

## ARTIGOS

# Efeitos da rotação de culturas na incidência de podridões radiciais e na produtividade da soja

Erlei Melo Reis, Marivane Segalin, Nara Lucia Moraes, Valeria Cecília Ghissi

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, CEP 99001-970, CP 611, Passo Fundo, RS.

Autor para correspondência: Erlei Melo Reis (erleireis@upf.br)

Data de chegada: 01/08/2013. Aceito para publicação em: 03/02/2014.

1912

### RESUMO

Reis, E.M.; Segalin, M.; Moraes, N.L.; Ghissi, V.C. Efeitos da rotação de culturas na incidência de podridões radiciais e na produtividade da soja. *Summa Phytopathologica*, v.40, n.1, p.09-15, 2014.

Em experimentos conduzidos no campo, no sistema plantio direto, nas safras de verão de 2003/04, 2004/05 e 2005/06 foram avaliados os efeitos de culturas de inverno, da rotação e da monocultura sobre a emergência de plântulas, na incidência de podridões radiciais e no rendimento de grãos da soja. Demonstrou-se não haver efeitos das culturas de inverno sobre a emergência de plântulas da soja. Quanto à incidência de podridões radiciais em monocultura foi registrada uma intensidade de até 99,2%. O maior rendimento de grãos foi obtido na soja cultivada em rotação com

uma safra com milho. Os fungos isolados do sistema radicial de plantas infectadas foram, *Macrophomina phaseolina*, *Phomopsis* sp., *Fusarium* spp. e *Colletotrichum truncata*. O solo da área experimental pode ser considerado supressivo aos fatores que reduzem a germinação, a emergência de plântulas e de morte de plântulas/plantas de soja. Quanto ao seu efeito em reduzir as podridões radiciais, ainda não se detectou efeito supressivo, porém a rotação da soja com o milho reduziu a incidência de podridões radiciais e aumentou o rendimento de grãos da soja.

**Palavras-chave adicionais:** *Glycine max*, práticas culturais, *Phomopsis* sp., *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium* spp.

### ABSTRACT

Reis, E.M.; Segalin, M.; Moraes, N.L.; Ghissi, V.C. Effects of crop rotation on root rot incidence and on soybean grain yield. *Summa Phytopathologica*, v.40, n.1, p.09-15, 2014.

In experiments carried out in the field, under no-till planting system, in 2003/04, 2004/05 and 2005/06 summer growing seasons, the effects of winter crops, rotation and monoculture on seedling emergence, root rot incidence and soybean grain yield were assessed. There were no effects of winter crops on soybean seedling emergence. As to root rot incidence on monoculture, an intensity of up to 99.2% was recorded. Grain yield was highest when soybean was cultivated in one season of rotation with corn. The

fungi isolated from the root system of infected plants were *Macrophomina phaseolina*, *Phomopsis* sp., *Fusarium* spp. and *Colletotrichum truncata*. The soil at the experimental area can be considered suppressive to factors that reduce soybean germination, seedling emergence, and seedling/plant death. Considering its effect in reducing root rot, a suppressive action has not been detected yet; however, soybean rotation with corn reduced root rot incidence and increased soybean grain yield.

**Additional keywords:** *Glycine max*, cultural practices, *Phomopsis* sp., *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium* spp.

A cultura da soja [*Glycine max* (L) Merr.] tem contribuído decisivamente para a sustentabilidade econômica da agricultura no Brasil. Sua área de cultivo está aumentando a cada ano. Um exemplo foi a safra 20011/12 que atingiu aproximadamente 25 milhões de hectares cultivados, produtividade de 2.700 kg/ha e produção de 69 milhões de toneladas (2).

Lavouras de soja no Sul do Brasil, conduzidas em monocultura e sistema plantio direto (SD), vêm apresentando redução na população inicial de plantas, devido à redução no número de plântulas emersas e ao aumento no número de plântulas mortas e de plantas com estatura reduzida, normalmente em reboleiras, mesmo sendo as sementes tratadas com fungicidas. Em geral, esses problemas se agravam quando, após a semeadura, ocorre um período de excesso hídrico associado a

altas temperaturas (> 30°C).

Segundo Gassen (Informação pessoal)<sup>1</sup>, são preocupantes os problemas nas lavouras relativos à germinação de sementes e emergência de plântulas, cuja causa provável, pode estar associada, também, ao manejo inadequado da lavoura. Fatores que determinam o estresse na planta, como temperatura do solo nu de até 68°C, semeadura profunda e espelhamento ou selamento do solo feito pelos discos da semeadora, injúria de adubo químico, também podem estar envolvidos.

Em ordem cronológica, posteriormente surgem nas lavouras as podridões radiciais. Embora não se tenha dados que quantifiquem os problemas de germinação, emergência e estabelecimento das plantas

<sup>1</sup>Informação obtida de D. GASSEN; Engenheiro Agrônomo., Cooplantio, em junho de 2006.

de soja, em todas as safras, são inúmeras as lavouras ressemeadas.

