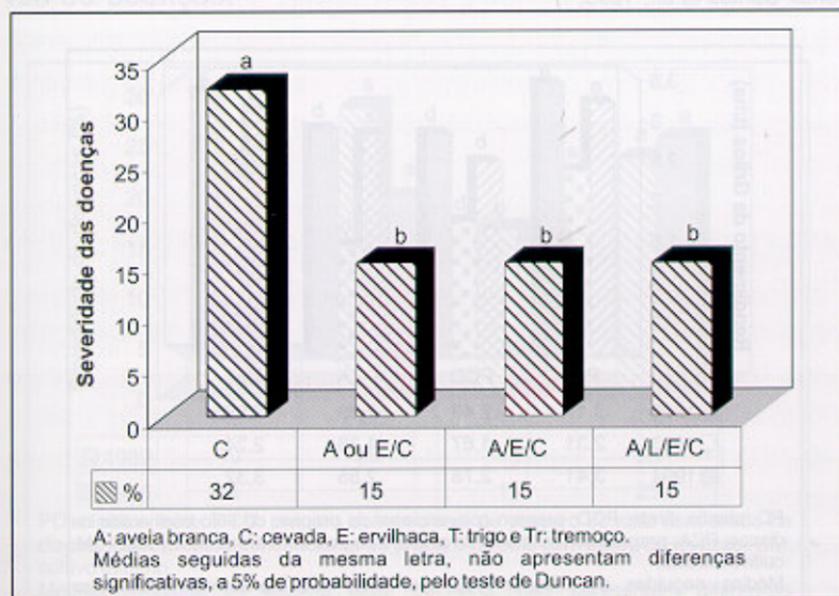


Fig. 7. Efeito de sistemas de rotação de culturas na severidade das doenças do sistema radicular de cevada (%), sob plantio direto, em 1993.

Fonte: Santos et al., 1995.

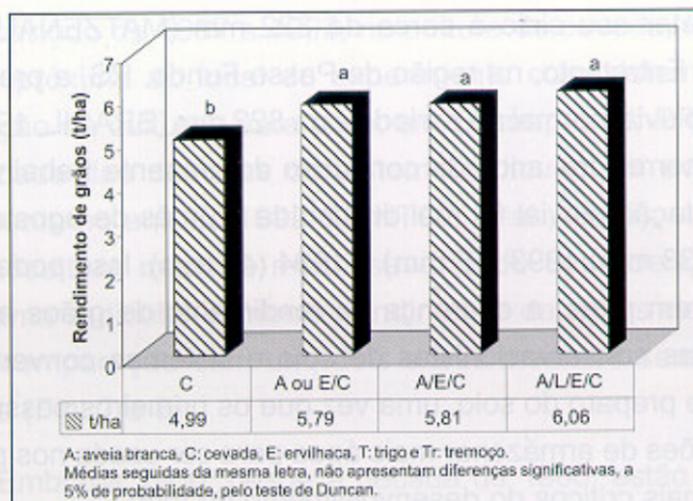


Fig. 8. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de cevada (t/ha), sob plantio direto, em 1993.
Fonte: Santos et al., 1995.

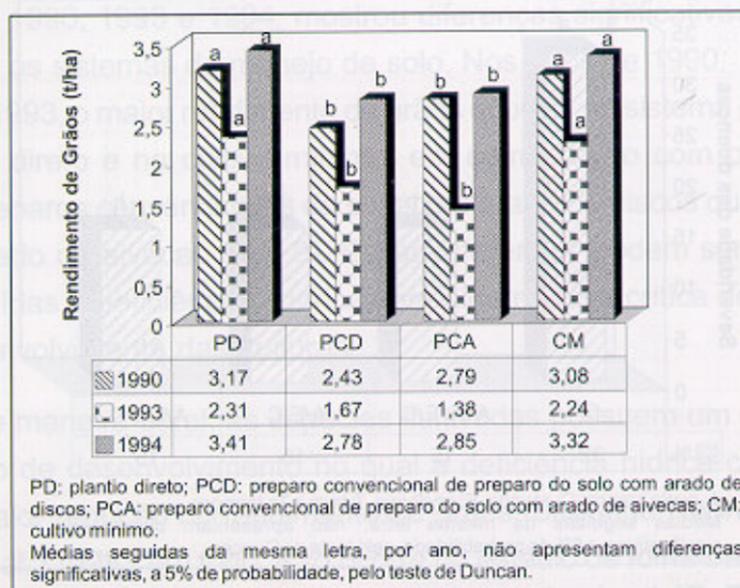


Fig. 9. Efeito de sistemas de manejo do solo no rendimento de grãos de trigo (t/ha), em 1990, 1993 e 1994.
Fonte: Santos et al., 2000.

No mesmo trabalho conduzido por Santos et al. (2000), houve em 1988, 1989, 1992 e 1995 diferença significativa de severidade das doenças do sistema radicular do trigo entre os sistemas de manejo de solo. Porém, nos anos de 1989 e 1995, os valores mais elevados manifestaram-se no sistema plantio direto, no preparo convencional do solo com arado de discos e no cultivo mínimo, em relação ao preparo convencional do solo com arado de aivecas (Fig. 10). Essas diferenças podem ser atribuídas ao fato de o arado de aivecas enterrar os resíduos culturais de trigo a uma profundidade maior do que nos demais sistemas de manejo do solo, tornando a decomposição mais rápida, e assim, eliminando a fonte de substrato de multiplicação de patógenos causadores de doenças.

