

EDUARDO M. FETZNER HOFFMANN

**INTENSIDADE DE DOENÇAS RADICULARES E SUA INFLUÊNCIA NO
RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO
NA REGIÃO DOS CAMPOS DE CIMA DA SERRA, RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Trezzi Casa

LAGES,SC

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do
CAV/UDESC, com os dados fornecidos pelo autor

Hoffmann, Eduardo M. Fetzner

Intensidade de doenças radiculares e sua influência no rendimento de grãos da soja em diferentes sistemas de cultivo na Região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul / Eduardo M. Fetzner Hoffmann. -- 2019.

80 p.

Orientador: Ricardo Trezzi Casa Casa

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação -- Seleção --, Lages, 2019.

1. Glycine max . 2. Podridão radicular. 3. Rotação de culturas.
4. Monocultura?. I. Casa, Ricardo Trezzi Casa . II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação -- Seleção --. III. Título.

EDUARDO M. FETZNER HOFFMANN

**INTENSIDADE DE DOENÇAS RADICULARES E SUA INFLUÊNCIA NO
RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO
NA REGIÃO DOS CAMPOS DE CIMA DA SERRA, RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca examinadora

Orientador: _____

Professor Dr. Ricardo Trezzi Casa

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV UDESC).

Membro: _____

Professor Dr. Fabio Nascimento da Silva

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV UDESC).

Membro: _____

Dr. João Américo Wordell Filho

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI).

Lages, SC, 23 de julho de 2019

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente.

Aos meus pais, Alcidino (*in memoriam*), minha mãe Leda exemplo de SUPERANÇA e honestidade, que mesmo nos tempos mais difíceis jamais esmoreceu perante aos desafios que a vida lhe trouxe, e ao meu padrasto Orlando que mesmo não sendo meu pai biológico nunca me deixou faltar nada, e sempre me deu suporte para enfrentar os desafios que a vida me trouxe até hoje.

Dedico este trabalho ao meu filho Humberto, maior benção que Deus me concedeu.

À minha esposa, Angela que esteve junto comigo desde o início dessa jornada, e que sempre me deu SUPORTE e apoio mesmo nos momentos difíceis, sendo parte importante na realização deste sonho.

À minha sogra, Juliana, por ser uma segunda mãe e conselheira valiosa sempre que necessário.

Ao meu orientador Dr. Ricardo Trezzi Casa, que me orientou com toda a sua sabedoria durante esta jornada e me mostrou que o CONHECIMENTO não está acima da HUMILDADE, se mostrando um ótimo amigo que sempre está disposto a ajudar, e que sempre será lembrado por mim como exemplo a ser seguido como pessoa e profissional.

Aos colegas de CAV, Juliano, Zacca, Bruno, André e Mayra, que sempre estiveram dispostos a ajudar quando necessário, mostrando o verdadeiro significado da palavra COMPANHEIRISMO.

Aos produtores que cordialmente abriram a porteira de suas propriedades para que pudesse realizar este trabalho.

Aos meus colegas de trabalho que me ajudaram na execução das coletas a campo e à COOPerval por me permitir realizar meu trabalho.

Aos amigos Wilson, Denilson, Jordan, Mikely, Luana e Gustavo pelo suporte no momento da avaliação das coletas.

À UDESC, pelo ensino gratuito e de qualidade tanto da graduação, quanto da pós-graduação.

Aos demais, aqui não citados, que de uma forma ou outra contribuíram com o trabalho realizado.

Muito obrigado!

“ A verdadeira viagem do descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, e sim ver com novos olhos. ”

Marcel Proust

RESUMO

HOFFMANN, Eduardo M. Fetzner. **Intensidade de doenças radiculares e sua influência no rendimento de grãos da soja em diferentes sistemas de cultivo na Região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul.** 2019. 80 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2019.

A presença de podridões radiculares em lavouras de soja tem aumentado a atenção dos produtores rurais. O objetivo deste estudo foi quantificar a incidência e os danos causados por podridões radiculares em diferentes sistemas de cultivo em lavouras de soja conduzidas no sistema plantio direto na região dos Campos de Cima da Serra, estado do Rio Grande do Sul. As avaliações foram feitas nas safras agrícolas 2016/17 e 2017/18 em lavouras de soja de monocultura e de rotação com milho, ambas com cultivo da soja em sucessão à colheita de grãos trigo, cobertura de aveia e pastoreio de gramíneas (lavoura-pecuária). Para cada safra agrícola e sistema de cultivo foram avaliadas três lavouras. A incidência foi quantificada em plantas de soja independentemente das cultivares no estágio R8.2 (mais de 50% de desfolha em pré-colheita). Em cada lavoura/sistema de cultivo foram marcados cinco pontos amostrais aleatoriamente de 10 metros de comprimento onde foram contadas e arrancadas todas as plantas perfazendo uma amostra. Com base no número total de plantas e no número de plantas doentes por amostra foi calculado a incidência de podridão radicular. A diagnose dos patógenos prevaletentes foi determinada no campo e no laboratório. As plantas sadias e doentes foram trilhadas separadamente para obtenção do peso de grãos com posterior cálculo da estimativa de dano. Nas duas safras foi observado uma média de 95% de plantas com podridão radicular, independentemente do sistema de cultivo. O dano médio causado por podridões radiculares na primeira safra foi de 201 kg ha⁻¹, com incidência média de podridões de 95,9%, independente do sistema de cultivo. Em sistema de rotação de cultura o dano médio foi de 144 kg ha⁻¹ e incidência de 95,3%, e sob monocultura dano médio foi 258 kg ha⁻¹ com incidência média de 96,4 %. Na segunda safra o dano médio foi de e dano 318 kg ha⁻¹ e a incidência média de 93%, sendo em rotação o dano médio de 212kg ha⁻¹ e incidência média de 92%, comparado ao dano de 418 kg ha⁻¹ e incidência de 93,5% em monocultura. Constatou-se que rotação de culturas não mostrou diferença significativa em relação ao sistema de monocultura na incidência de podridão radicular, porém plantas infectadas oriundas de áreas de rotação com milho apresentaram menor dano no rendimento de grãos. Na safra 2016/2017 houve prevalência do complexo de *Fusarium* (48,8%), seguido pela associação deste com o fungo *Macrophomina phaseolina*. Na safra 2017/28, os patógenos predominantes foram as associações do complexo de *Fusarium* e *M. phaseolina* (26,4%) e de complexo *Fusarium*, *M. phaseolina* e *Phomopsis* sp. (25,4%).

Palavras-chave: *Glycine max*. Podridão radicular. Rotação de cultura. Monocultura.

ABSTRACT

HOFFMANN, Eduardo M. Fetzner. **Intensity of root diseases and their influence on grain yield of soybean in different cropping systems in the Region of Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul.** 2019. 80 p. Dissertation (Master's degree in Plant Production). Universidade do Estado de Santa Catarina. Postgraduate Program in Plant Production, Lages, 2019.

The presence of root rot in soybeans has increasingly the attention of farmers. The objective of this study was to quantify the incidence and damage caused by root rot in different cropping systems in soybean crops conducted in the no-tillage system in the Campos de Cima da Serra region, state of Rio Grande do Sul. The evaluations were made in the 2016/17 and 2017/18 crops seasons in monoculture and corn rotation soybean crops, both with soybean cultivation in succession to grain wheat harvest, oat cover and grass grazing. Three crops were evaluated for each crop and cropping system. The incidence was quantified in soybean plants independently of cultivars at the R8.2 stage (more than 50% of preharvest defoliation). In each crop/cropping system, five randomly sampled points of 10 meters in length were counted and all plants were counted and extracted. Based on the total number of plants and the number of diseased plants per sample, the incidence of root rot was calculated. The diagnosis of the prevailing pathogens was determined in the field and in the laboratory. The healthy and diseased plants were harvested separately to obtain the grain weight with subsequent calculation of the damage estimation. In both crops, an average of 95% of plants with root rot were observed, regardless of the cropping system. The average damage caused by root rot in the first harvest was 201 kg ha⁻¹, with a mean incidence of rot of 95.9%, independent of the cropping system. In the crop rotation system, the average damage was 144 kg ha⁻¹ and an incidence of 95.3%, and under average monoculture average damage was 258 kg ha⁻¹, with an average incidence of 96.4%. In the second crop, the average damage was 318 kg ha⁻¹ and the average incidence was 93%. The average damage was 212 kg ha⁻¹ and the average incidence was 92%, compared to 418 kg ha⁻¹ and incidence of 93.5% in monoculture. It was verified that crop rotation showed no significant difference in relation to the monoculture system in the incidence of root rot, but infected plants from areas of rotation with corn presented lower damage in grain yield. In the 2016/2017 harvest there was a prevalence of *Fusarium* complex (48.8%), followed by the association of this with the fungus *Macrophomina phaseolina*. In the 2017/28 crop, the predominant pathogens were *Fusarium* and *M. phaseolina* (26.4%) and *Fusarium*, *M. phaseolina* and *Phomopsis* sp. (25.4%).

Keywords: *Glycine max.* Root rot. Crop rotation. Monoculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução das exportações de soja do Brasil no período de 1998 a 2018.....	21
Figura 2 - Mapa brasileiro da produção agrícola de soja.	22
Figura 3 - Momento da coleta de amostra e marcação de ponto de GPS em lavoura de sistema de cultivo em monocultura com pastejo invernal.....	48
Figura 4 - Pontos de coleta em lavoura de soja em sistema de cultivo Soja-Trigo-Soja.	48
Figura 5 - Raízes de plantas de soja apresentando sintomas de doenças radiculares.....	50
Figura 6 - Fragmentos de raízes de soja plaqueados em placas de Petry contendo meio de cultura de batata-dextrose-ágar incubadas em sala de crescimento.	51
Figura 7 - Visualização de colônias e estruturas dos fungos.....	52
Figura 8 - Imagem ilustrando o processo do transporte e avaliação das plantas.	53
Figura 9 - Dados meteorológicos mensais de precipitações (mm) e ocorrência de dias com precipitação e fases de desenvolvimento da cultura e duas épocas de semeadura em sucessão a cobertura invernal e ou pastejo (a) e em sucessão ao cultivo do trigo (b), safra 2016/17.....	62
Figura 10- Dados meteorológicos mensais de precipitações (mm) fases de desenvolvimento da cultura (a) e temperaturas °C (b) Safra 2017/18.	63
Figura 11- Plantas com sintomas de infecção pelo complexo <i>Fusarium solani</i>	64
Figura 12- Raízes de plantas de soja com sintomas de infecção por patógenos radiculares...	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução de produtividade da soja entre as safras 2013/14 a 2018/19 no estado do Rio Grande do Sul.	23
Tabela 2 - Área cultivada sobre o sistema de plantio direto no Brasil e Estados.....	25
Tabela 3 - Municípios pertencentes aos Campos de Cima da Serra.	47
Tabela 4 - Sistemas de cultivo e localização geográfica das lavouras para avaliações de podridão radicular e rendimento de grãos da soja, região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul, safras 2017/18 e 2018/19.	49
Tabela 5 - Número total de plantas, plantas saudáveis e plantas doentes (podridão radicular) de soja em função de sistemas de cultivo, safras 2016/17 e 2017/18, nos Campos de Cima da Serra, estado do Rio Grande do Sul. Vacaria, 2019.....	54
Tabela 6 - Incidência de podridões radiculares em plantas de soja em cada lavoura amostrada, conduzida em diferentes sistemas de cultivo na Região de Campos de Cima da Serra, estado do Rio Grande do Sul, safras 2016/17 e 2017/18. Vacaria, 2019.....	55
Tabela 7 - Prevalência de fungos causadores de podridões radiculares em soja avaliando-se monocultura e rotação de culturas em sucessão a trigo, aveia e pastejo, na região de Campos de Cima da Serra, safras agrícolas 2016/17 e 2017/18. Vacaria, 2019.'	58
Tabela 8 - Incidência e danos de podridões radiculares da soja em diferentes sistemas de cultivo nos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul, safra 2016/17. Vacaria, 2019.....	60
Tabela 9 - Incidência e danos de podridões radiculares em soja diferentes sistemas de cultivo nos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul, safra, safra 2017/18. Vacaria, 2019.....	60
Tabela 10- Prevalência média dos principais fungos associados a podridões radiculares da soja em diferentes sistemas de cultivo nas safras de 2016/17 e 2017/18 na região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul. Vacaria, RS, 2019.	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	CENÁRIO ATUAL DA SOJA NO BRASIL E NO RIO GRANDE DO SUL	21
2.2	INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA	23
2.3	SISTEMA PLANTIO DIRETO	25
2.4	PODRIDÕES RADICULARES	26
2.4.1	Podridão cinzenta da raiz	27
2.4.2	Podridão vermelha da raiz	34
3	EFEITO DE SISTEMAS DE CULTIVO NA INTENSIDADE DE DOENÇAS RADICULARES, E DANOS CAUSADOS EM SOJA NA REGIAO DOS CAMPOS DE CIMA DA SERRA, RIO GRANDE DO SUL	41
3.1	RESUMO	41
3.2	ABSTRACT	43
3.3	INTRODUÇÃO	45
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	46
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
3.6	CONCLUSÕES	65
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
5	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* L.) na Região dos Campos de Cima da Serra, estado do Rio Grande do Sul, é amplamente cultivada devido a sua boa adaptabilidade e rentabilidade, sendo considerado o principal cereal cultivado no verão, e, em sua totalidade sobre o sistema de plantio direto. Questões econômicas fazem que o cultivo seja em grande parte implantado sobre monocultura, o que vem acarretando com o passar das safras o surgimento e agravamento de novas moléstias para a cultura, dentre elas, em especial, as podridões radiculares.

A região é conhecida pela sua aptidão para a pecuária de corte, sendo uma alternativa durante o período de outono-inverno. Essa atividade tem sido bem concebida pelos produtores de soja da região ante a baixa rentabilidade das culturas de inverno, como o trigo (*Triticum aestivum*) a cevada (*Hordeum vulgare*) e a canola (*Brassica napus*). Assim, após o cultivo da soja, são semeadas gramíneas forrageiras de inverno como aveia preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*), que servem para a cobertura do solo e em especial para pecuária, esta que possibilita que a soja seja semeada a partir de meados de outubro até a metade de novembro, sendo este período considerado o ideal para a implantação da cultura, algo que tecnicamente não seria possível quando em sucessão ao trigo, já que o mesmo é colhido em sua grande parte no início do mês de dezembro, época esta considerada de risco pelos técnicos e produtores devido à possibilidade de períodos de estiagem durante as fases críticas da cultura. Apesar de rentável, a pecuária se conduzida de forma inadequada, seja pela antecipação de entrada do gado na lavoura, pelo excesso de lotação por hectare, ou e até mesmo pela retirada dos animais de forma tardia, pode acarretar inúmeros problemas, dentre eles, a compactação do solo e baixa quantidade de palhada no solo, o que compromete a viabilidade do sistema de plantio direto. A compactação é prejudicial para a cultura da soja pois pode ocasionar a má formação de raízes o que afeta diretamente a absorção de nutrientes e água, ocasionando assim o surgimento de plantas frágeis que posteriormente se tornam mais predispostas à moléstias. Dentre estas moléstias se destacam as podridões radiculares causadas pela presença de fungos patogênicos habitantes do solo. A compactação subsuperficial que pode ser causada pela lotação exacerbada de animais durante o inverno e até mesmo pelo tráfego de máquinas na área possibilita a formação de lâminas de água no solo que ocorre quando há precipitação de altos volumes de chuva em um curto período de

tempo, fator esse que é preponderante para a disseminação e infecção causada por *Pythium*, complexo de *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* e *Phytophthora sojae*, patógenos habitantes naturais do solo (HARTMAN et al., 1999; COSTAMILAN et al., 2010). Por outro lado, a compactação também leva a um estresse hídrico da planta quando há deficiência na distribuição e quantidade de chuva, o que beneficia o patógeno *Macrophomina phaseolina* (DHINGRA & SINCLAIR, 1978).