As doenças causadas por fungos infectantes de raízes com habilidade de competição saprofítica, não são controlados pela resistência genética, ou pela rotação de culturas de curta duração e o controle com fungicidas não é viável em lavouras (10). A maneira mais viável, porém a longo prazo, para reduzir os danos é o controle biológico pelo desenvolvimento da supressividade do solo através da sucessão e/ou rotação de culturas (3).

As principais podridões radiciais da soja, no sul do Brasil, são a rizoctoniose, causando a morte de plantas adultas em reboleira (*Rhizoctonia solani* Kuhn), a podridão cinzenta [*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanish], podridão negra ou de fitóftora (*Phytophthora sojae* Kauffman e Gerdeman), podridão parda da haste [*Cadophora gregata* (Allington & Chamb.) Harr. & McNew] e em menor frequência e intensidade, a podridão vermelha, ou morte súbita (*Fusarium* spp.).

Assim, os objetivos do presente trabalho foram avaliar os efeitos da sucessão e da rotação de culturas sobre a emergência de plântulas, incidência de podridões radiciais, produtividade da soja e identificar os fungos patogênicos envolvidos com os sintomas a fim de identificar práticas que contribuam para minimizar os danos causados pelas podridões radiciais na cultura da soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram obtidos em experimento de longa duração, estabelecido no Campo Experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), no SPD, na safra de inverno do ano 2000, em uma lavoura com cultivo de soja em monocultura por 10 anos. O trabalho foi planejado para ser conduzido por um período de tempo indeterminado, pois as alterações qualitativas e quantitativas desejadas na população microbiana do solo, na busca de selecionar e incrementar a população de antagonistas deve ser um fenômeno lento e cumulativo.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico com textura arenosa pertencente a unidade de mapeamento de Passo Fundo.

As culturas de inverno foram implantadas em faixas de 8,3 de largura por 80 m de comprimento e de 25 x 80 m para as culturas de verão. No inverno foram cultivadas a aveia (*Avena sativa* L.), o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), a ervilha (*Pisum sativum* L.), o nabo forrageiro [*Raphanus sativus* (L.) var. *oleifera* Metzg] e o trigo (*Triticum aestivum* L.). As três gramíneas obedecem à rotação de

culturas entre si e as duas folhas largas também entre elas. Mantém-se também um tratamento de pousio no inverno. Os tratamentos utilizados neste trabalho estão descritos no Quadro 1.

O experimento é conduzido em faixas, sendo que nas verticais são cultivadas as culturas de inverno e nas faixas horizontais as culturas de verão.

O cultivo das espécies de inverno com as de verão é cruzado de modo que cada tratamento de verão (três) foi cultivado sobre todos os tratamentos de inverno (seis) totalizando 18 combinações por bloco.

### Implantação da soja

No presente trabalho são apresentados os dados das avaliações procedidas no estabelecimento e desenvolvimento da soja nas safras 2003/04, 2004/05 e 2005/06.

Na safra 2003/04, foi utilizado o cultivar de soja convencional, Monsoy 7101 e nas seguintes a BRS 256 RR pela facilidade e economia no manejo de plantas daninhas.

As sementes foram inoculadas com *Bradirhizobium japonicum* (SEMIA 5079) e a semeadura realizada com semeadora de plantio direto Semeato com cinco linhas espaçadas de 45 cm, a 5 cm de profundidade e adubação em linha com a fórmula 0-20-20 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) 200 kg/ha, segundo a necessidade determinada pela análise do solo.

A cultura foi conduzida segundo as indicações de pesquisa para a cultura da soja.

### Emergência de plântulas

Quantificou-se a emergência de plântulas da soja em duas linhas de 5,0 m em cada parcela (5m<sup>2</sup>). As avaliações foram feitas com intervalo de cinco dias, até a estabilização da emergência.

Os resultados são apresentados como número final de plantas emergidas/m<sup>2</sup>.

### Incidência de podridões radiciais

A quantificação da incidência das podridões radiciais (PR) da soja foi feita quando as plantas encontravam-se no início da queda das folhas, nos estádios fenológicos de R6-R7 (7). Todas as plantas de duas linhas em 5,0 m (5m<sup>2</sup>) foram arrancadas e com uma faca raspou-se o sistema radicular, removendo o solo e o córtex. Foi considerada infectada a planta que apresentava descoloração dos tecidos internos das raízes independentemente da intensidade.

Os resultados são apresentados como incidência (%) de plantas com sintomas de descoloração no sistema radicular.