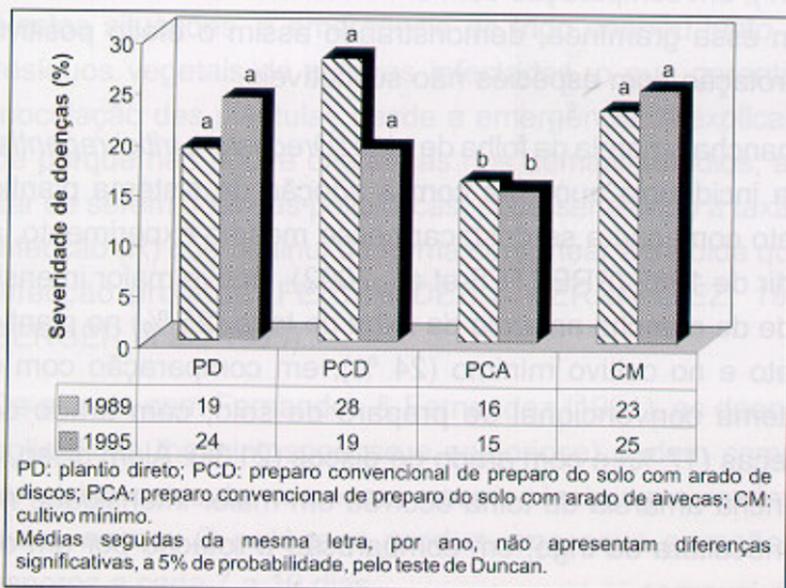


Fig. 10. Efeito de sistemas de manejo do solo na severidade de doenças do sistema radicular de trigo (%), em 1989 e 1995. Fonte: Santos et al., 2000.

Ainda no trabalho conduzido por Santos et al. (2000), na maioria dos anos estudados, houve diferenças significativas no rendimento de grãos e na severidade de doenças do sistema radicular do trigo, decorrente dos sistemas de rotação de culturas. Em quatro dos dez anos (1992, 1995, 1996 e 1997) da década de 1990, o sistema de rotação de culturas com dois invernos sem trigo mostrou rendimento de grãos mais elevados do que sob monocultura e sob um inverno sem trigo. Além disso, em outros quatro dos dez anos (1990, 1991, 1993 e 1994), os sistemas de rotação de culturas mostraram rendimentos de grãos maiores, em comparação com o trigo sob monocultura. Os índices mais elevados de severidade do mal-do-pé e de podridão-comum de raízes ocorreram na monocultura de trigo (1988, 1991, 1992, 1994, 1995, 1996 e 1997), em comparação com um inverno e com dois invernos sem essa gramínea, demonstrando assim o efeito positivo da rotação com espécies não suscetíveis.

A mancha amarela da folha de trigo (*Drechslera tritici-repentis*) cuja incidência aumenta com a adoção do sistema plantio direto começou a se destacar nesse mesmo experimento, a partir de 1989 (PRESTES et al., 2002). Houve maior intensidade de mancha amarela da folha de trigo (25 %) no plantio direto e no cultivo mínimo (24 %), em comparação com o sistema convencional de preparo de solo, com arado de aivecas (17 %) e com arado de discos (21 %). Além disso, a mancha amarela da folha ocorreu em maior intensidade na monocultura de trigo, em comparação à rotação por um ou dois invernos.

No trabalho conduzido por Prestes et al. (2002), a incidência e a severidade da mancha amarela (*Drechslera tritici-*

repentis), da helmintosporiose (*Bipolaris sorokiniana*) e da septoriose (*Septoria nodorum*) foram avaliadas em quatro estádios da cultura de trigo (perfilhamento, alongamento, emborrachamento e floração). O número de dias entre uma avaliação e outra, variou de um ano para outro. A incidência e a severidade das manchas foliares foram maiores sob monocultura e sob plantio direto, principalmente nos estádios de perfilhamento e de alongamento de trigo. De maneira geral, a menor incidência e severidade das doenças foliares de trigo, ocorreram na condição de rotação de culturas por um ou dois invernos. A rotação de culturas com intervalo de um inverno é suficiente para reduzir significativamente a intensidade de manchas foliares de trigo. A intensidade das doenças foi proporcional à quantidade de resíduos vegetais remanescentes em função de sistemas de manejo de solo. Nestas situações, a emergência de trigo ocorreu junto aos resíduos vegetais de culturas infectadas, o que garantiu a inoculação das plântulas desde a emergência. A explicação de porque não houve diferenças nos demais estádios, apesar de serem doenças policíclicas, pode ser devido à taxa de infecção (R) que diminui de forma curvilínea à medida que a infecção progride (FERNANDES & FERNANDEZ, 1991; BERGER et al., 1995).

De acordo com Fernandes & Fernandez (1991), as doenças policíclicas (helmintosporiose e septoriose) podem completar vários ciclos de vida numa mesma planta, uma vez instaladas nessa. O patógeno produz uma nova geração de esporos a cada 7 a 10 dias.