Nessa região dos campos de cima da serra, muitas cultivares de soja são indicadas para cultivo, porém não há informações da resistência ou tolerância dessas cultivares quanto a podridões radiculares. O controle químico via tratamento de sementes ou aplicação de fungicidas nos órgãos aéreos não é eficiente (MICHEREFF et al., 2005; REIS & CASA, 2012). Outras estratégias de controle, como adequado sistema de rotação e sucessão de culturas (REIS et al., 2014), são de difícil adoção pelos produtores devido à falta de informações técnicas ou pelo baixo retorno econômico de algumas culturas. Assim, há a necessidade de entender o efeito de sistemas de cultivo na ocorrência e intensidade de podridões radiculares e seu efeito no rendimento de grãos da cultura da soja.

Neste contexto o estudo teve como objetivo quantificar a intensidade de podridões radiculares da soja e sua relação com o rendimento de grãos em lavouras conduzidas em diferentes sistemas de rotação e sucessão de culturas na região dos campos de cima da serra, estado do Rio Grande do Sul.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

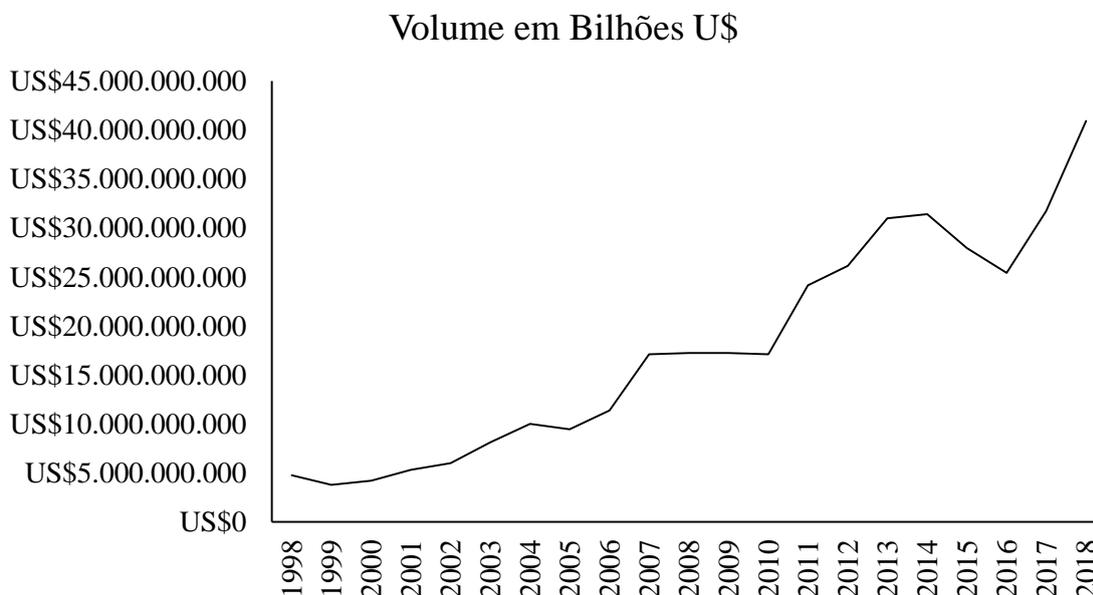
2.1 CENÁRIO ATUAL DA SOJA NO BRASIL E NO RIO GRANDE DO SUL

Para o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) o Brasil poderá se tornar o maior produtor mundial de soja na safra 2019/20. A estimativa de fechamento da safra 2019 é de que haja um acréscimo de área ao redor de 7% chegando à marca de 37,50 milhões de toneladas, com uma média de produtividade estimada de 3.410 kg ha⁻¹ (CONAB, 2019).

O complexo da soja no Brasil que inclui além do grão os seus derivados como farelo e óleo de soja, tornou a oleaginosa o principal produto exportado em 2017, representando mais de 14% da exportação de produtos brasileiros, atingindo a marca bilionária de US\$ 30,69 bilhões, a frente de produtos importantes tais como minério, petróleo e combustíveis.

Nos últimos 20 anos a soja teve o incremento em mais de 88% o volume de exportações atingindo no ano de 2018 a marca de US\$ 40,91 bilhões, se tornando assim o produto com maior impacto na balança comercial do país (SECEX, 2019).

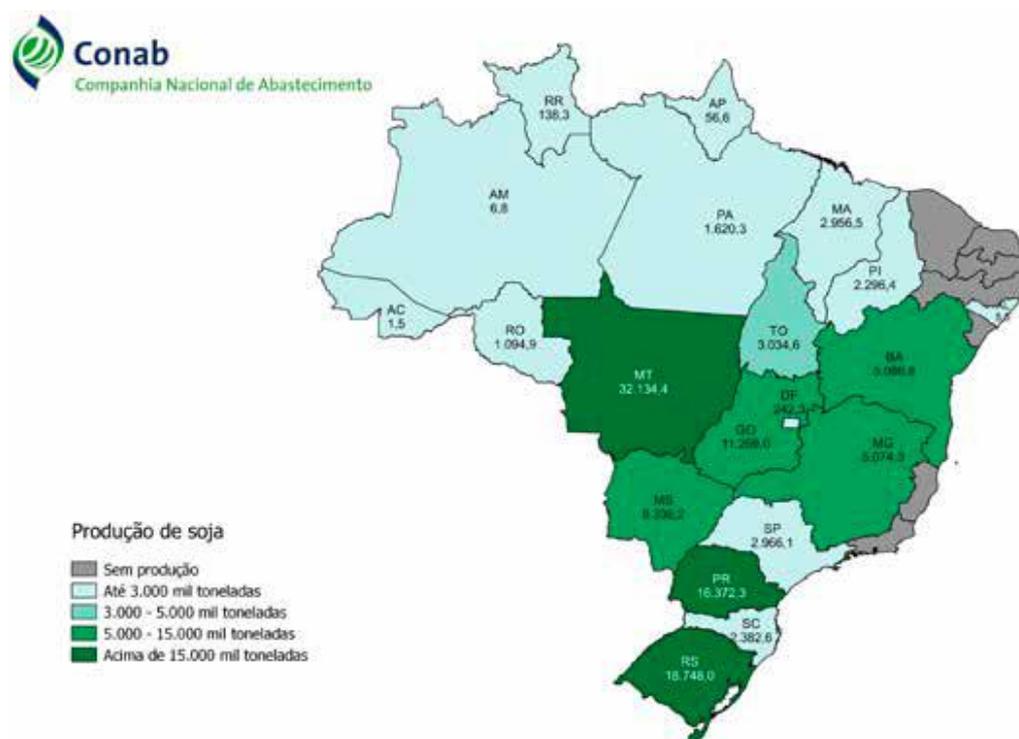
Figura 1- Evolução das exportações de soja do Brasil no período de 1998 a 2018.



Fonte: Elaborada pelo autor com uso de dados da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX, 2019).

No contexto mundial e nacional a soja está inserida economicamente como um dos principais produtos agrícolas. No Brasil, ela é a principal cultura em extensão com área planta de 35,87 milhões de hectares. A produção brasileira de soja alcançou 115,07 milhões de toneladas na safra 2018/19 (CONAB, 2019).

Figura 2 - Mapa brasileiro da produção agrícola de soja.



Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019).

As expectativas para a safra 2018/19, mantém a tendência de crescimento da área semeada com a oleaginosa, atingindo 1,7% de crescimento em relação à safra passada, correspondendo a aproximadamente 35,7 milhões de hectares. Na região Norte-Nordeste, o comportamento da safra passada, com um quadro climático favorável, serviu de estímulo à ampliação da área (CONAB, 2019).

O estado do Rio Grande do Sul (RS), vem em crescente evolução no rendimento de grãos com incremento na produtividade média de mais de 36% entre as safras 2013/14 e 2018/19 (Tabela 1). A área de soja no RS na safra 2018/19 deve ter incremento de 2,3% em relação a safra 2017/18, totalizando 5,89 milhões de hectares, Há também expectativa de incremento na produtividade em torno de 5%, o que proporcionar á marca de 18,45 milhões

de toneladas (EMATER, 2019).

Tabela 1- Evolução de produtividade da soja entre as safras 2013/14 a 2018/19 no estado do Rio Grande do Sul.

REGIÃO/UF	Produtividade (em kg/ha)						
	Safra 13/14	Safra 14/15	Safra 15/16	Safra 16/17	Safra 17/18	Safra 18/19	VAR. %
	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(i/h)
NORTE	2.877	2.976	2.423	3.061	3.056	3.060	0,1
RR	3.120	2.885	3.300	3.000	3.077	3.077	-
RO	3.180	3.168	3.028	3.143	3.282	3.282	-
AC	-	-	-	-	2.938	2.938	-
AM	-	-	-	-	2.250	2.250	-
AP	-	-	-	2.878	2.884	2.800	(2,9)
PA	3.020	3.024	3.003	3.270	2.785	2.939	5,5
TO	2.751	2.914	1.937	2.932	3.135	3.060	(2,4)
NORDESTE	2.544	2.841	1.774	3.115	3.631	3.243	(10,7)
MA	2.754	2.761	1.590	3.010	3.125	3.105	(0,8)
PI	2.374	2.722	1.143	2.952	3.573	3.357	(8,0)
AL	-	-	-	-	2.500	2.500	-
BA	2.520	2.940	2.103	3.242	3.980	3.277	(17,2)
CENTRO-OESTE	3.005	3.008	2.931	3.301	3.447	3.282	(4,8)
MT	3.089	3.136	2.848	3.273	3.394	3.320	(2,2)
MS	2.900	3.120	2.980	3.400	3.593	3.200	(10,9)
GO	2.900	2.594	3.120	3.300	3.480	3.240	(8,9)
DF	3.000	2.626	3.300	3.450	3.540	3.470	(2,0)
SUDESTE	2.520	2.775	3.255	3.467	3.625	3.613	(0,3)
MG	2.687	2.658	3.220	3.480	3.676	3.645	(0,8)
SP	2.246	2.970	3.316	3.445	3.546	3.566	0,8
SUL	2.792	3.071	3.047	3.542	3.264	3.379	3,5
PR	2.950	3.294	3.090	3.731	3.508	3.516	0,2
SC	3.030	3.200	3.341	3.580	3.400	3.500	2,9
RS	2.605	2.835	2.970	3.380	3.013	3.235	7,4
NORTE/NORDESTE	2.648	2.887	2.004	3.095	3.417	3.174	(7,1)
CENTRO-SUL	2.884	3.016	3.004	3.410	3.389	3.348	(1,2)
BRASIL	2.854	2.998	2.870	3.364	3.394	3.322	(2,1)

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019).

2.2 INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

A pecuária de corte no RS é basicamente conduzida sobre pastagens nativas. Porém, a partir da virada do século, estas áreas vêm perdendo ano a ano espaço para outras culturas, como a silvicultura e lavouras de grãos. A cultura da soja hoje ocupa uma área de 4,95 milhões de hectares. Somente na campanha meridional do RS, houve um aumento da área

cultivada de soja em mais de 90 mil hectares, saltando de 48,6 mil hectares para 134,3 mil hectares entre 2005 a 2014 (VARELA et al., 2015).

O sistema de integração lavoura pecuária é uma ferramenta para a produção sustentável e faz parte das atividades agrícolas e pecuárias utilizando a mesma área, que pode ser com cultivos em consórcio ou em rotação, almejando a sinergia entre os componentes do agroecossistema, considerando adequação ambiental, valorização do homem e sustentabilidade econômica. Trabalhos tem evidenciado que a produção agrícola com a pecuária tem trazido resultados superiores em relação a estas atividades trabalhadas de forma isolada (VARELA et al., 2015). O sistema está ligado a alguns conceitos básicos preponderantes para seu sucesso, como: sistema de plantio direto, rotação de culturas, utilização de genótipos melhorados para tal uso, adoção ou adaptação de insumos, manejo da pastagem e produção animal intensiva no pastoreio. Pode haver variações neste sistema de acordo com o interesse de cada produtor, decorrente do objetivo almejado por cada proprietário sendo para produção de carne ou leite, engorda, cria e recria e pequenas ou grandes propriedades (CARVALHO et al., 2004)

A população de plantas de soja e seu rendimento são afetados de forma negativa quando ocorre pastejo em plantas com pouca massa verde. A produtividade não é afetada em relação com áreas onde ocorre pastejo com presença de plantas com altura de 40 cm, assim demonstrando que existe sim viabilidade da integração da lavoura pecuária, desde que o manejo seja feito de maneira racional (CASSOL, 2003). O uso de áreas com cobertura invernal somente para a produção de palha não é justificada se o pastejo seja ancorado por tomadas de decisões técnicas, e que isso pode gerar o aumento da renda do produtor rural, além de ser um fator de importante impacto sobre a pecuária no sul do Brasil.

A utilização inadequada do sistema lavoura pecuária aumenta a compactação do solo e desta forma reduz os macroporos e por consequência a condutividade hidráulica saturada, o que dificulta a penetração de água no solo (ALBUQUERQUE, 2001). O pastoreio se feito de forma rotativa apresenta viabilidade para a produção de gado de corte em pastagens anuais de inverno. Porém seu uso de forma inadvertida afeta de forma negativa a produtividade de culturas subsequentes como soja e milho. Em áreas de soja em monocultura exige-se que o pastejo seja feito de forma menos intensiva com o objetivo de oferecer uma boa cobertura do solo para a cultura a ser implantada (NICOLOSSO et al., 2006).

2.3 SISTEMA PLANTIO DIRETO

O Brasil possui a maior área de sistema de plantio direto (SPD) do mundo, abrangendo totalidade de seus estados (Tabela 2), e por isso tem como desafio aprimorar e qualificar esta tecnologia. Esse sistema permitiu que o país se tornasse o líder em oferta de alimentos e fibras industriais, pois possui a maior fronteira agrícola, com espaço para o crescimento em extensão e ao mesmo tempo em conservação (FEBRAPDP, 2005).

Tabela 2- Área cultivada sobre o sistema de plantio direto no Brasil e Estados.

Brasil e Estados	Superfície sob plantio direto (ha)
<i>Brasil</i>	32.878.660
Rondônia	236.594
Acre	7.711
Amazonas	10.020
Roraima	31.727
Pará	293.616
Amapá	3.171
Tocantins	554.124
Maranhão	1.115.513
Piauí	682.375
Ceará	19.613
Rio Grande do Norte	3.832
Paraíba	5.398
Pernambuco	16.363
Alagoas	12.421
Sergipe	7.279
Bahia	1.453.416
Minas Gerais	1.863.303
Espírito Santo	16.953
Rio de Janeiro	10.766
São Paulo	1.003.031
Paraná	4.859.075
Santa Catarina	999.485
Rio Grande do Sul	6.027.019
Mato Grosso do Sul	2.343.274
Mato Grosso	8.101.143
Goiás	3.125.168
Distrito Federal	76.252

Fonte: Adaptado pelo autor de FEBRAPDP (2005)

Segundo o IBGE (2017) o Brasil possui uma área de mais de 32 milhões de hectares sob o sistema plantio direto, sendo o estado do Mato Grosso o líder com uma área superior a 8 milhões de hectares, seguido pelo Rio Grande do Sul que possui mais de 6 milhões de hectares cultivados sob este sistema.