**Quadro 1.** Distribuição dos tratamentos no inverno (faixas verticais)

Azevém	Nabo forrageiro	Trigo	Ervilha	Pousio	Aveia branca
--------	-----------------	-------	---------	--------	--------------

Distribuição dos tratamentos no verão (faixas horizontais) (Bloco I)

Soja <sup>0</sup> - Monocultura de soja
Soja <sup>1</sup> - Cultivo da soja duas safras seguidas e rotação de um verão com milho
Soja <sup>2</sup> - Cultivo de soja duas safras seguidas e rotação de dois verões com milho

**Produtividade**

A produtividade foi determinada nas mesmas plantas removidas das parcelas nas quais foi feita a avaliação da incidência das PR. A trilha dos grãos foi feita com um debulhador estacionário acionado por motor elétrico. Finalmente os grãos foram limpos e secos numa casa-de-vegetação.

Os resultados são apresentados como rendimento de grãos em kg/ha com a umidade corrigida para 13%.

**Isolamentos de fungos de raízes**

Foram separadas 50 plantas com sintomas de podridão nos órgãos radiciais, ao acaso. A partir das raízes com sintomas foram isolados os fungos envolvidos na sintomatologia. Para isso, as raízes foram lavadas e após realizar assepsia com hipoclorito de sódio (Q-boa comercial 5%; 1:1 v:v), foram plaqueados cinco fragmentos dos tecidos internos da raiz principal de cada planta, em placas de Petri, em cada um dos diferentes meios de cultura utilizados: (I) 1/4 batata-sacarose-ágar (12 g de ágar, 50 g de batata, 5,0 g de sacarose, 0,20 g de estreptomomicina e água destilada q.s.p 1.000 mL); (II) ágar-água (12 g de ágar, 0,20 g de estreptomomicina e água destilada q.s.p. 1000 mL); (III) farinha de milho-ágar (17 g de farinha de milho, ágar e água destilada q.s.p. 1000 mL, 0,20 g de estreptomomicina) e (IV) meio semi-seletivo para *Fusarium* de Segalin & Reis (14).

O material foi incubado em câmara de crescimento com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 h, propiciado por lâmpadas fluorescentes, luz do dia 40 W, distantes 40 cm das placas. Decorridos oito dias de incubação foi realizada a identificação das colônias dos fungos com o uso de lupa binocular e de microscópio ótico.

Os resultados são apresentados como incidência (%) dos fungos isolados.

**Delineamento experimental e análise estatística**

Para que se pudessem obter todas as combinações possíveis das culturas de inverno com o cultivo da soja e do milho no verão, o experimento foi conduzido em faixas e com parcelas subdivididas com quatro repetições. Nas parcelas principais foram dispostas as culturas de verão e nas sub-parcela as culturas de inverno. No verão cultivou-se perpendicularmente a soja e o milho sobre as áreas cultivadas com as culturas de inverno mais o pousio. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Uma das táticas utilizadas na busca da supressividade foi utilizar o maior número possível de combinações ou sequências de cultivo de espécies vegetais (qualidade do substrato) para satisfazer os postulados de manejo da supressividade (3).

**Emergência de plântulas de soja**

São frequentes os danos causados em lavouras relativos à podridão de semente e morte de plântulas resultando na redução da população de plantas. No período avaliado, apenas na safra 2003/04 houve efeito dos sistemas de rotação sobre a emergência de plântulas de soja (Tabela 1).

No sistema de monocultura, as culturas de inverno onde ocorreu a maior emergência (plântulas/m<sup>2</sup>) foram o nabo com 59,0% e a aveia com 63,7%, embora não diferissem estatisticamente do pousio. A menor emergência ocorreu quando a soja foi semeada sobre os restos culturais da ervilha (37,7/m<sup>2</sup>), (Tabela 1).

Quanto às médias gerais da emergência da soja em monocultura (51,7/m<sup>2</sup>), de rotação de um ano (54,4/m<sup>2</sup>) e de rotação de dois anos (59,6/m<sup>2</sup>), a maior emergência ocorreu na rotação de dois anos (soja-milho-milho-soja), cujos valores diferiram estatisticamente da monocultura e da rotação de um ano (Tabela 1).

As culturas de inverno que produziram a maior quantidade de palha proporcionaram as melhores emergências de plântulas de soja. Esse fato, embora não quantificado, pode ser atribuído ao maior teor de água no solo como abordado por Costamilan (4). Por outro lado, fungos patogênicos, necrotróficos associados aos restos culturais da soja podem estar envolvidos com a redução da emergência na monocultura (Tabela 1).

De um modo geral ocorreu uma melhor emergência de plântulas de soja quando semeada sobre os restos culturais da aveia e do nabo (Tabela 1). Provavelmente, a quantidade de palha pode estar relacionada com a manutenção da umidade do solo e esta por sua vez com a emergência (7).

No ensaio estabelecido na safra 2004/2005, confirmou-se que sobre o resto cultural, da ervilha (42,16%) ocorreu a menor emergência de plântulas. A maior emergência ocorreu na aveia (60,37%) e no pousio (60,45%) seguido pelo nabo (56,83%) (Tabela 3).