Isto vem demonstrar, também, o efeito benéfico de sistemas rotação de culturas e de sistemas de manejo de solo no con-

trole de doenças da parte aérea da planta de trigo. Pelo exposto pode-se visualizar que a rotação de culturas permite o controle natural de doenças de trigo, sem uso de produtos químicos específicos, ou pelo menos, reduzindo drasticamente o uso destes.

Deve-se salientar que os trabalhos desenvolvidos na região Sul do Brasil, diferem dos do restante do mundo, com algumas excessões, pois nessa região, são cultivados duas safras por ano agrícola, ambas dispensando irrigação artificial.

Efeito de sistemas de produção no rendimento de grãos de cereais de inverno

Em sistemas com integração de lavoura com pecuária, deve-se ter atenção com o azevém antecedendo trigo, triticale, cevada e centeio, pois esta forrageira transmite mais (64%) doenças do sistema radicular (mal-do-pé e podridão comum) do que a monocultura de trigo (SANTOS & REIS, 1994). Santos & Reis (1994), estudaram sistemas de rotação de culturas com trigo, na década de 1980, em Passo Fundo e obtiveram, em valores absolutos, menor rendimento de grãos de trigo em rotação com dois invernos consecutivos com azevém (2,99 t/ha). O trigo sob monocultura mostrou rendimento de grãos de 3,09 t/ha, enquanto que, o trigo em rotação com dois invernos com aveia-preta, 3,36 t/ha, ou três invernos com aveia-preta, 3,31 t/ha.

No trabalho de Santos & Reis (1995), o trigo sob monocultura mostrou maior severidade das doenças do sistema radicular

(58%), em comparação ao trigo cultivado após um inverno com aveia-preta (45%), dois invernos com aveia-preta (41%), com três invernos com aveia-preta (46%), com dois invernos com aveia branca (48%) ou com três invernos com aveia branca (37%). O rendimento de grãos de trigo não foi afetado pelos diferentes sistemas de produção envolvendo aveia preta ou branca.

Fontaneli et al. (1998), trabalhando com sistemas de produção integração lavoura + pecuária com pastagens anuais de inverno (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), não observaram diferenças significativas de 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 mostrou diferenças significativas 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 a razão 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.

O trigo cultivado após aveias tem mostrado raízes mais sadias e produzido rendimento de grãos maiores quando antece-

dido, no inverno anterior, por aveia branca ou preta, como culturas de cobertura do solo ou de produção de grãos.

Do ponto de vista agrônomico, as aveias são de fundamental importância como alternativas de inverno, em sistemas de produção com 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 por que não favorecem as doenças do sistema radicular do trigo.

Aspectos técnicos

Há mais de trinta anos, no Rio Grande do Sul, alguns técnicos, baseados em observações de lavouras e de experimentos, definiram ser a rotação de culturas um dos principais meios para alcançar maior estabilidade de rendimentos de grãos na cultura de trigo (SANTOS & REIS, 2003). De acordo com trabalhos desenvolvidos na época, a prática de rotação de culturas, seria a única medida fitossanitária de que se disporia para evitar a forte pressão de inóculo de determinados patógenos. E ainda, se constituiria em estratégia para reduzir custos de produção das lavouras, além de promover a diversificação de culturas e a consequente diminuição de risco. Seria, também, fator de manutenção ou mesmo de melhoria da fertilidade e da conservação do solo.

Durante algum tempo (1965 a 1974), houve falta de continuidade de trabalhos de pesquisa nessa área, pois a atenção estava voltada principalmente para a cultura de soja, cujo grão

alcançava elevado preço no mercado, bem como para o pacote tecnológico predominava nessa época, que recomendava utilização de fungicidas no controle de doenças no cultivo de trigo.

As doenças de trigo (mal-do-pé – *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* - e podridão comum – *Bipolaris sorokiniana*) eram responsáveis por baixos rendimentos e pela instabilidade do rendimento de grãos (REIS et al., 1988; SANTOS, 1992; SANTOS et al., 1993). Esse fato também ocorreu no demais cereais de inverno cultivados durante o inverno no sul do Brasil.

Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de cereais de inverno

A partir de 1975, a Embrapa Trigo iniciou trabalhos com espécies alternativas, visando estudar os efeitos da prática de rotação de culturas no comportamento de cinco espécies alternadas: trigo, cevada (no inverno), soja, milho e sorgo (no verão) (PEREIRA & BOUGLÉ, 1976a, 1976b). Pereira et al. (1984), relataram que, a simples alternância anual de trigo com cevada, num período de cinco anos, tendia a propiciar melhor rendimento de grãos do que quando se cultivava trigo em monocultura. Nesse trabalho, também foi verificado que a monocultura de trigo em áreas livres de doenças do sistema radicular, começava a declinar em rendimento de grãos após o terceiro ano.