O SPDP preconiza a implantação de culturas no solo sem o seu revolvimento e protegido por palha, oriundos de restos culturais, fornecidos por plantas semeadas para esta finalidade. É um dos sistemas mais eficientes para evitar o surgimento de erosão na lavoura, além de outros benefícios com implantação da cultura na época adequada, redução drástica no consumo de combustível, redução do tráfego de máquinas nas áreas, conservação de umidade no solo, melhor aproveitamento da água pelas plantas, o que por consequência acaba favorecendo a cultura para enfrentar períodos de estiagem (FIDELIS et al., 2003).

2.4 PODRIDÕES RADICULARES

Entre os principais fatores que limitam os rendimentos da soja estão ocorrência e intensidade de doenças. A importância econômica de uma doença varia de ano para ano e de região para região, dependendo das condições climáticas de cada safra. Os danos na produção da soja causados por doenças são estimados em 15% a 20% (EMBRAPA, 2013).

No sul do Brasil, as principais doenças radiculares em plântulas, plantas jovens e plantas adultas, são: tombamento de pitium (*Pythium ultimum*, *P. aphanidermathum*), murcha de esclerotium (*Sclerotium rolfsii*), podridão de fitófora (*Phytophthora sojae*), rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*), podridão vermelha da raiz ou síndrome da morte súbita (complexo de *Fusarium solani*), podridão de macrofomina (*Macrophomina phaseolina*) e podridão parda da haste (*Phialophora gregata*) (BALARDIN, 2002; ALMEIDA & SEIXAS, 2010). Algumas podridões radiculares somente são detectadas no final do ciclo da cultura, próximo da colheita da soja, e na maioria das vezes passam despercebidas pela assistência técnica e pelos agricultores (REIS & CASA, 2012). Nessa situação as doenças prevalentes são rizoctoniose, podridão vermelha da raiz e podridão de macrofomina.

Os tecidos das raízes das plantas afetadas na maioria das vezes tornam-se necróticos. Muitas podridões radiculares causam a morte rápida da planta, enquanto outras causam somente sintomas leves e tem impacto mínimo no desenvolvimento da planta. Frequentemente, patógenos causadores de podridões radiculares são capazes de causar diferentes tipos de sintomas em uma única espécie de planta, mas em grande parte, o desenvolvimento de sintomas específicos em uma planta individual é regulado pelo tempo de infecção e pelo ambiente do solo, principalmente temperatura e umidade (WHEELER & RUSH, 2001b, citado por MICHEREFF et al., 2005).

Podridões radiculares em soja comumente são causadas por fungos fitopatogênicos habitantes do solo, pois esses ocorrem na maioria das espécies cultivadas (ampla gama de hospedeiros), apresentam alta habilidade de competição saprofítica e produzem estruturas de repouso que garantem sua sobrevivência na ausência do hospedeiro (DHINGRA & SINCLAIR, 1978; REIS et al., 2014). A maneira mais viável, porém, de longo prazo de tempo, para reduzir os danos causados pelas podridões radiculares é o controle biológico pelo desenvolvimento da supressividade do solo através da sucessão e/ou rotação de culturas (MICHEREFF et al., 2005; REIS et al., 2014). Boa parte do sucesso no controle de patógenos de solo reside na ação preventiva de proteção as plantas, na restauração da comunidade microbiana e na recuperação da estrutura do solo. Recuperar a qualidade do solo é possível, com práticas culturais com o aporte de matéria orgânica no solo, em processos que podem durar dois anos ou mais, e que precisam ser constantemente monitorados (LOBO JUNIOR et al., 2009). O controle biológico pela introdução de agentes de biocontrole ou pela própria rotação de culturas e/ou cobertura morta tem propiciado o incremento da microbiota no solo que são competitivos no seu sítio de atuação evitando processo de infecção de alguns patógenos (EMBRAPA, 2009).

2.4.1 Podridão cinzenta da raiz

Etiologia

Macrophomina phaseolina é um fungo Ascomycota da família Botryosphaeriaceae (MICOBANK, 2019). É um importante patógeno que habita o solo, destacando-se como polífago, cosmopolita, apresentando alta variabilidade patogênica e capacidade de sobreviver no solo em condições adversas. Seu crescimento é favorecido por altas temperaturas e baixa umidade do solo, e é eficientemente disseminado por sementes infectadas (GOMES et al., 2008).

O fungo tem micélio uninucleado, embora células das extremidades do micélio, região de crescimento, sejam usualmente multinucleadas (KNOX-DAVIES, 1967). Produz picnídios marrons-escuros solitários ou agregados, imersos, tornando-se irrompentes com 100-200 µm de diâmetro, abrindo-se por ostíolo apical (HOLLIDAY & PUNITHALINGAM, 1970). A variação no tamanho dos picnídios parece estar associada ao substrato sobre o qual o fungo se desenvolve (DHINGRA & SINCLAIR, 1978). Picnídios são produzidos em tecido vivo e

também em partes de plantas esterilizadas (LUTRELL, 1946; MACHADO & KIMATI, 1975). No entanto, nem todos os isolados produzem picnídios. Segundo Sutton (1980) em meio de cultura apenas os esclerócios são produzidos. No entanto, Machado (1987) observou que entre doze isolados estudados, metade produziu picnídios, quando cultivados em meio de BDA. Os conídios são hialinos, elipsoides a ovoides, medindo 14-30 μm x 5-10 μm (HOLLIDAY & PUNITHALINGAM, 1970).

O desenvolvimento de colônias do fungo é observado em meio de cultura BDA (batata, dextrose e ágar) e também em meios seletivos, compostos de arroz e ágar (meio basal) e 1,4-dichloro-2,5-dimethoxybenzene (agente seletivo) (WATANABE, 1972; PAPAIVIZAS & KLAG, 1975). O crescimento do micélio em geral é rasteiro e considerado rápido (7 cm em 7 dias), as colônias apresentam, em geral, coloração branca nas primeiras 24 horas de crescimento, tornando-se negra com 60 horas, devido à alta concentração de microescleródios formados no meio. Martínez-Hilders & Laurentin (2012) ao caracterizar fenotipicamente isolados de *M. phaseolina*, observaram em meio de cultura BDA, crescimento micelial médio de 2,22 a 3,90 cm^2 em 24 horas. Pratt (2006) observou variação na produção de microescleródios em meio de cultura BDA a partir de isolados provenientes de algodão, soja e alfafa. Os microescleródios foram produzidos geralmente entre denso emaranhado de hifas, sob a superfície do ágar, tendo formato complexo (estruturas alongadas com inchaço globoso, sem delimitante). Em meio CMA (*Difco cornmeal agar*), microescleródios germinados apresentaram de uma a quatro hifas germinadas, que se estendem por mais de 100 μm a partir do microescleródio. As hifas possuem formato largo e grosso, contínuo (sem cortes) e arredondado nas pontas, sendo pouco ramificada, ou não ramificada. Papavizas & Klag (1975) relatam a redução no crescimento das colônias do fungo quando as colônias contaminantes crescem nas proximidades, revelando a reduzida capacidade competitiva das colônias sobre o substrato, demonstrando importância da utilização de meios seletivos. Cloud & Rupe (1991a), observaram que um isolado de *M. phaseolina* recuperado a partir de uma planta de soja naturalmente infectada, cultivado em meio de cultura BDA apresentou crescimento caracterizado como lento (2 cm em período de 7 dias), em contraste a um isolado recuperado de plantas de sorgo infectadas, do mesmo local, que apresentou crescimento colonial de 26 cm de diâmetro no mesmo período, ambas as colônias foram submetidas às mesmas condições de incubação. Shokes et al. (1977) ao mensurar o tamanho de colônias do fungo crescidas em meio ágar em diferentes potenciais hídricos, observaram decréscimo do

crescimento micelial na medida que se aumentaram os valores do potencial hídrico do meio, como crescimento ótimo entre 15 e 20 bars.

Ao estudar a colonização de tecidos de soja por *M. phaseolina*, Short et al. (1978) relatam que o patógeno aparenta possuir duas fases ecologicamente distintas, uma fase micelial (parasítica), e uma fase microesclerodial (não parasítica). O micélio do fungo foi considerado sensível à concentração de 0,5% de hipoclorito de sódio, sendo inviabilizado logo após 15 segundos em contato com a solução, todavia o mesmo não foi observado para microescleródios, capazes de manter viabilidade mesmo após 10 minutos na solução (SHORT et al., 1978).

Diferenças entre isolados tem sido descritas por Pearson et al. (1987). No Brasil, pelo menos dois tipos distintos de colônias são observados. Os microescleródios são negros e lisos, medem em torno de 100 µm de diâmetro (em cultura 50-300 µm) (HOLLIDAY & PUNITHALINGAM, 1970; EMBRAPA, 2014).

Nome comum

Essa podridão radicular recebe varias denominações comuns: podridão cinzenta da raiz, podridão de carvão, podridão negra da raiz, murcha de clima seco, murcha de verão. Alguns desses nomes comuns descrevem a presença de coloração cinza ou negra da raiz abaixo da casca; outros se relacionam com a murcha da planta sob estresse hídrico. Devido à presença de alta densidade de microescleródios na raiz infectada esses conferem uma coloração acinzentada. O nome macrofomina se deve ao aportuguesamento do nome latinizado do gênero do fungo agente causal, *Macrophomina*.

Apesar da ampla difusão mundial de trabalhos científicos sobre *M. phaseolina*, existem divergências na denominação comum para a doença causada pelo fungo. O nome comum de uma doença geralmente é baseado nos sintomas ou sinais dos patógenos e também aos órgãos da planta ao quais estes são expressos. Devido ao aspecto negro-acinzentado, principalmente nas raízes e hastes, é conhecida popularmente como podridão cinzenta da raiz. Todavia, muitos autores denominam esta doença como podridão negra de macrofomina, podridão de carvão ou apenas podridão de macrofomina. Internacionalmente a doença é conhecida como: “*Charcoal rot*”, “*Charcoal root rot*”, “*Black root rot*”, “*Ashy stem blight*” ou “*Podredumbre carbonosa*”. No presente documento será considerada apenas a nomenclatura de podridão cinzenta da raiz.

Histórico e ocorrência

Podridão cinzenta da raiz é uma doença economicamente importante em muitos países das Américas do Norte e Sul, Ásia e África e alguns locais da Europa (JANA et al., 2003). Em geral, *M. phaseolina* provoca doença em cultivos das regiões tropicais e subtropicais do globo especialmente quando ocorrem temperaturas de solo variando entre 25 a 40°C (DHINGRA et al., 1976; SHORT et al., 1978; BARNARD & GILLY, 1986; SINGH et al., 1990).

A podridão cinzenta da raiz é de ocorrência generalizada em todas as regiões de cultivo da soja no mundo. Não há relato de sua primeira constatação em soja no Brasil (BOARETTO & DANELLI, 2012). No entanto, é comum constatar a doença em lavouras de soja em todo território nacional. O primeiro relato de ocorrência de *M. phaseolina* no Brasil foi infectando raízes de feijoeiro (BITANCOURT, 1935).

No Brasil, nos anos de 1973/74, Lehman et al. (1976) realizaram levantamento em lavouras de soja nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e constataram que 5% das plantas coletadas havia a presença de *M. phaseolina*. Em 1975/76, no estado do Paraná, Ferreira et al. (1979), encontraram diferentes graus de suscetibilidade ao fungo comparando genótipos de soja. O patógeno é responsável por danos à produção de soja brasileira, sendo considerado um dos mais prevalentes nos cultivos da oleaginosa (ALMEIDA et al., 2008), porém de ocorrência ainda menosprezada.

No estado do Missouri (EUA) os primeiros relatos do fungo foram no ano de 1963 (FRANCL et al., 1988). No Japão, Watanabe (1972) recuperou 28 isolados provenientes do solo das regiões de Nagano, Nishigara, Hachijo e Okinawa. Na Índia, Meyer et al. (1973) ao recuperar isolados de *M. phaseolina* a partir de tecidos vegetais infectados e do solo, observaram que a ocorrência do patógeno foi ampla, independentemente da cultura hospedeira, do tipo de solo proveniente e do regime hídrico da região, indicando que o fungo tem capacidade de sobreviver a diferentes condições ambientais. O patógeno foi encontrado também em diversas regiões do México, onde climas variam de árido à tropical. Amostras de tecido infectado de plantas de feijoeiro foram coletadas e isolados viáveis puderam ser recuperados em meio de cultura BDA (MAYÉK-PÉREZ et al., 2001b). Na Venezuela, Martínez-Hilders & Laurentin (2012) relataram que a zona de produção da cultura do gergelim no país está altamente infestada por microescleródios de *M. phaseolina*.

Importância econômica, danos e perdas

A podridão cinzenta da raiz é considerada uma das principais doenças na cultura da soja. As plantas infectadas apresentam maturação desuniforme, podendo em casos severos ocorrer morte de plantas. O agente causal raramente ocorre isoladamente de outros fungos causadores de podridões radiculares na soja, o que dificulta estudos específicos. Cultivares suscetíveis de soja ao patógeno também possuem menor tamanho de planta em relação às plantas normais (ISIKAWA et al., 2017).

O fungo está presente em praticamente todas as áreas de cultivo de soja dos EUA (GANGOPADHYAY et al., 1970; FRANCL et al., 1988) e do Brasil (ALMEIDA et al., 2003). Há relatos de estimativa de 50% de perdas nas cultivares de soja Viçosa e Santa Rosa, no estado do Paraná, na safra 1975/76 (Ferreira et al., 1979). Wrath & Kending (1998), estimaram danos de 1,23 milhões de toneladas de grãos na cultura da soja, na safra de 1994, considerando Argentina, Brasil, Canadá, Paraguai e EUA, sendo individualmente nos EUA danos de 0,28 milhões de toneladas, avaliadas em US\$ 60,65 milhões de dólares. Yang & Navio (2005) citam reduções no rendimento de grãos de 30% a 50% em lavouras de soja em alguns estados dos EUA.

Sobrevivência e fonte de inóculo

O ciclo de vida de um patógeno inicia-se com o inóculo na fase de sobrevivência, onde diferentes mecanismos podem ser utilizados pelos fungos para manter a viabilidade em períodos de ausência do hospedeiro.

A principal forma de sobrevivência de *M. phaseolina* são os microescleródios, estruturas de resistência que permitem contornar condições adversas no solo (ALMEIDA et al., 2014). Em estudo conduzido no Sul do Brasil, Reis et al. (2014) relataram um período de 157 dias de viabilidade dos microescleródios em tecidos radiculares de soja, sendo este período menor quando estes encontram-se livres, sem a proteção conferida pelo tecido radicular contra organismos antagonistas. Estes autores justificam a sobrevivência do patógeno por um longo período de tempo em função de sua ampla gama de hospedeiros capazes de manter, aumentar e substituir o inóculo no solo.

Culturas de grande importância econômica e social no Brasil, como milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.) são hospedeiras do fungo (ALMEIDA

et al., 2003), no entanto, relata-se que o patógeno é capaz de infectar um número superior a 500 espécies vegetais distribuídas em 75 diferentes famílias botânicas (RAYATPNAH & DALILI, 2012). Ainda, pode sobreviver em solos naturalmente infestados (ALMEIDA et al., 2001) e sementes infectadas (KUNWAR et al., 1986) na forma de micélio (assintomaticamente) ou microescleródios (sintomaticamente) (HARTMAN et al., 1999).

Controle

Controle Cultural

A amplitude da gama de hospedeiros de *M. phaseolina* torna difícil o controle do patógeno pela rotação de culturas (ALMEIDA et al., 2008).