Em relação à ervilha, embora com a baixa quantidade de palha, ocorreu a menor emergência de plântulas (Tabelas 2 e 3). Provavelmente o efeito negativo não deva estar relacionado com o efeito alelopático da ervilha sobre a soja como abordado por Pitelli (8). Por outro lado, não

**Tabela 1.** Efeito de sistemas de cultivo na emergência de plantas de soja. UPF/Passo Fundo/RS, safra 2003/04

Tratamento de inverno	Manejo de Culturas			Média
	Soja <sup>0</sup>	Soja <sup>1</sup>	Soja <sup>2</sup>	
	----- n°.m <sup>2</sup> -----			
Aveia	63,7 a	63,0 n.s.	58,0 n.s.	61,5
Azevém	48,5 bc	58,7	59,5	55,5
Ervilha	37,7 d	41,7	60,0	46,6
Nabo	59,0 a	54,2	64,2	59,1
Pousio	56,7 ab	55,0	61,5	57,7
Trigo	44,7 cd	54,0	54,0	50,9
Média	51,7 B	54,4 B	59,6 A	

CV: (%): 9,01

Letras maiúsculas comparam as médias dentro das linhas e letras minúsculas dentro das colunas, conforme o teste de Tukey ao nível de 0,05. (n.s. = não significativo). Soja<sup>0</sup>: monocultura de soja; Soja<sup>1</sup>: Rotação de soja com um ano de milho; Soja<sup>2</sup>: Rotação de soja com dois anos de milho.

se investigou se pode ser algum patógeno no resto cultural da ervilha que interferiu na emergência da soja.

Contudo, em relação à rotação de culturas, soja<sup>1</sup> e soja<sup>2</sup> apresentaram menor número de plântulas emersas no cultivo sobre os restos culturais da aveia.

Segundo Casa & Reis (10), na Região Sul do Brasil, principalmente nos planaltos, as lavouras de soja, conduzidas em SPD, têm apresentado um decréscimo na população final de plantas, devido principalmente à redução no número de plantas emersas e ao aumento no número de plântulas mortas e de plantas com estatura reduzida, normalmente em reboleiras, mesmo com as sementes tratadas com fungicidas.

### Incidência de podridões radiciais (PR)

Os valores de incidência de PR da soja ocorrentes na safra 2003/04 foram altos, variando de 71 a 95%. A menor incidência de PR na monocultura ocorreu no tratamento Soja<sup>1</sup>, estabelecida sobre o resto cultural do azevém com 71%. Quando cultivada sobre os demais restos culturais variou de 79% (Soja<sup>0</sup> trigo) a 95% (Soja<sup>1</sup> pousio e trio) (Tabela 2).

Analisando os dados da safra de 2004/2005 (Tabela 3), observou-se que a menor incidência de PR, em relação ao sistema de cultivo, foi na faixa de cultivo Soja<sup>2</sup> estabelecida sobre restos culturais do trigo com 11,1% de incidência. Já o sistema de cultivo Soja<sup>0</sup>, apresentou a maior

incidência de PR, 65,2% quando estabelecida sobre a palhada de trigo.

Quanto ao cultivo da soja sobre diferentes coberturas de inverno, a menor incidência de PR ocorreu no tratamento de cultivo Soja<sup>1</sup>, sobre a cobertura de nabo forrageiro com 19,5%. Isso pode ser explicado devido ao nabo não ser hospedeiro do complexo de fungos que causam podridões radiciais em soja. Não se observou efeitos alelopáticos dos restos culturais do nabo forrageiro sobre a soja. O nabo é da família da colza (*Brassica napus* L.) cultura que pode apresentar efeitos alelopáticos à soja (13, 15).

Na média geral do sistema de cultivo de inverno, o cultivo sobre a cobertura de aveia apresentou maior incidência, não diferindo estatisticamente da faixa sem cultivo (pousio), do azevém e do trigo, sendo que a menor incidência ocorreu sobre a faixa de cultivo de nabo forrageiro o qual não diferiu estatisticamente da ervilhaca.

Na safra de 2005/2006 (Tabela 4), a menor incidência de PR ocorreu no sistema Soja<sup>1</sup> estabelecida sobre restos culturais do trigo com 52,2%

Considerando os sistemas de cultivo da soja, as maiores incidências de PR, oscilando de 97,1 a 99,2% ocorreram no tratamento de monocultura (Soja<sup>0</sup>). Em Soja<sup>1</sup> as incidências variaram de 52,2 a 82,9% e para o sistema Soja<sup>2</sup>, de 61,1 a 75,6% (Tabela 4).