Reis et al. (1983) e Santos et al. (1987; 1988) comparando a monocultura de trigo, com um ou dois invernos de intervalo,

em ano considerado satisfatório e anormal para a cultura, verificaram que as doenças do sistema radicular foram controladas pelo uso de rotação de culturas de dois invernos. A eficiência de sistemas de rotação de culturas em reduzir a intensidade das podridões radiculares em trigo, foi notadamente marcante em 1982, ano mais úmido e, portanto, mais adverso à cultura do que o de 1981, ano considerado propício ao desenvolvimento deste cereal. Em 1981, no período de junho a novembro, houve precipitação pluvial total de 665 mm, ao passo que no mesmo período de 1982 foi constatado 1.331 mm, sendo que a normal climática para a região corresponde a 994 mm. E, esses valores, ainda estão muito acima do que o trigo requer nas condições de Rio Grande do Sul, que é de cerca 312 mm (MATZENAUER, 1992).

Santos et al. (1990b), avaliando sistemas de rotação com trigo, verificaram que este cereal mostrou menor severidade de doenças do sistema radicular e maior rendimento de grãos, quando alternado com tremoço branco (*Lupinus albus* L.) e com colza (*Brassica napus* L.) do que em comparação com aveia branca e com linho (Fig. 11 e 12). Santos et al. (1988), observaram que o rendimento de grãos, o peso de 1.000 grãos e o peso do hectolitro de trigo foram superiores após colza, linho e tremoço ou serradela (*Ornithopus sativus* Brot.); após aveia e ervilhaca; trigo após colza, cevada e tremoço ou serradela do que em monocultura. Também, constataram que a monocultura de trigo afetava negativamente o rendimento de grãos e os componentes de rendimento. A análise realizada, posteriormente, no mesmo experimento por Santos et al. (1990a), confirmam esses resultados. Da mesma forma a intensidade das doenças do sistema radicular diminuía à medida que se aumentava o período de rotação.

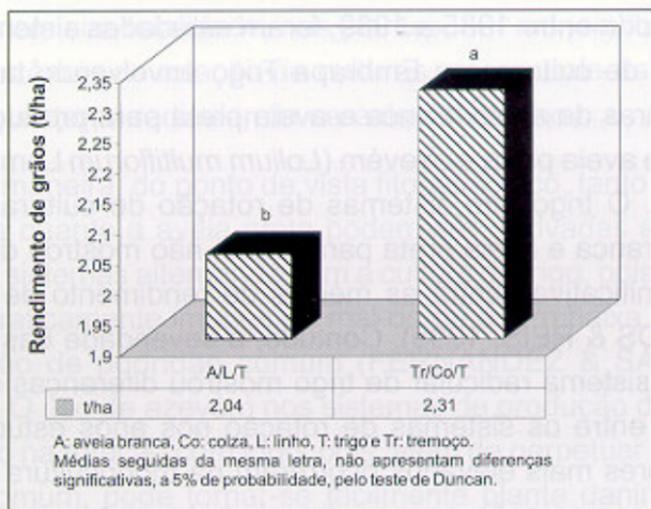


Fig. 11. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de trigo (t/ha), sob plantio direto, de 1981 a 1987.

Fonte: Santos et al., 1990b.

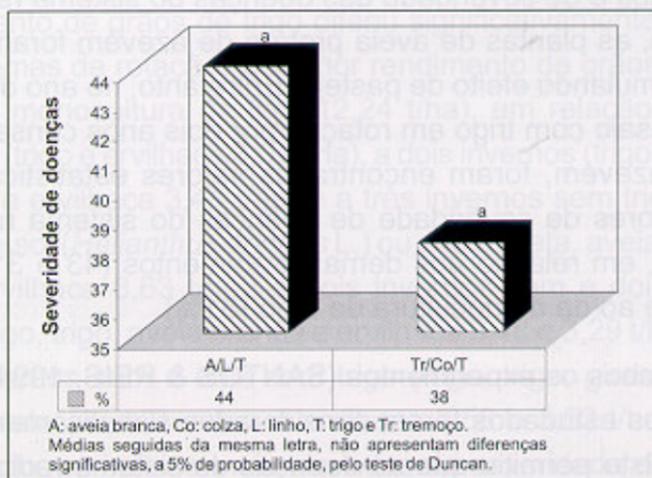


Fig. 12. Efeito de sistemas de rotação de culturas na severidade das doenças do sistema radicular de trigo (%), sob plantio direto, de 1981 a 1987.

Fonte: Santos et al., 1990b.

No período entre 1985 a 1989, foram estudados sistemas de rotação de culturas na Embrapa Trigo envolvendo também as culturas de aveia branca e aveia preta para produção de grãos, e aveia preta e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) para pastejo. O trigo, em sistemas de rotação de culturas com aveia branca e aveia preta para grãos, não mostrou diferenças significativas entre as médias de rendimento de grãos (SANTOS & REIS, 1995). Contudo, a severidade das doenças do sistema radicular de trigo mostrou diferenças significativas entre os sistemas de rotação nos anos estudados. Os valores mais elevados ocorreram na monocultura de trigo, em comparação com os demais tratamentos.

Em trigo cultivado em rotação com aveia preta e com azevém destinados ao pastejo, Santos & Reis (1994), não encontraram diferenças significativas entre as médias de rendimento de grãos e de severidade das doenças do sistema radicular, porém, as plantas de aveia preta e de azevém foram cortadas simulando efeito de pastejo. Entretanto, no ano de 1988, em ensaio com trigo em rotação por dois anos consecutivos com azevém, foram encontrados valores estatisticamente superiores de severidade de doenças do sistema radicular (70%), em relação aos demais tratamentos (43 e 31%), inclusive ao da monocultura de trigo (51%).