Maiores concentrações de microescleródios no solo foram observadas quando a soja e o milho são cultivados em monocultura por períodos de seis anos em relação ao monocultivo de alfafa e trigo (MEYER et al., 1973). O uso contínuo de milho e soja resulta na persistência de microescleródios nos restos culturais destas culturas por até 18 meses (Cook et al., 1973). Maior densidade do fungo é observada quando a cultura da soja aparece no sistema de rotação, independentemente se em rotação com milho, algodão ou sorgo granífero (Francel et al., 1988). A densidade de inóculo é maior quando se alterna o cultivo entre soja e milho em comparação com algodão e sorgo granífero.

A população de microescleródios no solo é maior no final dos cultivos do que no momento de semeadura (Singh et al., 1990). A população do fungo é reduzida quando o campo é mantido em pousio; estudos apontam que o cultivo com espécies não hospedeiras como o arroz (*Oryza sativa*) pode ser uma ferramenta para diminuição do nível de inóculo na área. De acordo com Cloud & Rupe (1991b) menor concentração de microescleródios foram produzidos em meios de cultura a partir de solos cultivados com arroz.

Ao estudar o efeito do plantio direto sobre a densidade de *M. phaseolina* no solo sob cultivo de soja, Wrather & Kending (1998) observaram que tanto em sistema de plantio direto quanto em plantio convencional a maior densidade populacional do patógeno foi observada entre as profundidades de 0 a 7,5 cm, em relação à camada de 7,5 a 15 cm; e que houve correlação positiva entre matéria orgânica e densidade populacional na camada de 0 a 7,5 cm de profundidade. Estes resultados indicam que a permanência dos restos culturais de hospedeiros infectados no solo é uma forma de manutenção de inóculo e que a concentração do patógeno fica relacionada diretamente ao local de decomposição dos resíduos culturais

A redução da densidade de microescleródios de *M. phaseolina* no solo foi observada, durante três anos de cultivo quando as culturas do milho (*Pennisetum glaucum* L.) e do fonio (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf.) foram cultivadas, sendo a maior redução observada em solos cultivados com fonio.

A irrigação frequentemente é ineficiente quando as condições ambientais são favoráveis para o desenvolvimento do patógeno (PEARSON et al., 1984). Ao contrário, propõem Barnard & Gilly (1986) e também Mayék-Pérez et al. (2001a), quando apontam a irrigação como estratégia de manejo da doença, e completam que as regas devem ser realizadas coincidindo com os períodos de clima quente e seco, objetivando-se: i) prevenir estresses hídricos; ii) reduzir temperaturas do solo; e, iii) promover a atividade da microfauna e flora natural do solo.

Extratos vegetais têm sido explorados com efeitos promissores em condições *in vitro*. Concentrações de Neem a 3000 ppm, utilizando o extrato filtrado têm inibido o desenvolvimento do micélio e a germinação de microescleródios dois e quatro dias após tratamento com óleo (DUBEY et al., 2009).

Microrganismos antagonísticos como *Trichoderma harzianum* (JAVAID et al., 2017), *T. viride* e *T. aureoviride* (JAVAID et al., 2018), têm sido utilizados como agentes de biocontrole incrementando a biomassa de cultivos quando estes encontram-se sob solos infestados com *M. phaseolina*.

Outras práticas culturais, como evitar alta densidade de plantas e a fertilização do solo são estratégias promissoras para minimizar os danos causados pelo patógeno (FRANCL et al., 1988).

Controle genético

Nos EUA, Pearson et al. (1984) observaram que as cultivares Bay, Forrest e Sprite possuem restrição à colonização por *M. phaseolina*. Wrather & Kending (1998) porém em concordância apontam a não existência de cultivares de soja resistente à *M. phaseolina*. Por outro lado, Coser et al. (2017), avaliando 463 acessos de soja para resistência à *M. phaseolina*, constataram que 51 acessos apresentaram menor intensidade de doença, podendo ser considerados como resistentes se avaliados por escala de notas de 1 a 5, onde 1 é resistente.

No Brasil, não há indicação de cultivar de soja resistente a podridão cinzenta da raiz (ALMEIDA et al., 2008).

Controle químico

O controle químico de *M. phaseolina* a partir de aplicações de fungicidas ao solo foi indicado nas décadas de 70 e 80. Eram utilizados métodos de fumigação diretamente ao solo com produtos a base de brometo de metila. Aplicação de produtos com os ingredientes ativos benomyl (Benlate) e captan (Captana) também eram utilizados como forma de controle (BARNARD & GILLY, 1986). Porém, não são mais utilizados em função da proibição pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).

O controle químico apresenta-se na maioria das vezes economicamente inviável devido ao patógeno ser associado ao solo (SINGH et al., 1990). Tonin et al. (2013) relatam a ausência de fungicidas registrados no Brasil para controle de *M. phaseolina* em soja. Todavia, ressaltam a importância do estudo da eficiência de moléculas no tratamento de sementes de soja, uma vez que este pode ser transmitido via sementes infectadas. Com base na concentração inibitória (CI₅₀) do crescimento micelial de colônias do fungo os ingredientes ativos carbendazim e penflufen + trifloxystrobin (em fase de testes) demonstraram maior nível fungitóxico.

2.4.2. Podridão vermelha da raiz (PVR)

Etiologia

O agente causal foi inicialmente denominado *Fusarium solani* (Mart.) Appel. & Wollenw. Emend. Snyd. & Hans. (ROY, 1997). O'Donnel & Gray (1995) concluíram que podiam representar uma população dentro de *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*, (Burkh) Snyd. & Hans., patógeno causador da podridão radicular do feijoeiro. Achenbach et al. (1996), mediante as análises moleculares mostraram que *F. solani* f.sp. *phaseoli* não representava de modo adequado as diferenças genéticas e patogênicas dos isolados causadores da doença. Roy (1997), considerando as características morfológicas de *F. solani* que afetam a soja e a gama de hospedeiros denominou o agente causal como *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. f.sp. *glycine*. Estudos filogenéticos moleculares, morfológicos e patogênicos, realizados a partir de 2003, demonstram que a PVR é causada por quatro espécies de *Fusarium*, relacionados entre si no grupo 2 do complexo de *Fusarium solani* (O'DONNELL, 1995; SCANDIANI et al., 2012).

Os conídios possuem morfologia que pode ser utilizada para distinguir todas as quatro espécies causadoras da PVR (AOKI et al., 2005). O *Fusarium brasilense* é caracterizado por

ter conídios com formato cilíndrico e septados e suas extremidades são arredondadas. Em compensação o *Fusarium cuneirostrum* possui conídios esporodoquiais com célula apical rostrada e com uma célula basal distinta denominada de “célula pé”. Já o *Fusarium virguliforme* é distinguido pela produção de conídios com a célula apical e basal, proporcionais e em formato de vírgula. Já o *Fusarium tucumaniae* produz conídios esporodoquiais mais longos e estreitos do que as outras espécies. De maneira geral quando cultivados em meio de cultura, podem apresentar conídios com 3 a 4 septos (3 septos: superiores a 50 µm de comprimento e largura de 4,5–5 µm, 4 septos: apresentam normalmente 60 µm de comprimento e 4,5–5 µm de largura) (AOKI et al., 2005).

De maneira geral, o agente causal da PVR possui conídios curvados como uma das suas principais características, possuindo de três a cinco septos, ligeiramente pontiagudos em seu ápice, que possuem de 4,0–6,5 µm x 42–74 µm. Os conídios do micélio aéreo podem variar de raros a abundantes e seus clamidósporos possuem forma globosa, podendo ser terminais ou intercalares (NAKAJIMA et al., 1996; ALMEIDA et al., 2005, AOKI et al., 2005).

Nome comum

No Brasil o nome mais utilizado é podridão vermelha (PV), devido à coloração avermelhada do colo das plantas infectadas. Também recebeu a denominação de podridão vermelha da raiz (PVR), como ainda é conhecida no país.

Nos EUA é denominada síndrome da morte súbita (SMS) devido rápida morte da planta. A coloração avermelhada, no colo das plantas, nem sempre está presente, portanto, nestes casos propõe-se denominar a moléstia de SMS (SCANDIANI et al., 2012).

Histórico e ocorrência

A podridão vermelha da raiz foi relatada, pela primeira vez, em 1972, nos EUA, no estado de Arkansas, e *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. (RUPE & HARTMAN, 1999) ou *Fusarium solani* f.sp. *glycines* K.W. Roy (ROY, 1997) foi considerado como agente etiológico.

A doença ocorre também na Argentina (PLOPER, 1993), no Canadá (ANDERSON & TENUTA, 1998), no Paraguai e na Bolívia (YORINORI, 2002; PLOPER et al., 2003). Na Argentina foi detectada pela primeira vez em pergaminho (Província de Buenos Aires), na

safras de 1991/1992; na de 1992/93, em Santa Fé, no Noroeste Argentino. Progressivamente evoluiu tornando-se uma doença de maior importância causando danos no centro e norte da Argentina, (IVANCOVICH et al. 1992; PIOLI et al. 1993; PLOPER, 1993). Os primeiros isolamentos dos agentes causais envolvidos foram feitos no ano de 2000 e os postulados de Koch realizados em 2002 (SCANDIANI et al., 2003).

No Brasil, a doença foi observada, pela primeira vez, na safra 1981/82, em São Gotardo, Minas Gerais (NAKAJIMA et al., 1996). Já foram encontradas em lavouras de soja para produção de semente em Goiás, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (NAKAJIMA, 1996). A podridão vermelha é uma doença de ocorrência esporádica, que geralmente manifesta-se nas lavouras, da metade para o final do ciclo da soja. Comumente ocorre em lavoura com alto potencial de rendimento, com solos frios, úmidos e compactados.

Sintomatologia

O patógeno infecta as raízes com o lenho adquirindo coloração castanho-claro que se estende por vários centímetros acima do solo (ROY et al., 1989; NAKAJIMA et al., 1996). A raiz principal apresenta na parte externa lesão avermelhada, logo abaixo do nível do solo, podendo apodrecer completamente quando o solo estiver com excesso de umidade.

Os sintomas nas folhas consistem de manchas cloróticas que aparecem entre as nervuras da folha, normalmente após o estágio R4 (FEHR et al., 1977). Com o desenvolvimento da doença as lesões cloróticas tornam-se necróticas (NAKAJIMA et al., 1996). Esse sintoma (Figura 1) é conhecido como folha “carijó” (ALMEIDA et al., 2005).

Hartman et al. (1999) cita que os sintomas típicos da PVR são similares aos da podridão parda da haste, causada por *Phialophora gregata*, e do cancro da haste, causado por *Diaporthe phaseolorum* var. *meridionalis*. A podridão parda da haste é diferenciada da PVR por apresentar, nas plantas infectadas, descoloração típica na parte interna da haste, o que não acontece na PVR. Já o cancro da haste pode ser diferenciado da PVR por apresentar cancos nas hastes das plantas infectadas. Plantas infectadas pelo nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe) também podem apresentar sintomas de folha “carijó”, mas que estão associados à presença dos cistos nas raízes e no solo adjacente. Os sintomas foliares podem ser confundidos também com injúrias químicas, entretanto é fácil diferenciar devido à ausência de sinais e sintomas nas raízes nesse problema abiótico (WESTPHAL et al., 2008).

Epidemiologia

A PVR é considerada doença monocíclica. Às vezes, a doença ocorre em estádios vegetativos, logo desaparece, e ressurgue novamente em estádios reprodutivos, com uma curva bimodal (SCANDIANI et al., 2012). O principal mecanismo de sobrevivência do fungo é a presença de clamidósporos no solo, o que determina a dificuldade de controle, pela supressão do substrato. À medida que o inóculo aumenta no solo, concomitantemente aumenta a severidade da doença (SCANDIANI et al., 2012).

As raízes são diretamente infectadas e a colonização é coincidentemente com a germinação das sementes (YANG e NAVI, 2005). Essa colonização precoce permite que o patógeno alcance e colonize rapidamente o xilema para avançar a infecção produzindo, posteriormente, os sintomas foliares. O crescimento de hifas se limita as raízes e os tecidos da coroa.

A reprodução tem lugar na superfície das raízes, formando macroconídios em esporodóquios. Com a presença de extrato de solo estéril, os clamidósporos se formam a partir dos macroconídios e também das hifas (MELGAR et al., 1994; LI et al., 1998).

O patógeno desenvolve-se em temperaturas entre 25 °C e 28 °C (HARTMAN et al., 1999). Solos compactados e com água livre favorecem o desenvolvimento de fungo, que se distribui na lavoura em forma de manchas ao acaso (PICININI & FERNANDES, 2003). A associação entre alta umidade do solo e ocorrência de PVR é uma observação comum no campo (ROY et al., 1997; RINGLER, 1995). Melgar et al. (1994) reportaram que a incidência da doença é maior em plantas irrigadas do que em plantas não irrigadas. Farias Neto et al. (2006) concluíram que o desenvolvimento dos sintomas da PVR é altamente favorecido pela elevada umidade no solo, especialmente nas fases reprodutivas R4 e R5. Devido ao fungo persistir no solo por longos períodos, com o passar do tempo, maiores áreas são afetadas pela doença (WESTPHEL et al., 2008). A PVR é mais grave quando há a presença do nematóide de cisto da soja e quando a cultivar utilizada é suscetível a ambos os patógenos (XING & WESTPHAL, 2006).

Danos e perdas

Em cultivar suscetível causou danos de 15 a 90% no centro e norte da Argentina, respectivamente (IVANCOVICH et al. 1992; PIOLI et al. 1993; PLOPER, 1993). De maneira geral, a doença causa maiores reduções no rendimento de grãos quando se manifesta

severamente entre os estádios V5 ao R1 podendo levar ao aborto de flores e vagens. No entanto, os sintomas são mais comumente observados a partir de R3 (SCANDIANI et al., 2012).

O efeito da doença na produtividade de grãos depende fundamentalmente do estágio fenológico da planta, sendo maiores os danos quando os primeiros sintomas foliares são observados antes do estágio R5 (STEPHENS, 1993). Farias Neto et al. (2006), comparando plantas em parcelas inoculadas e não inoculadas observaram reduções em produtividade de até 27% em cultivares suscetíveis que apresentaram severos sintomas foliares, correspondendo a cerca de 30% de desfolha em estágio R6.

No ano de 1994, os danos estimados foram de 89.400 t nos EUA e 134.400 t na Argentina (WRATHER et al., 1997), equivalendo a perdas aproximadas de US\$ 20 milhões e US\$ 30 milhões, respectivamente.

Controle

Não existe controle químico adequado para a PVR, sendo que algumas práticas culturais têm sido capazes de reduzir seu impacto (HARTMAN et al., 1999). Fungicidas aplicados no sulco durante a semeadura ou para o tratamento de sementes têm apenas efeitos limitados sobre a redução da doença. Fungicidas aplicados nas folhas não apresentam nenhum efeito, porque mesmo fungicidas sistêmicos normalmente não se movem em direção ao sistema radicular da planta, local da infecção (WESTPHAL et al., 2008).

A semeadura antecipada, o frio e os solos úmidos são fatores que predispõem à infecção. Semeadura tardia, além da utilização de cultivares precoces, pode minimizar as perdas (HERSHMAN, 1996). Solos compactados impedem a percolação de água e restringem o crescimento radicular; em conjunto com chuvas excessivas favorece o desenvolvimento da doença. Corrigindo problemas de compactação e da permeabilidade do solo, pode-se reduzir o risco da PVR (RUPE & HARTMAN, 1999). Ao comparar subsolagem do solo compactado e não compactado, Vick et al. (2003) concluíram que a subsolagem diminuiu significativamente o efeito da doença na soja.