As maiores incidências de PR, tanto na safra de 2004/2005, quanto na safra de 2005/2006 ocorreram no sistema Soja<sup>0</sup> (monocultura) com 55,6 e 98,2, respectivamente. Os efeitos dos tratamentos não foram

**Tabela 2.** Incidência (%) de podridões radiciais da soja em diferentes sistemas de cultivo. UPF/Passo Fundo/RS, safra 2003/04

Tratamento inverno	Sistema cultivo			Média
	Soja <sup>0</sup>	Soja <sup>1</sup>	Soja <sup>2</sup>	
		------(%)-----		
Aveia	94,0 a	83,0 b	81,0 c	86,0
Azevém	93,0 a	71,0 c	91,0 ab	85,0
Ervilha	91,0 a	89,0 ab	86,0 bc	88,0
Nabo	90,0 a	94,0 a	87,0 abc	90,0
Pousio	93,0 a	95,0 a	93,0 a	94,0
Trigo	79,0 b	95,0 a	85,0 bc	87,0
Média	90,0 A	88,0 AB	87,0 B	-
	CV: (%) 3,76			

Letras maiúsculas comparam as médias na linha e letras minúsculas nas colunas, conforme o teste de Tukey a 0,05. Soja<sup>0</sup>: monocultura de soja; Soja<sup>1</sup>: Rotação de soja com um ano de milho; Soja<sup>2</sup>: Rotação de soja com dois anos de milho.

**Tabela 3.** Incidência (%) de podridões radiciais da soja em diferentes sistemas de cultivo. UPF/Passo Fundo/RS, safra 2004/05

Tratamento de inverno	Sistema de cultivo			Média
	Soja <sup>0</sup>	Soja <sup>1</sup>	Soja <sup>2</sup>	
Pousio	A 53,8 a	A 50,4 a	B 19,7 a	41,3
Aveia	A 65,5 a	A 49,4 a	B 20,3 a	45,1
Ervilhaca	A 48,9 a	B 25,5 ab	B 12,2 a	28,9
Azevém	A 58,5 a	A 39,5 ab	B 14,5 a	37,5
Nabo	A 42,1 a	B 19,5 b	B 12,4 a	24,7
Trigo	A 65,2 a	B 34,8 ab	C 11,1 a	37,0
Média	55,6	36,5	15,1	
	CV: (%) 33,6			

Médias seguidas da mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Soja<sup>0</sup>: monocultura de soja; Soja<sup>1</sup>: Rotação de soja com um ano de milho; Soja<sup>2</sup>: Rotação de soja com dois anos de milho.

**Tabela 4.** Incidência (%) de podridões radiciais da soja em diferentes sistemas de cultivo. UPF/Passo Fundo/RS, safra 2005/2006.

Tratamento de inverno	Sistema de cultivo			Média
	Soja <sup>0</sup>	Soja <sup>1</sup>	Soja <sup>2</sup>	
Pousio	A 99,2 a	BC 76,8 a	C 65,9 a	84,6
Aveia	A 98,9 a	BC 76,4 a	C 61,1 a	82,8
Ervilhaca	A 97,1 a	AB 77,3 a	B 73,6 a	82,2
Azevém	A 98,4 a	AB 82,9 a	B 75,6 a	6,4
Nabo	A 97,8 a	AB 81,8 a	B 71,7 a	84,5
Trigo	A 98,1 a	B 52,2 b	B 61,7 a	75,3
Média	98,2	74,6	68,3	
CV: (%) 12,8				

Médias seguidas da mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Soja<sup>0</sup>: monocultura de soja; Soja<sup>1</sup>: Rotação de soja com um ano de milho; Soja<sup>2</sup>: Rotação de soja com dois anos de milho.

suficientes para reduzir as PR a nível que não causassem danos na soja.

Pode-se observar que não houve evidência da ocorrência da supressividade do solo para as podridões radiciais, devido à alta incidência de *M. phaseolina* (Tabela 7) que pode ser explicada em virtude das condições climáticas favoráveis, déficit hídrico com alta temperatura nas duas safras consecutivas.

Na área experimental ainda não se observou a ocorrência de plantas com sintomas de “folha carijó”, característica da podridão vermelha, causada por *Fusarium* spp., da podridão parda da haste, *Cadophora gregata* e da morte em reboleira causada por *Rhizoctonia solani*. Os sintomas observados caracterizaram-se pela desfolha precoce de plantas, não em reboleira, dando a impressão de amadurecimento precoce. Não se detectou no experimento a presença de plantas mortas podendo-se deduzir que as PR ocorrentes determinaram doença crônica e não aguda. A ausência de sintomas secundários dificultou a diagnose das PR, como citado por Reis et al. (10), comportando-se como podridões silenciosas. O controle biológico, raramente elimina o patógeno, mas sim reduz sua densidade de inóculo ou sua potencialidade em causar doença, podendo ser alcançado com pouca ou nenhuma redução na população do patógeno, ou sem prevenir a infecção (1).

Em algumas situações, a rotação de cultura, do milho com a soja, não tem apresentado resultados satisfatórios, como por exemplo, para o controle da rizoctoniose e da podridão vermelha (17).