Em ambos os experimentos (SANTOS & REIS, 1994, 1995) os anos estudados foram considerados climaticamente normais. Isto permitiu que as doenças do sistema radicular de trigo se manifestassem com severidade relativamente baixa e somente nas fases menos críticas da cultura. Quando as condições climáticas se manifestaram desfavoráveis (excesso de umidade), doenças do sistema radicular de trigo ocor-

reram, em sua totalidade, nas plantas, em monocultura. Daí a importância de rotação de culturas, no controle das doenças do sistema radicular de cereais de inverno.

Desta maneira, do ponto de vista fitopatológico, tanto a aveia branca quanto a aveia preta podem ser cultivadas em diferentes sistemas alternando com a cultura de trigo, pois ambas são, praticamente imunes ao mal-do-pé e têm baixa taxa de infecção de podridão comum (FERNANDEZ & SANTOS, 1990). O uso de azevém nos sistemas de produção deve ser evitado na rotação com trigo, pois, além de perpetuar a podridão comum, pode tornar-se facilmente planta daninha nas culturas seguintes, além de reduzir o rendimento de grãos de trigo.

Em outro trabalho desenvolvido por Santos et al. (1998) nas regiões próximas de Passo Fundo, RS foi verificado que o rendimento de grãos de trigo diferiu significativamente entre os sistemas de rotação. O menor rendimento de grãos ocorreu em monocultura de trigo (2,24 t/ha), em relação a um inverno (trigo e ervilhaca 3,51 t/ha), a dois invernos (trigo, aveia branca e ervilhaca 3,41 t/ha) e a três invernos sem trigo (trigo, girassol (*Helianthus annuus* L.) ou aveia preta, aveia branca e ervilhaca 3,63 t/ha), a dois invernos sem e dois com trigo (trigo, trigo, aveia branca e ervilhaca 3,48 e 3,29 t/ha) e a três invernos sem e dois com trigo (trigo, trigo, girassol ou aveia preta, aveia branca e ervilhaca 3,56 e 3,53 t/ha). Por outro lado, os índices mais elevados de severidade do mal-do-pé e da podridão comum ocorreram na monocultura (50%), em comparação aos sistemas de rotação sem trigo, em um inverno (13%), dois invernos (10%) e três invernos (10%), dois invernos sem e dois com trigo (13 e 16%) e três inver-

nos sem e dois com trigo (12 e 19%). Nesses trabalhos, as culturas de inverno foram estabelecidas sob preparo convencional de solo com aração e gradagens e as culturas de verão, sob semeadura direta.

Em trabalho com sistemas de rotação de culturas no estado do Paraná, com cevada e trigo, em plantio direto, Santos et al. (1995, 1996), obtiveram diferenças significativas de rendimento de grãos, severidade de doenças do sistema radicais e componentes do rendimento (número de espiguetas, número de grãos e peso de grãos por planta). Os menores rendimentos de grãos ocorreram na monocultura de trigo - 3,01 t/ha e de cevada - 2,75 t/ha, em relação a um inverno (trigo e ervilhaca ou aveia branca: 3,36 t/ha ou cevada e ervilhaca ou aveia branca: 3,06 t/ha), a dois invernos (trigo, ervilhaca e aveia branca: 3,49 t/ha ou cevada, ervilhaca e aveia branca: 3,16 t/ha) e a três invernos sem essas gramíneas (trigo, ervilhaca, cevada e aveia branca: 3,36 t/ha ou cevada, aveia branca, linho e ervilhaca: 3,34 t/ha). Os índices mais elevados de severidade do mal-do-pé e da podridão comum manifestaram-se nas monoculturas de cevada e de trigo (32 e 39%), em comparação àqueles obtidos com rotações que continham um inverno (15 e 12%), dois invernos (15 e 9%) e três invernos sem esses cereais (15 e 11%), respectivamente.

Os resultados de rendimento de grãos de trigo, de 1988 a 1997 e 1998 a 2002, em relação aos diferentes sistemas de manejo de solo, ou seja, os tratamentos de trigo estabelecidos sob plantio direto (2,73 e 2,29 t/ha) e cultivo mínimo (2,46 e 2,29 t/ha), mostram que, nesses sistemas, trigo obteve maior rendimento do que sob sistema convencional de preparo de solo (arado de discos: 2,46 e 2,02 t/ha e de aivecas: 2,41 e 1,93 t/ha) (SAN-

TOS et al., 2000, 2006b, respectivamente). Deve ser considerado, que nesses dois períodos avaliados, o trigo foi semeado em três sistemas (monocultura, um e dois invernos sem a cultura). Grande parte dessa diferença pode ser atribuída ao não revolvimento do solo e à manutenção de cultivo mínimo, pois na maioria dos anos houve períodos relativamente secos durante o crescimento e desenvolvimento pleno de trigo, nesses casos, as lavouras enfrentaram menor estresse hídrico. Os mesmos autores, também evidenciaram que, houve diferenças entre médias da severidade das doenças do sistema radicular e do rendimento de grãos de trigo nos diferentes sistemas de rotação de culturas.