A rotação de soja com sorgo e trigo reduziu significativamente a população de *Fusarium* spp. causadores da PVR (RUPE et al., 1997). No entanto, a rotação anual milho-soja, comum no cinturão do milho nos EUA, não reduziu a incidência e a severidade da

doença (XING & WESTPHAL, 2009).

O uso de cultivar resistente tem sido o método de controle mais eficaz (HARTMAN et al., 1999; LEÃO et al., 1998; NIJTI et al., 2001; FARIAS NETO et al., 2006;). Em condições de campo, a resistência é descrita como poligênica (HNETKOVSKY et al., 1996; CHANG et al., 1996) e condicionada por, no mínimo, cinco genes na cultivar Forrest (MEKSEN et al., 1999; NJITI et al., 1996). A resistência é descrita ainda como parcial, tendo em vista que, sob alta pressão de inóculo, mesmo os genótipos resistentes muitas vezes apresentam algum sintoma típico da podridão vermelha da raiz (NIJTI et al., 1996; YORINORI, 2000; IGBAL et al., 2001; MUELLER et al., 2002; MUELLER et al., 2003; SILVA et al., 2002; GÁSPERI et al., 2003). Farias Neto et al. (2000; 2007) relataram no ano 2000 sete genótipos com resistência parcial à doença; e em 2007, 13 genótipos com resistência parcial. A seleção de genótipos que apresentem resistência a esse patógeno de solo é dificultada pelas condições de umidade e temperatura do solo em condições de campo (NJITI et al., 1996; RUPE & GBUR JUNIOR, 1995; FARIAS NETO et al., 2006).

3 EFEITO DE SISTEMAS DE CULTIVO NA INTENSIDADE DE DOENÇAS RADICULARES, E DANOS CAUSADOS EM SOJA NA REGIAO DOS CAMPOS DE CIMA DA SERRA, RIO GRANDE DO SUL

3.1 RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do sistema de cultivo quanto à incidência de podridões radiculares (IPR), e o dano causado por sua ocorrência na cultura da soja, bem como quais patógenos são prevalentes em cada sistema de cultivo. O levantamento foi realizado nas safras 2016/17 e 2017/18, na região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul, avaliando soja em monocultura e soja em rotação com milho, ambos com cultivo da soja em sucessão à colheita de grãos de trigo, cobertura de aveia e pastoreio de gramíneas (lavoura-pecuária). Em cada safra e sistema de cultivo foram amostradas três lavouras, realizando-se cinco amostras, ao acaso, para cada sistema. As plantas foram separadas em sintomáticas e assintomáticas em relação à podridão radicular, sendo separadas em quatro sub-grupos: I) complexo de *Fusarium*; II) macrofomina; III complexo de *Fusarium* + macrofomina; IV) complexo de *Fusarium* + macrofomina + fomopsis, sendo posteriormente trilhadas para obter os rendimentos reais e potenciais e o respectivo dano. Constatou-se alto número de plantas sintomáticas em ambas as safras (8.773 infectadas e 492 sadias na safra 2016/17 e 9.660 infectadas e 1.038 sadias na safra 2017/18) com média nas duas safras de 90,7% IPR. Sendo 9.126 plantas sintomáticas encontradas no sistema de rotação e 9.307 plantas sob o sistema de monocultura. Considerando os sistemas, a IPR média nas safras foi de 90,9% em rotação e 95,1% em monocultura. O complexo de *Fusarium* predominou em todos os sistemas de cultivo com valores de 50,6% na primeira safra e 18,1% na segunda safra, seguido da *Macrofomina* que apresentou 6% de prevalência na safra 2016/17 e 19,5% na safra 2017/18 em ambos os sistemas. Quanto a ocorrência da associação dos fungos de *Fusarium* + *Macrofomina* os valores encontrados na primeira e segunda safra foram de 19,5% e 26,6%. O Fungo fomopsis foi encontrado em ambas as safras sempre associado ao complexo de *Fusarium* e macrofomina, com valores médios de 21% e 25,4%. A rotação de soja com milho e a sucessão da soja sobre trigo, aveia ou pastoreio não demonstra potencial de controle em podridões radiculares da soja causadas pelo complexo de *Fusarium*, *Macrophomina phaseolina* e *Phomopsis longicola*. Na média dos sistemas de cultivo detectou-se incidência média podridão radicular de 95,9% e 93% e dano médio de 201 kg ha⁻¹ e 318 kg ha⁻¹ de grãos, respectivamente para safras 2016/17 e 2017/18. Em 2016/17, em rotação de culturas houve 95,3% de IPR e dano de 144 kg ha⁻¹, comparado a 96,4% de incidência e dano de 258 kg ha⁻¹ em monocultura. Na safra 2017/18, houve 93% de incidência e dano de 318 kg ha⁻¹ em rotação de culturas e 93,5% de incidência e dano de 418 kg ha⁻¹ em monocultura.

Palavras-chave: *Glycine max*. Doenças radiculares. Rotação de culturas. Monocultura. Sucessão.

3.2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the cropping system on the incidence of root rot (IPR), and the damage caused by its occurrence on soybean crop, as well as which pathogens are prevalent in each cropping system. The survey was carried out in the 2016/17 and 2017/18 crops, in the Campos de Cima da Serra region, Rio Grande do Sul, evaluating monoculture soybeans and corn rotating soybeans, both with soybean cultivation in succession to grain harvest. wheat, oatmeal and grass grazing (livestock farming). In each crop and cropping system, three crops were sampled, and five samples were randomized for each system. The plants were separated into symptomatic and asymptomatic in relation to root rot, being separated into four subgroups: I) Fusarium complex; II) macrofomine; III Fusarium + macrofomine complex; IV) Fusarium + macrofomina + fomopsis complex, and subsequently screened for actual and potential yields and their damage. A high number of symptomatic plants were found in both crops (8,773 infected and 492 healthy in the 2016/17 season and 9,660 infected and 1,038 healthy in the 2017/18 season) with an average in both harvests of 90.7% IPR. Of which 9,126 symptomatic plants found in the rotation system and 9,307 plants under the monoculture system. Considering the systems, the average IPR in the crops was 90.9% in rotation and 95.1% in monoculture. Fusarium complex predominated in all cropping systems with values of 50.6% in the first crop and 18.1% in the second crop, followed by Macrofomina which had 6% prevalence in the 2016/17 crop and 19.5% in the second crop. 2017/18 crop in both systems. When the association of Fusarium + Macrofomina fungi occurred, the values found in the first and second crop were 19.5% and 26.6%. Fungo fomopsis was found in both crops always associated with the Fusarium complex and macrofomina, with average values of 21% and 25,4%. Rotation of soybean with corn and succession of soybean on wheat, oats or grazing does not show potential for control in soybean root rot caused by Fusarium complex, Macrofomina phaseolina and Phomopsis longicola. In the average of the cropping systems it was detected an average incidence of 95.9% and 93% root rot and damage of 201 kg ha⁻¹ and 318 kg ha⁻¹ of grain, respectively for 2016/17 and 2017/18 crops. In 2016/17, in crop rotation there was 95.3% of IPR and damage of 144 kg ha⁻¹, compared to 96.4% of incidence and damage of 258 kg ha⁻¹ in monoculture. In the 2017/18 crop, there was 93% incidence and damage of 318 kg ha⁻¹ in crop rotation and 93.5% incidence and damage of 418 kg ha⁻¹ in monoculture.

Keywords: *Glycine max.* Root diseases. Rotation of crops. Monoculture. Succession.

3.3 INTRODUÇÃO

Estima-se que na safra 2018/19 a área cultivada de grãos no Brasil foi próxima a 62,8 milhões de hectares, com incremento entorno de 1,8% em relação à safra anterior, o que é equivalente a um acréscimo aproximado de 1,098 milhões de hectares, influenciado pelo incremento nas áreas de cultivo de milho, algodão e soja (CONAB, 2019).

Devido a sua forte liquidez a cultura da soja hoje postula como a cultura com maior área cultivada em território nacional, cobrindo mais de 35 milhões de hectares. Na safra de soja 2018/19, mesmo havendo um incremento na área semeada, há estimativa de uma redução na produção em 4,2%, atingindo 114,3 milhões de toneladas. Sendo as regiões Centro-Oeste e Sul responsáveis por aproximadamente 78% dessa produção (CONAB, 2019).

Patógenos radiculares, também denominados de patógenos habitantes do solo, podem ser definidos como organismos que, (a) passam a maior parte do seu ciclo de vida no solo, (b) infectam órgãos subterrâneos ou caules de plantas, (c) têm capacidade de sobreviver no solo por um longo período na ausência de seus hospedeiros, (d) possuem capacidade de competição saprofítica e (e) seus estádios de disseminação e sobrevivência são confinados ao solo, embora alguns possam produzir esporos disseminados pelo ar ou água (HILLOCKS & WALLER, 1997).

A utilização de sistemas de manejo do solo que envolva pastejo animal pode acarretar mudanças nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, o que pode afetar o crescimento e desenvolvimento radicular (TAYLOR & BRAR, 1991; SILVA et al., 2000) e a produção das culturas implantadas na sequência do pastejo (SILVA et al., 2000; ALBUQUERQUE et al., 2001; SALTON et al., 2002). A magnitude dessas alterações, principalmente nos atributos físicos do solo, depende do manejo que é aplicado nas áreas sob pastejo, podendo variar com a textura, o teor de matéria orgânica (LARSON et al., 1980; SMITH et al., 1997), o teor de umidade do solo (TANNER & MAMARIL, 1959; TREIN et al., 1991; CORREA & REICHARDT, 1995), a biomassa vegetal sobre o solo (SILVA et al., 2000, 2003; MELLO, 2002), a espécie de planta, a intensidade e o tempo de pastejo e a espécie e categoria animal (CORREA & REICHARDT, 1995; SALTON et al., 2000). Por estarem relacionadas aos atributos físicos associados à composição do solo, essas alterações também podem influenciar no comportamento compressivo do solo (SILVA et al., 2002). Os efeitos do pisoteio animal sobre os atributos físicos do solo parecem ser potencializados pela

ocorrência de períodos de déficit hídrico. Alguns trabalhos, como Albuquerque et al. (2001) e Cassol, (2003), realizados no período de inverno, têm mostrado diferenças na produção de culturas entre as áreas não pastejadas e, ou, com baixa pressão de pastejo, em relação a áreas pastejadas e, ou, com elevadas pressões de pastejo, quando da ocorrência de períodos de restrição hídrica.

Acredita-se que o cultivo da cultura da soja em sistemas de monocultura agrave a incidência de podridões radiculares, causando assim morte prematura das plantas o que por consequente acarrete a redução na produtividade, além disso, é sabido que os fungos causadores de podridões sobrevivem nos restos culturais da soja agravando assim o problema. Em lavouras que são utilizadas para pecuária no inverno pode ter o problema agravado, pois o mal dimensionamento da lotação de animais na área pode acarretar na compactação do solo favorecendo assim a ocorrência de podridões. Levantamentos anteriores descrevem que os fungos *M. phaseolina* e *Fusarium* spp. tem predominância na ocorrência de podridões radiculares dois fungos tem predominância.

Em levantamento realizado nas safras de 2014/15 e 2015/16 Maier et al. (2018) concluiu que a incidência de podridões radiculares independente da safra, do momento do surgimento dos sintomas e o sistema de cultivo foi mais do que 50%, acarretando danos da ordem de 22kg ha⁻¹ em campo de sementes para cada ponto percentual de aumento da incidência de podridões radiculares, gerando danos de 1,5 a 7,1 sacas ha⁻¹.

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do sistema de cultivo (rotação e monocultura) na incidência de podridões radiculares, bem como identificar os principais patógenos e sua prevalência em cada sistema de cultivo.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

A intensidade de podridões radiculares foi realizada com base num levantamento realizado em condições de campo, em lavouras de soja conduzidas sob o sistema de plantio direto, nos anos safras 2016/17 e 2017/18, na região dos Campos de Cima da Serra, estado do Rio Grande do Sul, altitude média de 950 m acima do nível do mar.

Tabela 3 - Municípios pertencentes aos Campos de Cima da Serra.

Cidades dos Campos de Cima da Serra
Bom Jesus
Cambará do Sul
Campestre da Serra
Esmeralda
Ipê
Jaquirana
Monte Alegre do Campos
Muitos Capões
Pinhal da Serra
São Francisco de Paula
São José dos Ausentes
Vacaria

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A intensidade de podridões radiculares foi quantificada em lavouras sob seis sistemas de cultivo, sendo: I- monocultura e soja em sucessão à colheita de grãos de trigo (M-T); II- monocultura e soja em sucessão à cobertura de aveia (M-CA); III- monocultura e soja em sucessão ao pastoreio de gramíneas (lavoura-pecuária) (M-LP); IV- rotação com milho e soja em sucessão à colheita de grãos de trigo (R-T); V- rotação com milho e soja em sucessão à cobertura de aveia (R-CA); VI- rotação com milho e soja em sucessão ao pastoreio de gramíneas (lavoura-pecuária) (R-LP).

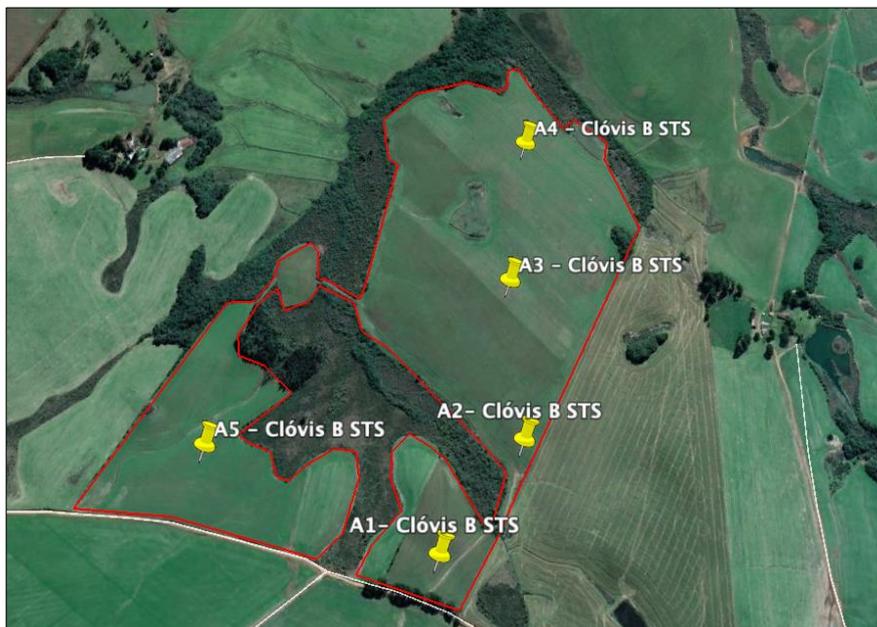
Para cada safra agrícola e sistema de cultivo foram avaliadas três lavouras, que foram georreferenciadas por meio de GPS (Figura 3 e 4), e conforme a Tabela 4. As avaliações foram realizadas nas plantas de soja independentemente das cultivares no estágio R8.2 (mais de 50% de desfolha em pré-colheita) (FEHR et al., 1971). Em cada lavoura/sistema de cultivo foram marcados cinco pontos amostrais aleatoriamente. Em cada ponto amostral foi medido com trena a distância de 10 m de comprimento onde todas as plantas foram contadas e arrancadas perfazendo uma amostra.