Salton et al. (12) afirmaram que os desafios do sistema plantio direto, são as doenças radiciais, principalmente devido à compactação do solo, que favorece o estresse hídrico. Por não revolver o solo, o SPD apresenta, geralmente, uma elevação da densidade do solo na camada superficial, de 0 a 10 cm, a qual, sob condições normais, não causa problemas e tende a desaparecer com o decorrer dos anos. Entretanto, se o SPD for mal conduzido (ausência de rotação de culturas e/ou de cobertura adequada do solo, semeadura em condições de excesso de umidade), pode ocorrer compactação nas camadas de 8 a 15 cm.

Wrather et al. (16) conduziram um estudo de três anos com plantas de soja em parcelas manejadas sob SPD e observaram que estas apresentaram significativamente mais podridão vermelha da raiz que em parcelas cujo preparo do solo foi realizado com disco ou com sulcador. Rupe et al. (11) sugeriram que a restrição do crescimento de raízes e o aumento do teor de umidade no solo, devido ao aumento da densidade do solo verificado nas parcelas em SPD, podem estar associados com o aumento da doença.

Pode-se deduzir que ainda não houve efeito das culturas de inverno em promover a supressividade do solo e por consequente reduzir significativamente as PR da soja. O efeito supressivo deve ser notado pela redução significativa da incidência de podridões radiciais no tratamento de soja em monocultura o que ainda não ocorreu nesse experimento.

Porém, em relação à média geral de incidência na safra 2003/04, houve efeito estatisticamente significativo em reduzir a incidência em relação a monocultura (90%), rotação de um ano (88%) e rotação de dois anos (87%) (Tabela 2). Esse efeito pode ser atribuído a rotação de culturas (Soja<sup>2</sup>) que reduz o inóculo pela eliminação dos restos culturais da soja, fonte de inóculo. Costamilan et al. (5) demonstraram que os restos culturais da soja são completamente decompostos num período de 27 meses e Reis et al. (9) em 35. Por isso, o efeito em reduzir as PR pode ser atribuído, parcialmente, a esse fato. Porém, os fungos habitantes do solo como *M. phaseolina* podem trocar de substrato morto, além de produzir microescleródios o que lhe permite sobreviver num estado de dormência independentemente da fonte nutricional (6).

Fato importante constatado no presente trabalho foi a elevada incidência de PR que oscilou de 81 a 94%. Mesmo com rotação de um e dois anos com milho, a incidência de PR pode ser considerada muito alta e que essas doenças devem ter ocorrência generalizada na região sul do Brasil. Esse fato pode contribuir para explicar, em parte, o baixo rendimento de soja em algumas situações o que, portanto justifica a busca de soluções, objetivo deste trabalho.

Espera-se que com o passar dos anos de cultivo o efeito supressor surja, aumente de intensidade e reduza significativamente a incidência de podridões radiculares.

### Produtividade

Na safra 2004/05, a produtividade mais elevada foi obtida quando a soja foi cultivada sobre os restos culturais da aveia (2.262,4kg/ha), do trigo (2.091,8 kg/ha) e do nabo (2.086,5kg/ha) (Tabela 5). O menor rendimento ocorreu no pousio (1.822,3 kg/ha), o que provavelmente reflete os baixos níveis de fertilidade, pois as parcelas deste tratamento não recebem adubação no inverno. É importante ressaltar que, na média geral, o rendimento da soja em rotação Soja<sup>2</sup> (2.161,6 kg/ha) foi superior aos demais sistemas de cultivo (Tabela 5) podendo ser considerados elevados, considerando que a média do Rio Grande

**Tabela 5.** Efeito de diferentes sistemas de cultivo sobre o rendimento de grãos de soja kg/ha. UPF/Passo Fundo/RS, safra 2004/05.

Tratamento de inverno	Sistema de cultivo			Média
	Soja <sup>0</sup>	Soja <sup>1</sup>	Soja <sup>2</sup>	
Pousio	AB 1.934,4 a	B 1.822,3 a	A 2.141,3 a	1.966,0
Aveia	AB 2.027,4 a	B 1.916,6 a	A 2.262,4 a	2.068,8
Ervilhaca	B 1.878,5 a	AB 1.971,2 a	A 2.229,8 a	2.026,5
Azevém	A 1.942,7 a	A 1.944,2 a	A 2.135,9 a	2.007,6
Nabo	A 2.086,5 a	A 1.873,7 a	A 2.167,5 a	2.042,5
Trigo	A 1.913,8 a	A 2.091,8 a	A 2.032,9 a	2.012,8
Média	1.963,9	1.936,6	2.161,6	
CV: (%)		9,0		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. Soja<sup>0</sup>: monocultura de soja; Soja<sup>1</sup>: Rotação de soja com um ano de milho; Soja<sup>2</sup>: Rotação de soja com dois anos de milho.

do Sul na safra de 2011/12 foi de aproximadamente 1.555 kg/ha (2). Esse fato pode, provavelmente, se explicar, pela escassez hídrica que ocorreu nessa safra.