A monocultura de trigo mostrou menor rendimento de grãos de trigo. A rotação com um inverno sem trigo mostrou valores intermediários e a rotação com dois invernos destacou-se (Fig. 13 e 14) (SANTOS et al., 2000, 2006b, respectivamente). Em três dos quatro anos, trigo com um inverno de rotação foi semeado após sorgo. Provavelmente houve efeito alelopático de milho ou sorgo sobre trigo (TRIÑANES SCHAFFNER & URIARTE BREGANTE, 1984) (Fig. 15 e 16).

Com relação à intensidade das doenças do sistema radicular de trigo, de 1988 a 1997 e 1998 a 2002, ocorreram diferenças significativas entre médias em distintos sistemas de manejo de solo e sistemas de rotação de culturas. O plantio direto (23 e 14%), o cultivo mínimo (24 e 14%) e o preparo convencional de solo com discos (25 e 12%) mostraram valor mais elevado de intensidade de doenças do sistema radicular do que o sistema convencional de preparo de solo com arado de aivecas (20 e 13%) (Santos et al., 2000, 2006b, respectivamente). Na primeira avaliação dessa sequência de estudo,

de 1988 a 1997, a hipótese aceitável para esclarecer a diferença entre os sistemas conservacionistas de manejo de solo e os de preparo convencional, ou seja, o trigo cultivado sob cultivo mínimo, sob plantio direto, sob preparo convencional com arado de discos e com severidade das doenças do sistema radicular mais elevadas do que em trigo cultivado sob preparo convencional com arado de aivecas, seria a intensidade de revolvimento do solo provocadas pelas aivecas, que teria enterrado com maior eficiência os propágulos desse complexo de doenças fitopatológicas (SANTOS et al., 2000).

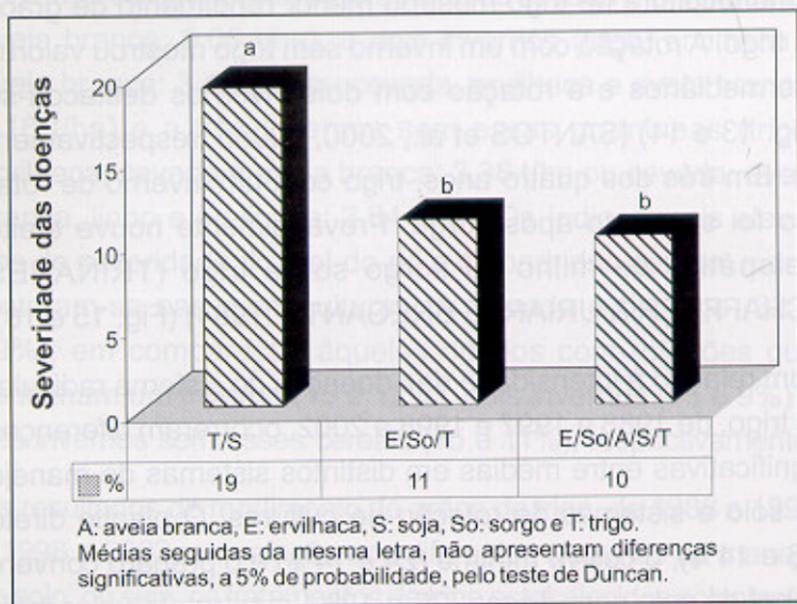


Fig. 13. Efeito de sistemas de rotação de culturas na severidade das doenças do sistema radicular de trigo (%), de 1988 a 1997.

Fonte: Santos et al., 2000.

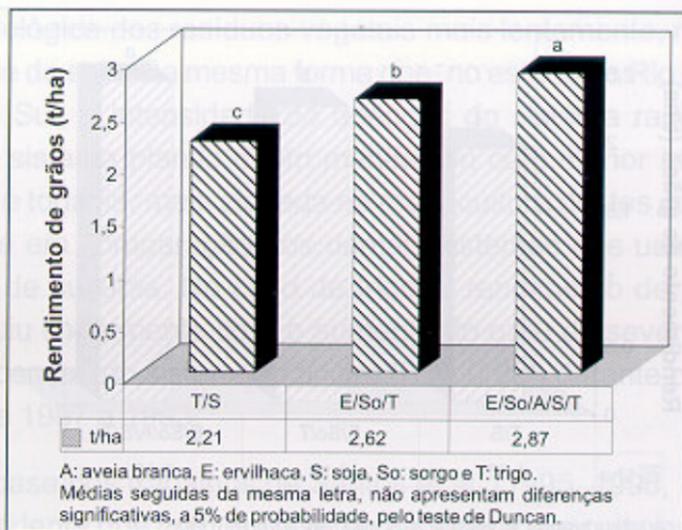


Fig. 14. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de trigo (t/ha), de 1988 a 1997.

Fonte: Santos et al., 2000.