Figura 3 - Momento da coleta de amostra e marcação de ponto de GPS em lavoura de sistema de cultivo em monocultura com pastejo invernal.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Figura 4 - Pontos de coleta em lavoura de soja em sistema de cultivo Soja-Trigo-Soja.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Tabela 4 - Sistemas de cultivo e localização geográfica das lavouras para avaliações de podridão radicular e rendimento de grãos da soja, região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul, safras 2017/18 e 2018/19.

Sistema de cultivo		Coordenadas geográficas
Safra 2016/17		
I.	M-T ¹	a - 28°16'22,2"S - 50°58'44,9"O b - 28°23'14,1"S - 51° 0'32,6"O c - 28°25'24,7"S - 50°56'12,4"O
II.	M-CA ²	a - 28°28'57,4"S - 50°57'3,3"O b - 28°20'45,7"S - 50°59'20,9"O c - 28°29'59,7"S - 51° 9'1,4"O
III.	M-LPA ³	a- 28°37'54,3"S - 50°47'5,2"O b- 28°30'4,0"S - 50°49'15,3"O c- 28°20'31,2"S - 51°12'13,6"O
IV.	R-T ⁴	a- 28°17'29,4"S - 50°59'17,4"O b- 28°33'45,0"S - 51°11'7,7"O c- 28°38'18,5"S - 50°33'47,5"O
V.	R-CA ⁵	a - 28°27'55,2"S - 50°43'14,4"O b - 28°37'53,3"S - 50°30'6,9"O c - 28°14'49,1"S - 50°58'58,0"O
VI.	R-LP ⁶	a- 28°31'48,6"S - 51° 1'15,1"O b- 28°32'30,6"S - 50°45'41,1"O c- 28°37'32,0"S - 50°50'57,5"O
Safra 2017/18		
I.	M-T ¹	a - 28°18'0,2"S - 51° 2'41,1"O b - 28°17'22,9"S - 50°59'59,6"O c - 28°18'23,6"S - 51° 1'29,9"O
II.	M-CA ²	a- 28°19'25,8"S - 51° 0'21,2"O b- 28°28'41,6"S - 50°57'30,9"O c- 28°33'46,8"S - 50°47'24,9"O
III.	M-LPA ³	a- 28°34'21,1"S - 50°46'58,5"O b- 28°18'16,8"S - 50°59'12,6"O c- 28°16'27,7"S - 50°58'38,6"O
IV.	R-T ⁴	a- 28°39'26,0"S - 51° 2'17,1"O b- 28°16'48,4"S - 50°58'50,5"O c- 28°17'38,4"S - 51° 2'33,8"O
V.	R-CA ⁵	a- 28°17'1,0"S - 50°59'32,6"O b- 28°32'43,9"S - 50°56'10,9"O c- 28°34'25,5"S - 50°46'30,5"O
VI.	R-LP ⁶	a- 28°35'12,6"S - 50°46'8,6"O b- 28°37'24,3"S - 50°49'21,0"O c- 28°36'58,2"S - 50°52'28,0"O

¹Monocultura e soja em sucessão à colheita de grãos de trigo (M-T); ²monocultura e soja em sucessão a cobertura de aveia (M-CA); ³monocultura e soja em sucessão ao pastoreio de gramíneas (lavoura-pecuária) (M-LP); ⁴rotação com milho e soja em sucessão a colheita de grãos trigo (R-T); ⁵rotação e soja em sucessão a cobertura de aveia (R-CA); ⁶rotação com milho e soja em sucessão ao pastoreio de gramíneas (lavoura-pecuária) (R-LP).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

O sistema radicular de cada planta foi avaliado visualmente com a finalidade de identificar plantas saudáveis e plantas doentes (sintomáticas = com podridão radicular). A caracterização da planta doente foi dada com base nos sintomas e/ou sinais dos patógenos prevalentes nos tecidos infectados, a exemplo da Figura 4. Tal procedimento foi executado utilizando tesoura de poda e canivete, respectivamente para o corte e raspagem de tecido da raiz principal, colo da planta e base da haste.

Figura 5 - Raízes de plantas de soja apresentando sintomas de doenças radiculares.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Fragments retirados dos tecidos infectados das raízes foram levados ao Laboratório de Fitopatologia do CAV/UEDESC para isolamento em meio de cultura visando confirmação do agente causal. Os fragmentos foram desinfestados em solução de hipoclorito de sódio (1%) durante três minutos com posterior enxágue em água estéril e secagem em papel. Posteriormente os fragmentos foram plaqueados em placas de Petry contendo meio de cultura

de batata-dextrose-ágar (BDA) acrescido de antibiótico (200 mg L⁻¹ de sulfato de estreptomicina) (Figura 3). O processo de desinfestação e plaqueamento foi realizado em ambiente asséptico em câmara de fluxo laminar (FERNANDEZ, 1993; MENEZES & SILVA-HANLIN, 1997). As placas contendo os fragmentos foram incubadas em câmara de crescimento na temperatura de 25 ± 2°C e fotoperíodo de 12 horas durante sete dias. Decorrido o tempo de incubação as placas foram analisadas em lupa estereoscópica para visualização de colônias e estruturas dos fungos. Foi necessária a montagem de lâminas ao microscópio ótico para visualização das estruturas e comparação com características descritas na literatura (BARNETT & HUNTER, 1998).

Figura 6 - Fragmentos de raízes de soja plaqueados em placas de Petry contendo meio de cultura de batata-dextrose-ágar incubadas em sala de crescimento.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Figura 7 - Visualização de colônias e estruturas dos fungos.



A: Formação de micélios com cirros de conídios de *Phomopsis* sp.; B: Microescleródios de *Macrophomina phaseolina*; C: Formação de róseo avermelhado de *Fusarium* sp.; D: Placas contendo fragmentos de raízes infectadas colonizadas por fungos.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Com base no número total de plantas (NTP) e no número de plantas doentes (NPD) por amostra foi calculado o percentual de incidência (I%) de podridão radicular para cada sistema de cultivo, sendo: $I = \text{NPD} / \text{NTP} \times 100$.

Para a obtenção de prevalência de cada patógeno em cada sistema foi utilizada a seguinte fórmula: $\text{NTP} / \text{PSP}_{1...4} \times 100$, onde que (NTD) representa o número total de plantas, (PSP) plantas sintomáticas patógeno 1, plantas sintomáticas patógeno 2, plantas sintomáticas patógeno 3, plantas sintomáticas patógeno 4. Os dados obtidos foram expressos em incidência de podridão radicular e prevalência de patógeno para cada sistema de cultivo e safra agrícola.

A quantificação do dano foi realizada com as mesmas plantas de cada amostra e de cada sistema de cultivo, com metodologia semelhante à descrita por Reis et al. (2014). A parte aérea dessas plantas foi separada em dois grupos, plantas sadias e plantas doentes, sendo submetidas a um armazém de alvenaria da cooperativa Cooperval com posterior trilha, limpeza e pesagem dos grãos e feita a correção da umidade a 13% utilizando-se fórmula

relatada por Puzzi (1997).

Figura 8 - Imagem ilustrando o processo do transporte e avaliação das plantas.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019. A: Transporte das amostras de plantas de soja até o galpão da cooperativa; B: Separação de plantas e identificação visual dos sintomas; C: Plantas saudáveis e plantas sintomáticas; D: Amostras prontas para pesagem de grãos após trilha.

A obtenção do rendimento real, do rendimento potencial e da estimativa de dano foi procedida da seguinte forma: a) peso de grãos das plantas saudáveis (PGPS) e doentes (PGPD), separadamente; b) rendimento real (RR) pela soma do PGPS e PGPD; c) rendimento potencial (RP) pela divisão do PGPS pelo número de plantas saudáveis (NPS) e multiplicando esse valor pelo número total de plantas (NTP); dano (D) estimado subtraindo-se do RP o RR.

Os dados de incidência de podridão radicular e de rendimento de grãos foram submetidos à análise será fatorial de 6 sistemas, 3 locais por sistema contendo 5 amostras cada, e serão submetidos a análise de variância com teste de tukey a 5% de significância via programa SAS (SAS, 2003).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de incidência de podridões radiculares das lavouras avaliadas em cada sistema são apresentadas na Tabela 4. Nota-se que o número de plantas saudas é muito inferior em relação ao número de plantas infectadas, independentemente do sistema avaliado. Na safra 2016/17, considerando todos os sistemas avaliados, de um total de 9.265 plantas, 8.773 apresentavam raízes com sintomas de podridões radiculares. Proporções semelhantes foram encontradas na safra subsequente onde de um total de 10.698 plantas avaliadas, 9.660 apresentavam sintomas de podridões. Analisando-se a média geral entre os sistemas, observa-se que nas duas safras o percentual de plantas infectadas (doentes) foi igual ou superior a 95%.

Tabela 5 - Número total de plantas, plantas saudas e plantas doentes (podridão radicular) de soja em função de sistemas de cultivo, safras 2016/17 e 2017/18, nos Campos de Cima da Serra, estado do Rio Grande do Sul. Vacaria, 2019.

Safra 2016/17							
SISTEMAS	M-CA ¹	M-T ²	M-LPA ³	R-CA ⁴	R-T ⁵	R-LP ⁶	Total
Saudas ⁷	75	40	44	97	7	229	492
Doentes ⁸	1.456	1.688	1.416	1.518	1.457	1.238	8.773
Total	1.531	1.728	1.460	1.615	1.464	1.467	9.265
Safra 2017/18							
SISTEMAS	M-CA ¹	M-T ²	M-LPA ³	R-CA ⁴	R-T ⁵	R-LP ⁶	Total
Saudas ⁷	182	137	327	60	131	201	1.038
Doentes ⁸	1.667	1.681	1.399	1.610	1.687	1.616	9.660
Total	1.849	1.818	1.726	1.670	1.818	1.817	10.698

¹Monocultura e soja em sucessão a cobertura de aveia (M-CA); ²monocultura e soja em sucessão à colheita de grãos de trigo (M-T); ³monocultura e soja em sucessão ao pastoreio de gramíneas (lavoura-pecuária) (M-LP); ⁴rotação e soja em sucessão a cobertura de aveia (R-CA); ⁵rotação com milho e soja em sucessão a colheita de grãos de trigo (R-T); ⁶rotação com milho e soja em sucessão ao pastoreio de gramíneas (lavoura-pecuária) (R-LP); ⁷número de plantas sem sintomas visual de podridão radicular; ⁸número de plantas com sintomas visuais de podridões radiculares.

Considerando os sistemas isoladamente é observado o valor máximo no sistema de rotação soja-milho e o uso prévio de trigo no inverno (R-T) onde a proporção de plantas infectadas superou os 99% na safra 2016/17. O valor mínimo foi observado no sistema de monocultivo com soja em sucessão ao pastoreio de gramíneas (lavoura-pecuária) com 81% (M-LPA) na safra 2017/18 (Tabela 5).

Quando analisadas separadamente, por lavouras, independente do sistema avaliado,

ocorreu incidência de doenças radiculares acima de 81% (Tabela 6). Seja com trigo, aveia cobertura ou pastejo no inverno, sistemas de rotação com milho ou monocultura de soja, a maioria dos valores de incidência superou os 90%, indicando a presença de pelo menos um patógeno causador de podridão radicular.

Tabela 6 - Incidência de podridões radiculares em plantas de soja em cada lavoura amostrada, conduzida em diferentes sistemas de cultivo na Região de Campos de Cima da Serra, estado do Rio Grande do Sul, safras 2016/17 e 2017/18. Vacaria, 2019.

Sistemas	Safra 2016/17		Safra 2017/18	
	RC ¹	M ²	RC	M
Trigo A	99,4	93,1	91,7	96,9
Trigo B	99,2	100	70,9	80,5
Trigo C	100	100	87,7	92,9
Média trigo	99,5a	97,7 a	90,9a	90,1^a
Aveia A	94,6	97,0	94,0	98,6
Aveia B	91,8	95,8	94,2	93,4
Aveia C	95,7	93,0	84,3	98,2
Média aveia	94,1 a	95,2 a	90,9^a	96,7a
Pastoreio A	81,5	99,6	89,4	98,9
Pastoreio B	92,4	92,0	96,0	84,6
Pastoreio C	79,9	99,8	92,8	97,4
Média pastoreio	92,4 b	97,1 a	96,0a	93,6^a
Média Geral	92,7	96,7	89,1	93,5

¹Rotação de cultura: cultivo de milho na safra anterior; ²Monocultura: cultivo de soja na safra anterior. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor 2019.

A rotação de culturas, embora seja uma estratégia importante no controle de patógenos em diversas culturas, também é ineficiente ou possui baixa eficiência no controle de determinados patógenos, dentre eles *M. phaseolina* que é um fungo capaz de produzir microescleródios, estrutura de resistência formada por emaranhado de hifas e que mantém sua viabilidade no solo de forma independente em relação à nutrição que lhe é aportado (REIS et al., 2014). Sua característica polifoga, infectando mais de 500 espécies hospedeiras em 75 famílias botânicas, determina a ineficiência da rotação de culturas (RAYATPNAH & DALILI, 2012). Dentre as espécies hospedeiras encontra-se a cultura do milho, embora considerada de menor taxa de multiplicação de inóculo em relação à cultura da soja, é capaz de gerar novos ciclos do patógeno e, portanto, renovar e substituir o inóculo local inicial.

Cabe lembrar que em levantamentos não há o controle local, sendo as áreas avaliadas sujeitas a distintas condições de clima, variações na estrutura química, física e biológica do

solo. Também ocorrem variações em relação ao hospedeiro em virtude das características genéticas das diferentes cultivares em uso, podendo estas apresentar diferentes graus de suscetibilidade aos patógenos envolvidos na infecção de raízes. Não houve a determinação do número de unidades formadoras de colônias no início e também durante a condução do experimento, o que dificulta entender se o inóculo inicial em ambas as áreas apresentava valores próximos. Segundo Almeida et al. (2001), *M. phaseolina* é encontrada naturalmente nos solos brasileiros, no entanto, o equilíbrio biológico deste sistema faz com que não haja um aumento expressivo de determinado organismo. O aumento do número de unidades infectivas está diretamente associado ao cultivo de espécies hospedeiros aportados na área após sua abertura.

O sistema de plantio direto quando conduzido sem rotação de culturas tende a selecionar indivíduos, fazendo com que estes prevaleçam no sistema devido a baixa diversidade microbiana e também por fatores ligados a fertilidade do solo. A compactação superficial é uma característica facilmente encontrada neste sistema, fator que dificulta o desenvolvimento de raízes, gerando aspecto retorcido e restringindo sua área de atuação na absorção de água e nutrientes. Neste caso também ocorre maior abrasão, ocasionando ferimentos nas raízes, que liberam exsudatos atuando como substrato no desenvolvimento de fungos, tornando as plantas mais predispostas a infecção.

A rotação de cultura envolvendo milho e soja também tem apresentado resultados pouco promissores para o controle de *R. solani* e *Fusarium* spp. (YORINORI, 2000). Reis et al. (2014) avaliando pousio e outros cinco cultivos de inverno e aliando a estes sistemas o monocultivo de soja e a rotação com milho, sugeriram que os elevados percentuais de incidência de podridões radiculares estão atribuídos a baixa supressividade proporcionada pelas culturas durante as safras avaliadas, necessitando de um tempo maior de utilização da rotação para obter resultados promissores na supressão de patógenos radiculares.

Os fungos do complexo *Diaphorthe/Phomopsis* estão associados a sementes, sendo a *Phomopsis longicolla* encontrada em sementes com maior frequência em relação de *Diaphorthe phaseolorum* var. *sojae* e esse em maior frequência em relação a *Diaphorthe* var. *caulivora* e *Diaphorthe* var. *meridionalis* (SINCLAIR, 1999). Estas doenças são geralmente observadas na soja após a floração, e podem causar danos ao rendimento sob condições climáticas favoráveis (HARTMANN et al., 1999; WRATHER et al., 1998). Gerdeman (1954) relatou que o fungo infecta raízes na porção subterrânea da base da haste durante o

estádio de plântula.