Analisando os dados da Tabela 6, que representa a safra 2004/2005, se observa que o efeito de diferentes sistemas de cultivo sobre rendimento de grãos, para o tratamento de soja<sup>2</sup> teve o maior rendimento, e entre o cultivo soja<sup>0</sup> e soja<sup>1</sup>, não houve diferença estatística significativa.

Em relação aos dados da safra de 2005/2006 (Tabela 6), observou-se que no cultivo de soja em monocultura e soja<sup>1</sup> (rotação dois anos soja com um ano milho) e soja<sup>2</sup> (rotação dois anos soja e dois de milho), pode-se observar que ambos apresentaram, na cobertura de aveia o menor rendimento, não diferindo estatisticamente do pousio e do trigo. Esse fato pode ser explicado pela menor população de plantas de soja semeada sobre os restos culturais da aveia.

Em média, o sistema de cultivo da soja monocultura foi o que apresentou o menor rendimento. Isso pode ser explicado devido uma maior incidência de plantas com PR; os demais sistemas de cultivo tiveram maior rendimento não havendo diferença estatística entre si.

Mediante esses dados pode-se inferir que procedendo a rotação de cultura com uma safra de milho, no sistema de cultivo de soja, pode ser suficiente para aumentar o rendimento de grãos da soja.

Houve diferença significativa entre o manejo de culturas, sendo que, o cultivo soja<sup>2</sup> foi superior aos demais sistemas de cultivo. As demais interações não apresentaram diferença estatística.

Santos & Lhamby (13), em Passo Fundo-RS, obtiveram produção de grãos e a altura das plantas de soja superiores nos tratamentos com aveia preta, aveia branca e trigo em relação ao linho e ao pousio de inverno, em seis anos de rotação, na qual as culturas de inverno foram implantadas com preparo convencional e a soja em sistema de plantio direto.

#### Fungos isolados de raízes

Os principais fungos envolvidos com as PR, na safra 2005/06 na área experimental, foram *M. phaseolina*, *Phomopsis* sp., *Fusarium* spp. e *C. truncata*, isolados em quatro diferentes meios de culturas (Tabela 7).

Como se pode observar, não foi isolado *R. solani* (meio água-ágar)

**Tabela 6.** Efeito de diferentes sistemas de cultivo sobre o rendimento de grãos de soja kg/ha. UPF/Passo Fundo/RS, safra 2005/06.

Tratamento de inverno	Sistema de cultivo			Média
	Soja <sup>0</sup>	Soja <sup>1</sup>	Soja <sup>2</sup>	
Pousio	B 3.073,3 a	BA3.367,3 a	A 3.579,6 a	3.383,6
Aveia	B 2.834,9 a	BA3.038,7 a	A 3.446,8 a	3.148,3
Ervilhaca	A 3.048,1 a	A 3.175,9 a	A 3.103,8 a	3.173,3
Azevém	B 2.608,8 a	BA 3.019,2 a	A 3.222,6 a	3.017,7
Nabo	A 2.920,6 a	A 3.167,1 a	A 3.265,3 a	3.161,7
Trigo	A 2.963,2 a	A 3.120,0 a	A 3.267,2 a	3.144,8
Média	2.908,2	3.148,0	3.314,2	
CV:(%)		8,0		

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e as maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Soja<sup>0</sup>: monocultura de soja; Soja<sup>1</sup>: Rotação de soja com um ano de milho; Soja<sup>2</sup>: Rotação de soja com dois anos de milho.

**Tabela 7.** Incidência (%) de fungos isolados do sistema radicular de plantas de soja com podridão radicular em diferentes substratos

Fungos	AA	BSA (1/4)	FMA	SR
<i>Colletotrichum</i> sp.	0,0	0,0	0,0	25,0
<i>Fusarium solani</i>	0,0	0,0	0,0	5,0
<i>Fusarium</i> spp.	0,0	5,0	2,5	25,0
<i>Macrophomina phaseolina</i>	27,5	32,5	32,5	15,0
<i>Phomopsis</i> sp.	22,5	87,0	5,0	55,0

AA –água-ágar; BSA – batata sacarose ágar; FMA – farinha de milho ágar; SR - Segalin & Reis.

podendo-se deduzir que a ocorrência desse fungo é localizada a algumas situações de lavouras e que, por isso, ainda não foi constatado na área experimental.

No meio de cultura de Segalin & Reis (14) foi isolado a maior porcentagem de *Fusarium solani*, *C. truncata* e *Fusarium* spp., Para os gêneros *Macrophomina* e *Phomopsis* a maior recuperação ocorreu no substrato de ¼ batata-sacarose-ágar.