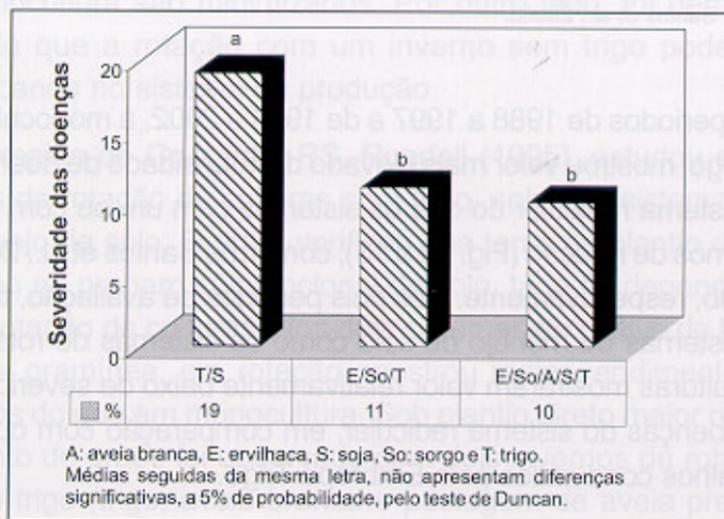


Fig. 15. Efeito de sistemas de rotação de culturas na severidade das doenças do sistema radicular de trigo (%), de 1998 a 2002.

Fonte: Santos et al., 2006b.

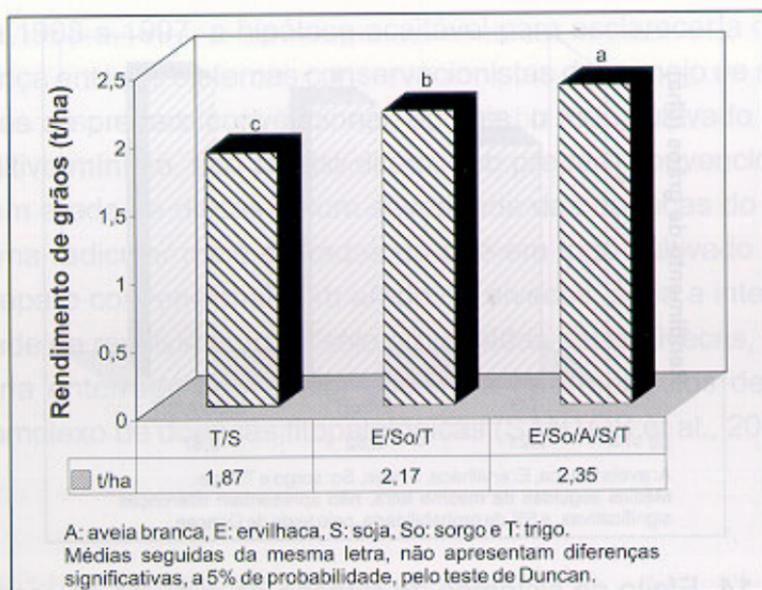


Fig. 16. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de trigo (t/ha), de 1998 a 2002.

Fonte: Santos et al., 2006b.

Nos períodos de 1988 a 1997 e de 1998 a 2002, a monocultura de trigo mostrou valor mais elevado de intensidade de doenças do sistema radicular do que os sistemas com um ou com dois invernos de rotação (Fig. 12 e 13), conforme Santos et al., 2000, 2006b, respectivamente. Nos dois períodos de avaliação, tanto os sistemas de manejo de solo como os sistemas de rotação de culturas mostraram valor relativamente baixo de severidade de doenças do sistema radicular, em comparação com outros trabalhos conduzidos pela Embrapa Trigo.

Assim, fica evidente que sistemas de rotação de culturas com espécies não-suscetíveis às doenças necrotróficas reduzem os aspectos inconvenientes do sistema plantio direto, em relação ao aumento de doenças, por possibilitar a decomposi-

ção biológica dos resíduos vegetais mais lentamente, na superfície do solo. Da mesma forma que, no estado do Rio Grande do Sul, a intensidade de doenças do sistema radicular, que o sistema plantio direto manifestou com menor intensidade, é todavia, mais elevada na monocultura destes cereais do que em comparação aos demais sistemas que usam rotação de culturas. No caso de trigo, o rendimento de grãos diminuiu linearmente com o aumento do grau de severidade das doenças do sistema radicular ($R^2 = 0,92$), durante o período de 1987 a 1993.

Com base nos trabalhos de Santos et al. (1995, 1996, 1998) fica evidente que com um inverno de rotação de culturas, sob sistema plantio direto e utilizando espécies não suscetíveis, a severidade das doenças prevalentes no sistema radicular de cevada ou de trigo e a redução no rendimento de grãos na monocultura são minimizados. Por outro lado, foi demonstrado que a rotação com um inverno sem trigo pode ser indicada no sistema de produção.

Na região de Cruz Alta, RS, Ruedell (1995), estudou sistemas de rotação de culturas com trigo, sob dois sistemas de manejo de solo. O autor verificou que tanto no plantio direto como no preparo convencional de solo, trigo foi dependente de rotação de culturas. Nos dois sistemas de cultivo de trigo, essa gramínea, em rotação, mostrou maior rendimento de grãos do que em monocultura. Sob plantio direto maior rendimento de grãos foi observado com dois invernos de rotação com trigo (trigo, aveia branca e pastagem de aveia preta + ervilhaca: 2,56 t/ha). O sistema com um inverno de rotação (trigo e aveia branca: 2,40 t/ha) mostrou rendimento de grãos ligeiramente inferior, enquanto que a monocultura de trigo (1,88 t/ha) mostrou menor rendimento de grãos.