Quando comparado todos os sistemas de cultivo com incidência de podridões radiculares, observa-se que à redução na produtividade ao ponto em que aumenta o percentual de doenças, independente da safra e sistema de cultivo, podendo ocorrer a redução da produtividade em 22 kg/ha^{-1} para cada ponto percentual de incidência de podridão radicular (MAIER et al., 2018)

O agente etiológico isolado que prevaleceu em ambos sistemas de cultivo e safra foi o *Fusarium* sp. com 34,4% seguido pela associação de *Fusarium* + *Macrophomina* 31,9% (Tabela 7), este fato pode ser efeito do solo da região que é predominantemente LATOSSOLO BRUNO, que é considerado um solo pesado e tem como característica alto teor de argila, alta capacidade de retração e baixa capacidade de infiltração, características que favorecem a disseminação do *Fusarium* corroborando com a colocação de Picinini et al. (2003), que afirmam que solos compactados e com água livre favorecem o desenvolvimento do *Fusarium* spp.

Chama a atenção a presença de sintomas de *Phomopsis* sp. em todos os sistemas e sempre em associação com outros patógenos, apresentando sintoma de mosaico, alguns autores recentemente tem caracterizado estas linhas como sintoma de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid, *Fusarium* spp., ou *Diaphorthe* spp., em soja (GHISSI et al., 2014; Zaccron et al., 2014). No Brasil não ha evidências que a fomopsis possa causar danos a produtividade quando encontrado nas raízes. Em estudo realizado nos EUA, Olson et al. (2015) utilizou 90 amostras de plantas com sintomas de cancro da haste, oriundas de cinco estados americanos, e através de identificação molecular comprovou que o sintoma de *Dark zone lines* era advindo do fungo *Diaphorthe longicolla*.

Tabela 7 - Prevalência de fungos causadores de podridões radiculares em soja avaliando-se monocultura e rotação de culturas em sucessão a trigo, aveia e pastejo, na região de Campos de Cima da Serra, safras agrícolas 2016/17 e 2017/18. Vacaria, 2019.

Culturas	Rotação de Culturas				Monocultura			
	F	M	F+M	F+M+P	F	M	F+M	F+M+P
Safra 2016/17								
Trigo	35,20	9,50	22,10	32,80	80,40	0,90	5,40	10,80
Aveia	47,10	5,70	37,10	22,50	42,70	9,90	20,60	21,90
Pastoreio	41,50	6,80	22,80	10,30	56,70	2,20	11,90	28,30
Média Geral	41,30	7,30	27,30	21,80	59,90	4,30	12,60	20,30
Safra 2017/18								
Trigo	21,40	17,30	28,80	11,10	20,90	19,70	25,10	22,60
Aveia	12,60	19,70	40,10	17,30	11,40	19,50	25,30	40,40
Pastoreio	20,30	21,80	25,70	24,30	22,10	19,00	14,90	36,70
Média Geral	18,10	19,60	31,50	17,60	18,10	19,40	21,80	33,20

F: Complexo de Fusarium; M: *Macrophomina phaseolina*; P: *Phomopsis* sp.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A umidade de grãos no momento da pesagem de grãos na safra 2016/17 variou de 13,7 a 18,4%, com média de 14,5%, e na safra 2017/18 variou de 14,1 a 19,6%, com média de 14,9%.

A partir dos resultados da incidência e dos danos (Tabela 7 e 8), observa-se que há dispersão dos valores médios, tanto para incidência como para danos. Os resultados e fatores observados durante a pesquisa revelaram que existe uma interação de vários aspectos que podem ter interferido na incidência de podridões radiculares (IPR), bem como no dano causado, já que as lavouras e os locais foram cultivados com diferentes cultivares de soja e diferentes manejos. Quando se trata de podridões radiculares alguns fatores podem interferir e forma positiva quanto à IPR, entre eles a fertilidade natural do solo, aspectos da física do solo, a adubação química, o genótipo, a cobertura e manejo no período invernal, a temperatura do solo no momento da semeadura, o vigor e qualidade das sementes utilizadas, o tipo de semeadora utilizada (disco de corte ou sulcador), a presença de restos culturais de soja e milho e também a população final de plantas.

Na primeira safra, 2016/17, a incidência média de podridão radicular foi de 95,9%, com dano médio de 201 kg ha⁻¹. Em áreas onde o sistema de cultivo foi rotação de culturas a incidência média foi de 95,3%, valor similar aos 96,4% detectado no sistema de monocultura. Porém, em áreas de rotação de culturas o dano médio quantificado foi de 144 kg ha⁻¹, quase a metade do dano médio de 258 kg/ha⁻¹ detectado nas áreas de monocultura de soja (Tabela 8).

Na safra agrícola de 2017/18, a incidência média de podridão radicular foi de 93%, com dano médio de 318 kg/ha⁻¹. Os dados obtidos na segunda safra demonstram que o sistema de cultivo está mais relacionado ao dano no rendimento de grãos do que a IPR. Em monocultura obteve-se incidência média de podridão radicular de 93,5% comparado aos 92% de incidência no sistema de rotação de culturas, porém com dano de 418 kg ha⁻¹ em monocultura ante aos 212 kg ha⁻¹ em rotação de culturas (Tabela 9).

Esses dados encontram respaldo pelo trabalho de Cook & Baker (1983) que mencionam que a rotação de culturas é uma medida de controle que reduz e/ou elimina fungos do solo pelos mecanismos de supressão do substrato e pela disponibilidade da qualidade nutricional selecionar um grupo de microrganismos antagonistas ao patógeno alvo. É provável que a rotação de culturas também interfira na densidade ou potencial do inóculo responsável pela infecção e grau de severidade dos tecidos radiculares colonizados. No entanto, sistemas de cultivo de rotação utilizado somente em uma safra não se tem mostrado eficiente na redução da incidência de podridões radiculares como rizoctonioze e podridão vermelha (YORINORI, 2000).

A rotação de culturas com milho também pode melhorar a estrutura física do solo. Caso ocorra sistemas de cultivo com diferenças na compactação do solo pode haver predisposição ao desenvolvimento dos fungos causadores da podridão vermelha da raiz e podridão cinzenta (COSTAMILAN, 1999). Segundo Klein & Boller (1995) solos sob o sistema de plantio direto apresentam maior compactação do solo na camada superficial (0 a 5cm) quando comparado com sistemas onde o solo foi revolvido com a utilização de implementos agrícolas e combinações antes da implantação da cultura. Em todos os sistemas avaliados o sistema de cultivo foi em plantio direto.

Outro fator que pode ter influenciado na quantificação dos danos é a diversidade de genótipos que podem apresentar distintos mecanismos de defesa, tanto estruturais como bioquímicos, que podem ser pré-existentes, ou induzidos, quanto a expressão é evidenciada com a presença do patógeno (MICHEREFF et al., 2005). Nas duas safras foram avaliadas 36 situações de cultivo com distintas cultivares o que não permitiu comparar a resistência genética, fato esse que pode ser alvo de um novo estudo, para que se possa averiguar se existe alguma cultivar com tolerância a podridões radiculares. Da mesma forma, a disponibilidade de nutrientes pode predispor a planta ao ataque de patógenos atuando de forma direta ou indireta, induzindo a resistência ou a tolerância da planta hospedeira, podendo reduzir ou

aumentar a severidade das doenças e afetando também o ambiente favorecendo ou prejudicando os patógenos presentes no solo (MICHEREFF et. al., 2005).

Tabela 8 - Incidência e danos de podridões radiculares da soja em diferentes sistemas de cultivo nos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul, safra 2016/17. Vacaria, 2019.

Sistema de Cultivo*	Incidência (%)	Dano (kg ha ⁻¹)
M-CA ¹	95,2 ^a	393 ^a
M-T ²	97,0 ^a	322 ^{ab}
M-LPA ³	97,1 ^a	60 ^{abc}
Média Monocultura	96,4	258
R-CA ⁴	94,1 ^a	21 ^a
R-T ⁵	99,5 ^{ab}	9 ^{ab}
R-LP ⁶	92,4 ^{2a}	402 ^{abc}
Média Rotação	95,3	144
Média Geral	95,9	201

¹Monocultura e soja em sucessão a cobertura de aveia (M-CA); ²monocultura e soja em sucessão à colheita de grãos de trigo (M-T); ³monocultura e soja em sucessão ao pastoreio de gramíneas (lavoura-pecuária) (M-LP); ⁴rotação e soja em sucessão a cobertura de aveia (R-CA); ⁵rotação com milho e soja em sucessão a colheita de grãos de trigo (R-T); ⁶rotação com milho e soja em sucessão ao pastoreio de gramíneas (lavoura-pecuária) (R-LP). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Tabela 9 - Incidência e danos de podridões radiculares em soja diferentes sistemas de cultivo nos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul, safra, safra 2017/18. Vacaria, 2019.

Sistema de Cultivo*	Incidência (%)	Dano (kg ha ⁻¹)
M-CA ¹	96,7 ^a	861 ^a
M-T ²	90,1 ^{ab}	340 ^{ab}
M-LPA ³	93,6 ^a	54 ^{abc}
Média Monocultura	93,5	418
R-CA ⁴	90,8 ^a	238 ^a
R-T ⁵	90,8 ^a	398 ^{ab}
R-LP ⁶	95,9 ^{ab}	15 ^{abc}
Média Rotação	92,5	217
Média Geral	93,0	318

¹Monocultura e soja em sucessão a cobertura de aveia (M-CA); ²monocultura e soja em sucessão à colheita de grãos de trigo (M-T); ³monocultura e soja em sucessão ao pastoreio de gramíneas (lavoura-pecuária) (M-LP); ⁴rotação e soja em sucessão a cobertura de aveia (R-CA); ⁵rotação com milho e soja em sucessão a colheita de grãos de trigo (R-T); ⁶rotação com milho e soja em sucessão ao pastoreio de gramíneas (lavoura-pecuária) (R-LP). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

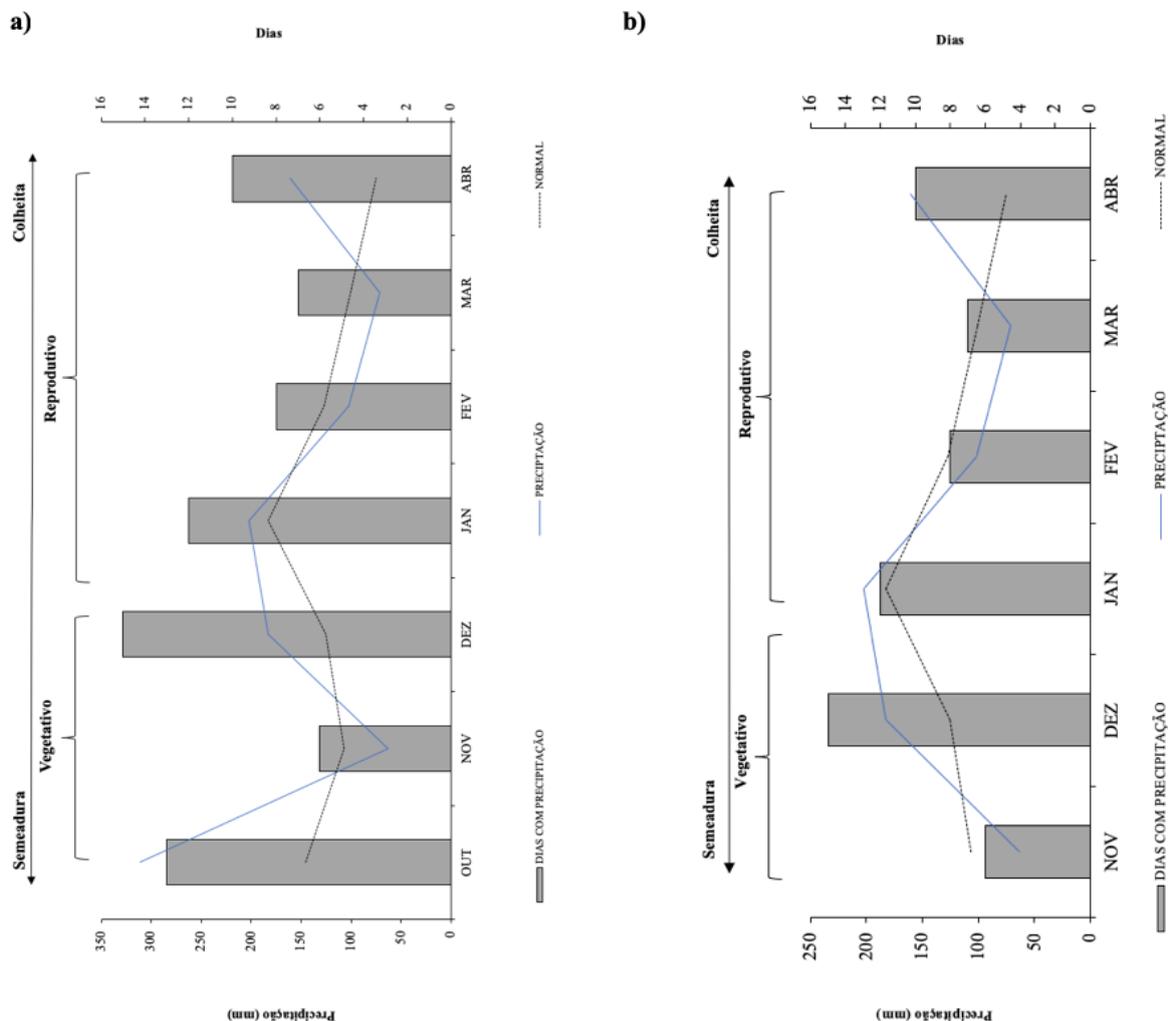
No grupo das plantas sintomáticas foram separados quatro subgrupos: *Macrophomina phaseolina* (M), complexo de espécies de *Fusarium* (F), M + F e M + F + *Phomopsis* spp. (M + F + P) (Tabela 9).

Na safra 2016/17 o complexo de *Fusarium* prevaleceu com 48,8% de detecção, seguido pela associação dos patógenos *Fusarium* sp., *Macrophomina phaseolina* e *Phomopsis* sp. Dentro das espécies de *Fusarium*, o complexo *F. solani* (Figura 9) e *F. graminearum* predominaram nos sintomas e nos isolamentos em meio de cultura. No caso de espécies de *Phomopsis*, apesar de não ter sido feita caracterização para determinar as espécies, assume-se a ocorrência de *P. longicola*, causador do mosaico geográfico. O patógeno com menor expressão, detectado isoladamente, foi *M. phaseolina* com 5,8% de prevalência.

Na safra 2017/18 houve uma distribuição homogênea de detecção dos patógenos nas podridões radiculares, seguindo a seguinte ordem; *Fusarium* + *Macrophomina* 26,4%, seguido pelo complexo de patógenos associados *Fusarium* sp., *Macrophomina phaseolina* e *Phomopsis* sp. 25,4%, *Macrophomina* 19% e pelo complexo *Fusarium* 18,6%.