Fato relevante desse trabalho foi a constatação da incidência elevada de *Phomopsis* sp. associada a PR da soja. Fungos desse gênero têm sido citados como atacando os órgãos aéreos da planta. Por exemplo, pode causar o cancro da haste, seca da haste e deterioração de semente, segundo Costamilan et al. (5). No entanto, não se encontrou na literatura consultada nenhuma referência, relacionando-o com PR da soja. Os dados dos isolamentos apontam para a possibilidade de *Phomopsis* sp. estar relacionado com o debilitamento de plantas no final do ciclo e com PR da soja associada à *M. phaseolina*. Em teste de patogenicidade se obteve a reprodução dos sintomas ocorrentes no campo. Testes de patogenicidade complementares estão sendo feitos para esclarecer a especificidade de *Phomopsis* à soja. Pode-se tratar da mesma espécie que ocorre em hastes, vagens e sementes e raízes ou trata-se de diferentes espécies e/ou raças. Provavelmente a infecção por *Phomopsis* sp. ocorra na base da haste e pelo debilitamento da planta atinja as raízes sem causar a morte.

O solo da área experimental pode ser considerado supressivo para morte de plântulas/plantas de soja, mas ainda não se detectou o efeito supressivo do solo para as PR pois a incidência das podridões radiciais ocorrentes em soja foram elevadas.

Foi realizada a prova de patogenicidade e a caracterização morfológica de *Phomopsis* sp. isolado de raízes de soja. As plantas de soja inoculadas evidenciaram nas raízes, os mesmos sintomas de *geográfico* observados em plantas naturalmente infectadas em lavouras. Pela prova de patogenicidade positiva e pela semelhança morfológica das colônias e esporos (mensuração) de isolados de hastes da soja a espécie deve ser *P. phaseoli*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker, K. F.; Cook, R. J. **Biological control of plant pathogens**. San Francisco: W.H.Freeman, 1974. 110 p.
- Companhia Nacional de Abastecimento (Brasil). Indicadores econômicos. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://www.conab.gov.br> Acesso em: 14 jan. de 2013.
- Cook, R. J.; Baker, K. F. **The nature and practice of biological control of plant pathogens**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1983. 539 p.
- Costamilan, L. Efeitos de sistemas de cultivo sobre as doenças da soja. In: Reis, E. M.; Borges, L. D. **Doença da cultura da soja**. Passo Fundo, Aldeia Norte: 2004. p. 33-39.
- Costamilan, L. M.; Lhamby, J. C. B.; Bonato, E. R. Sobrevivência de fungos necrotróficos em restos de cultura de soja, em sistema de plantio direto. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, p. 175-177, 1999.
- Dhingra, O. D.; Sinclair, J. B. **Biology and pathology of Macrophomina phaseolina**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária UFV, 1978. 166 p.
- Neumaier, N.; Nepomuceno, A. L.; Farias, J. R. B.; Oya, T. Estresses de ordem ecofisiológica. In: BONATO, E. R. (Ed.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Passo Fundo, 2002. p. 27-38.
- Pitelli, R. A. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, p. 16-27/1985.
- Reis, E. M.; Baruffi, D.; Remor, L.; Zanatta, M. Decomposition of corn and soybean residues under field conditions and their role as inoculum source. *Summa phytopathol*, Botucatu, v. 37, n.1, p. 65-67, jan./mar. 2011.
- Reis, E. M.; Bezerra, R.; Scheer, O.; Moraes, N. L. M.; Cardoso, C. A. Manejo das podridões radiculares. In: Reis, E.M. **Doenças na cultura da Soja**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2004. p. 115-122.
- Rupe, J. C.; Hirrel, M. C.; Hershman, D. E. Sudden death syndrome. In: Hartman, G. L.; Sinclair, J. B.; Rupe, J. C. **Compendium of soybean diseases**. 4. ed. St. Paul: 1999. p. 37-39.
- Salton, J. C.; Hernani, L. C.; Fontes, C. Z. **Sistema plantio direto**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: DF, Embrapa Produção da Informação. Dourados; Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. p. 248.
- Santos, H. P.; Lhamby, J. C. B. Influência de culturas de inverno sobre a produção de grãos de soja cultivada em sistema de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, p. 1-6, 2001.
- Segalin, M.; Reis, E. M. Semi-selective medium for *Fusarium graminearum* detection in seed samples. **Summa phytopathologica**, Botucatu, v.36, n.4, p.304-307, 2010.
- Vidal, R. A.; Theisen, G.; Fleck, N. G.; Bauman, T. T. Palha no sistema semeadura direta reduz a infestação de gramíneas anuais e aumenta a produtividade da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, p. 373-377, 1998.
- Wrather, J. A.; Kendig, S. R.; Anand, S. C.; Niblack, T. L.; Smith, G. S. Effect of tillage, cultivar, and planting date on percentage of soybean leaves with symptoms of sudden death syndrome. **Plant Disease**, St. Paul, v.79, p. 560-562, 1995.
- Yorinori, J. T. **Doenças fúngicas e anomalias da soja**. Londrina: CNPS/Embrapa, 2000. p. 61.