Efeito de sistemas de produção no rendimento de grãos de cereais de inverno

Fontaneli & Santos (2003), conduzindo trabalhos com sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, observaram diferenças de rendimento de grãos de trigo. O rendimento de grãos de trigo foi mais elevado quando cultivado após soja/pastagens perenes de estação quente - (3,17 t/ha), após soja/alfafa (3,03 t/ha), após soja/pastagens perenes de estação fria – pensacola + cornichão + trevo branco + trevo vermelho (2,97 t/ha) e após soja/pastagem anual de estação fria (aveia preta + ervilhaca: 2,95 t/ha). Contudo, estes dois últimos tratamentos foram semelhantes ao rendimento de grãos de trigo cultivado após soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja (2,77 t/ha) exclusiva de grãos. Essa diferença entre os sistemas pode ser explicada, em parte, pela presença de leguminosas perenes destinados ao pastejo ou corte (alfafa, cornichão, trevo branco e trevo vermelho). Em todos os tratamentos, o trigo foi cultivado com dois invernos de rotação. De acordo com os trabalhos de Cereta et al. (1994) e de Bayer & Mielniczuk (1997), o uso de leguminosa para ciclagem de nutrientes e aumento do teor de N nos sistemas pode ser estratégia para atingir a sustentabilidade na agricultura.

Santos et al. (2006a) trabalhando com sistemas integração lavoura + pecuária (pastagens anuais de inverno e de verão), não verificaram diferenças significativas entre o rendimento de grãos de trigo. Nesse caso, o trigo foi cultivado com um ou dois invernos de rotação.

A rotação de culturas além de reduzir os custos de produção das lavouras, pelo aumento do rendimento de grãos, promo-

ve diversificação de culturas e, como consequência, diminui o risco de insucesso do agricultor (SANTOS & FONTANELI, 2007). A rotação de culturas é eficiente no controle das doenças do sistema radicular de cevada e de trigo. Essa prática é mais importante sob sistema plantio direto.

Referências bibliográficas

BERGER, R. D.; HAU, B.; WEBER, G. W.; BACHI, L. M. A.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIN, L. A simulation model to describe epidemics of rust of *Phaseolus beans*. I. Development of the model and sensity analysis. **Phytopathology**, St. Paul, v. 85, p. 715-721, 1995.

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

FERNANDES, J. M.; FERNADEZ, M. R. Doenças das culturas sob manejo conservacionista. In: FERNANDES, J. M.; FERNANDEZ, M. R.; KOCHHANN, R. A.; SELLES, F.; ZENTNER, R. P. **Manual de manejo conservacionista do solo para os estudos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT: CIDA, 1991. p. 53-58. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 1).

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**, Brasília, DF. v. 33, n. 10, p. 1581-1586, 1998.

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. dos; FARIAS, J. R. B.; BARNI, N. A. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. Cap. 3, p. 33-47.

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. Tese (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PRESTES, A. M.; SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Efeitos de práticas culturais na incidência de manchas foliares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 6, p. 791-797, jun. 2002.

REIS, E. M. Potencialidade de controle de doenças de trigo e de cevada por rotação de culturas. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS DE PLANTAS, 4., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: EMBRAPA-CNPDA, 1991. p. 78-99.

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.

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**, Brasília, DF, v.33, n.6, p.839-846, 1998.

SANTOS, H. P. dos. Rotação de culturas e culturas alternativas no sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J. M.; FERNANDEZ, M. R.; KOCHHANN, R. A.; SELLES, F.; ZENTNER, R. P. **Manual de manejo conservacionista do solo para os estudos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT: CIDA, 1991. p. 21-30. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 1).

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 direto. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006a. 128p. (Embrapa Trigo. Documentos, 69).

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; PRESTES, A. M.; LIMA, M. R. Efeito de sistemas de manejos de solo e de rotação de culturas de inverno no rendimento de grãos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 12, p. 2355-2361, 2000.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; SPERA, S. T.; ÁVILA, A. Efeito de práticas culturais sobre o rendimento e outras características agronômicas de trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 667-677, 2006.

SANTOS, H. P. dos; PEREIRA, L. R.; REIS, E. M. Rotação de culturas. VIII. Efeito de sistemas de cultivo no rendimento de grãos do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 3, p. 231-237, 1988.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas. In: SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. Cap. 1, p. 11-132.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Sistemas de cultivo de trigo com aveia branca e aveia preta para rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 1, p. 69-73, 1995.

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

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: PLANTIO direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 85-103. Editado por EMBRAPA-CNPT, FUNDACEP-FECOTRIGO, Fundação ABC.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; LHAMBY, J. C. B.; SANDINI, I. Características agrônômicas e controle de doenças radiculares da cevada, em sistema plantio direto em rotação com outras culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, 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**, Brasília, DF, 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**, Brasília, DF, v. 25, n. 11, p. 1627-1635, nov. 1990.

TRIÑANES SCHAFFNER, E.; URIARTE BREGANTE, C. **Efecto residual de rastrojos de girasol, maíz, soja y sorgo en el crecimiento y producción de trigo**. Montevideo : Universidad de la Republica-Facultad de Agronomía, 1984. 196p.