Alguns fatores podem influenciar diretamente na incidência de podridões radiculares na cultura da soja, pois fungos habitantes de solo como o complexo *Fusarium solani* necessitam de água livre no solo para alcançar as raízes e causar a infecção, fator esse que ocorreu no momento da semeadura e estabelecimento da cultura na safra 2016/17 onde que durante o momento da semeadura houve ocorrência de 13 dias de precipitação, com um acumulado de 311 mm, e em dezembro mês em que o ocorre o final de semeadura de lavouras onde o trigo foi cultivado no inverno, e mais de 70% das lavouras encontravam-se na fase crítica para a ocorrência da infecção por *Fusarium* ocorreu precipitações 46% acima da média esperada para o período (Figura 10), também esta ligado correlacionado a este fator, pode se explicar a ocorrência do mosaico geográfico (*Phomopsis* sp) nas raízes das plantas coletadas, pois segundo Yorinori (1996), quanto mais frequente forem as chuvas nos primeiros 40 a 50 dias após a semeadura, maior a quantidade do fungo que serão liberados dos restos de cultura e atingirão a haste das plantas.

Figura 9 - Dados meteorológicos mensais de precipitações (mm) e ocorrência de dias com precipitação e fases de desenvolvimento da cultura e duas épocas de semeadura em sucessão a cobertura invernal e ou pastejo (a) e em sucessão ao cultivo do trigo (b), safra 2016/17.

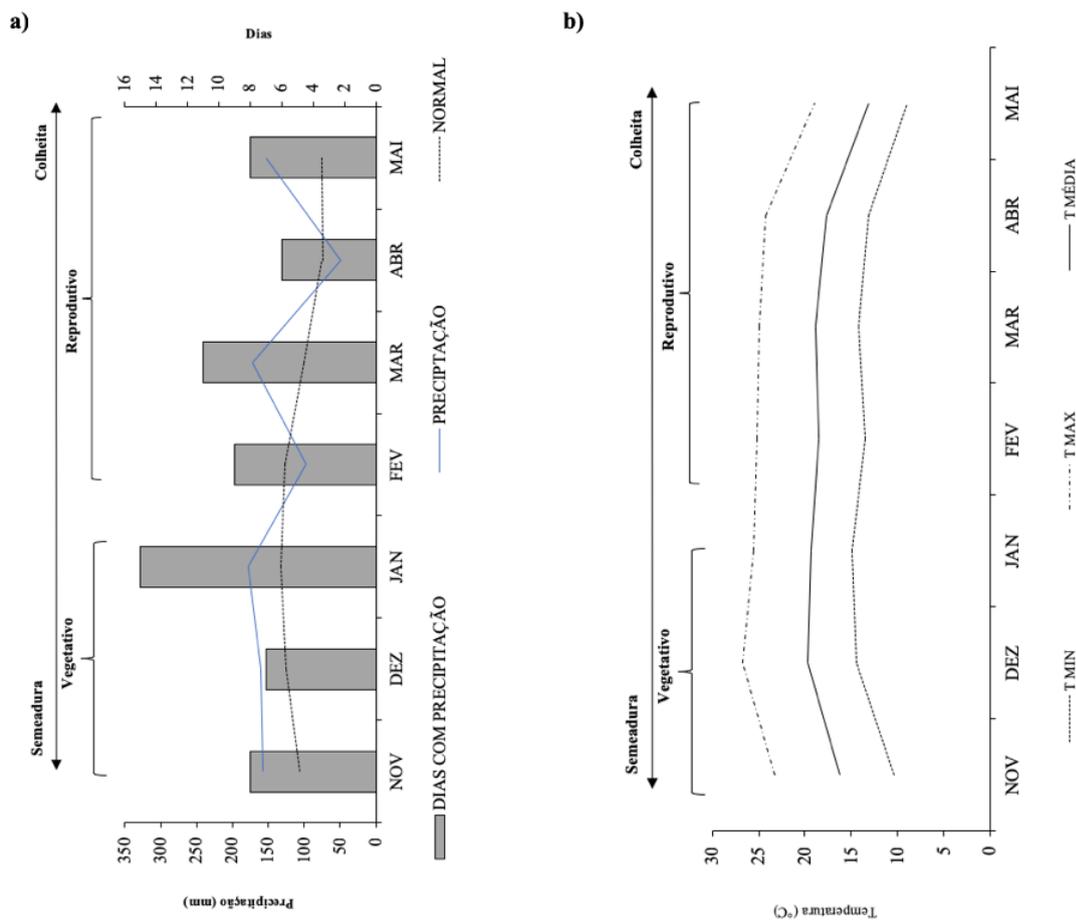


Fonte: Elaborada pelo autor com uso de dados da EMBRAPA, Vacaria, RS, 2019.

Houve um aumento significativo da prevalência de *M. phaseolina* da safra 2016/17 para a 2017/18, (13,2%), é provável que este aumento esta relacionado a redução de chuvas nos meses em que ocorria a fase de enchimento de grãos das maioria das lavouras que ocorre entre os meses de fevereiro até março, onde segundo dados da estação meteorologia da Embrapa Uva e Vinho-Vacaria, no mês de fevereiro choveu 20% abaixo da média (102mm) e 29,7% em março (71mm), favorecendo assim o surgimento de plantas com sintomas de infecção por *Macrophomina phaseolina*, como descrito por Boaretto & Danelli (2012), que dizem que os danos são maiores quando as plantas próximas à sua maturação fisiológica

sofrem estresse hídrico e encontram-se sob alta temperatura (28 a 35 °C) Figura 11.

Figura 10 - Dados meteorológicos mensais de precipitações (mm) fases de desenvolvimento da cultura (a) e temperaturas °C (b) Safra 2017/18.



Fonte: Elaborada pelo autor com uso de dados da EMBRAPA. Vacaria, RS, 2019.

Figura 11- Plantas com sintomas de infecção pelo complexo *Fusarium solani*.



A) Sintoma secundário de plantas de soja infectadas por espécie de *Fusarium solani*, B) Feixe vascular de raízes com sintomas de infecção.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Figura 12- Raízes de plantas de soja com sintomas de infecção por patógenos radiculares.



Raízes de plantas de soja apresentando sintomas de *Fusarium* sp., *Macrophomina phaseolina* e mosaico geográfico.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Outros fungos também foram detectados nos tecidos infectados isolados em meio de cultura, porém com menor prevalência, tais como: *R. solani*, *F. pallidoroseum* e *Trichoderma* sp.

Tabela 10 - Prevalência média dos principais fungos associados a podridões radiculares da soja em diferentes sistemas de cultivo nas safras de 2016/17 e 2017/18 na região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul. Vacaria, RS, 2019.

Patógenos	Prevalência (%)	
	Safra 2016/17	Safra 2017/18
Complexo de espécies de <i>Fusarium</i>	48,8	18,6
<i>Macrophomina phaseolina</i>	5,8	19
<i>Fusarium</i> + <i>M. phaseolina</i>	17,2	26,4
<i>Fusarium</i> + <i>M. phaseolina</i> + <i>Phomopsis</i> spp.	20,8	25,4

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

O trabalho indica a necessidade de formas alternativas de controle de patógenos associados a doenças radiculares. A rotação de culturas mostrou-se ineficiente em curto prazo na redução da incidência de podridões radiculares na cultura da soja, devendo-se avaliar seu efeito supressivo em experimentos de maior duração. Também há necessidade de explorar manejo de doenças radiculares com enfoque na melhoria da estrutura física do solo e em estudos de calagem e adubação mineral como fatores de predisposição ou não ao processo de infecção dos fungos patogênicos habitantes do solo.

3.6 CONCLUSÕES

O sistema de rotação de culturas com um ano de cultivo de milho não demonstra eficiência de controle de podridões radiculares em soja em uma única safra.

O cultivo de trigo para produção de grãos, aveia para cobertura e pastoreio com gramíneas antecedentes ao cultivo da soja, seja em monocultura de soja ou em rotação com milho no verão, não reduzem satisfatoriamente as podridões radiculares da soja.

O complexo de *Fusarium* e *M. phaseolina* são os fungos patogênicos encontrados com mais frequência isoladamente em tecidos radiculares com sintomas de podridão radicular, embora haja associação destes dois e a presença marcante de *Phomopsis* sp., independente do sistema de cultivo avaliado.

Na região dos Campos de Cima da Serra, estado do Rio Grande do Sul, a ocorrência de podridões radicular é alta, superior a 90%, independentemente do sistema de cultivo adotado pelos produtores de soja.

A soja cultivada em áreas de monocultura ou de rotação com milho não diferem em incidência de podridão radicular, mas plantas de soja cultivadas em áreas de rotação apresentam menor dano no rendimento de grãos.

Apesar da alta incidência de podridões radiculares o cultivo de aveia como cobertura antecedendo o cultivo da soja tanto em monocultura como em rotação, indicaram menor dano no rendimento de grãos de soja.

Os fungos do complexo *Fusarium solani* e *Macrophomina phaseolina* foram os principais patógenos encontrados causando podridão radicular. O *Phomopsis* sp., causador do mosaico geográfico, apesar de em menor prevalência foi detectado em associação com outros patógenos em todos os sistemas de cultivo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho tentou elucidar de forma prática e simples como se encontra a situação das podridões radiculares na região dos Campos de Cima da Serra. É difícil afirmar hoje qual seria a melhor estratégia para reduzir a incidência de podridões radiculares, pois existem muitos fatores que podem contribuir para a diminuição do problema.

Apesar do sistema de cultivo em rotação de culturas não ter mostrado redução significativa na incidência de podridões radiculares, mostrou que ainda assim os danos são menores em relação ao sistema de cultivo de monocultura, mostrando assim ainda sendo uma ferramenta importante no manejo de PR.

Os danos causados por podridões radiculares variam de 3,3 a 6,9 sacas ha^{-1} , valores que em alguns casos significam o lucro de uma safra.

A resistência genética ainda é a alternativa que traria respostas em curto prazo, infelizmente durante a execução do projeto notamos à campo que hoje não existe nenhum material que se sobressai-se sob a maioria, sendo isto extremamente preocupante.

Não existe somente um patógeno prevalecendo, e sim dois ou mais.

O mosaico geográfico deve ser alvo de mais estudos, pois não se sabe qual o dano que ele pode estar ocasionando para cultura.

A compactação do solo deve ser um grande influenciador no aumento das podridões radiculares, sendo esse um possível alvo de um próximo estudo sobre o tema.

A utilização cada vez maior de agroquímicos para o controle de pragas e moléstias deve estar agindo de forma negativa na biota do solo, fato esse que está deixando o solo em desequilíbrio e selecionando patógenos, fato que deve ser revisto.

O sistema de rotação de culturas deve ser utilizado em maior escala, cabendo a assistência técnica fomentá-la.

A utilização de agentes biológicos deve ser ampliada sobre tudo a utilização de fungos e bactérias que são competidores com fungos causadores de podridões radiculares.

É necessário realizar trabalhos com a utilização de cultivos consorciados a fim de melhor tanto a física quando a biologia do solo.

As dificuldades encontradas durante o trabalho mostram se tratar de um tema complexo que deve ser alvo de mais estudos, sobretudo por parte das empresas obtentoras das cultivares de soja hoje comercializadas, pois se não forem tomadas algumas atitudes quanto

aos patógenos de solo de maneira de como prevenir ou manejar estes fungo, é provável que ocorra a estagnação na produtividade, impactando diretamente o sistema produtivo brasileiro.

5 REFERÊNCIAS

- ACHENBACH, L.A.; PATRICK, J.; GRAY, L. Use of RAPD markers as a diagnostic tool for the identification of *Fusarium solani* isolates that cause soybean sudden death syndrome. **Plant Disease**, v.80, p. 1228-1232, 1996.
- ALBUQUERQUE, A. J; SANGOI, L; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p.717-723, 2001.
- AL-AHMADI, A. H.; SUBEDI, A.; WANG, G.; CHOUDHARY, R.; FAKHOURY, A. & WATSON, D. Detection of charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) toxin effects in soybean (*Glycine max*) seedlings using hyperspectral spectroscopy. **Computers and electronics in Agriculture**, v.150, p.188-195, 2018.
- ALMEIDA, A.M.R.; ABDELNOOR, R.V.; ARIAS, C.A.A.; CARVALHO, V.P.; JACOUD FILHO, D.S.; MARIN, S.R.R.; BENATO, L.C.; PINTO, M.C.; CARVALHO, C.G.P. Genotypic diversity among brazilian isolates of *Macrophomina phaseolina* revealed by RAPD. **Fitopatologia Brasileira**, São Paulo, v.28, n.3, p.279-285, 2003.
- ALMEIDA, A.M.R.; FERREIRA, L.P.; YORINORI, J.T.; SILVA, J.F.V.; HENNING, A.A.; GODOY, C.V.; COSTAMILAN, L.M.; MEYER, M.C. Doenças da soja (*Glycine max*). In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed). **Manual de fitopatologia**. 4. Ed. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 569-588, 2005.
- ALMEIDA, A.M.R.; SOSA-GOMEZ, D.R.; BINNECK, E.; MARIM, S.R.R.; ZUCCHI, M. I.; ABDELNOOR, R.V.; SOUTO, E. R. Effect of crop rotation on specialization and genetic diversity of *Macrophomina phaseolina*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.33, n. 4, p.257-264, 2008.
- ALMEIDA, A.M.R.; SEIXAS, C.D.S. **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura**. 399 p., Londrina: Embrapa Soja, 2010.
- ALMEIDA, A.A.R.; SARAIVA, O. F.; FARIAS, J.R.B.; GAUDÊNCIO, C.M.; TORRES, E. Survival of pathogens on soybean debris under no-tillage and conventional tillage systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p.1231-1238, 2001.
- ALMEIDA, A.M.R.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; TORRES, E.; FARIAS, J.R.B.; BENATO, L.C.; PINTO, M.C.; VALENTIM, N. Progress of soybean Charcoal rot under tillage and no-tillage systems in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, n. 2, p. 131-135, 2003.
- ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C.D.S .; FARIAS, J.R.B., OLIVEIRA, M.C.N.;FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; COSTA, J.M.; GAUDÊNCIO, C.A. **Macrophomina phaseolina em soja**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Londrina: Embrapa Soja, 55 p., 2014.

ANDERSON T.R.; TENUTA A. First report of *Fusarium solani* f. sp. *glycines* causing sudden death syndrome of soybean in Canada. **Plant Disease**, v. 82, n.4, p.449, 1998.

AOKI, T.; O'DONNELL, K.; HOMMA, Y.; LATTANZI, A.R. Sudden death syndrome of soybean in South America is caused by four species of *Fusarium*: *Fusarium brasiliense* sp. nov., *F. cuneirostrum* sp. nov., *F. tucumaniae*, and *F. virguliforme*. Sudden death syndrome of soybean in South America is caused by four species of *Fusarium*: *Fusarium brasiliense* sp. nov., *F. cuneirostrum* sp. nov., *F. tucumaniae*, and *F. virguliforme*. **Mycoscience**, v. 46, p. 162-183, 2005.

AON, M.A.; SARENA, D.E.; BURGOS, J.L.; CORTASSA, S. (Micro) biological, chemical and physical properties of soils subjected to conventional or no-tillage management, and assessment of their quality status. *Soil and Tillage Research*, v. 60, p. 173-186, 2001.

BALARDIN, R.S. **Doenças da soja**. Santa Maria: Ed. Autor, 2002. 100p.

BARNARD, E. L. & GILLY, S. P. Charcoal root rot of pines. **Plant Pathology**, n. 290, 1986.

BITANCOURT, A.A. Uma nova doença do feijão. **O Biológico**, v. 1, n. 2, p. 41, 1935.

BOARETTO, C.; DANELLI, A.L.D. Podridão cinzenta da raiz. In: REIS, E.M.; CASA, R.T. **Doenças da soja: etiologia, sintomatologia, diagnose e manejo integrado** (Orgs). Passo Fundo: Berthier, p.281-296, 2012.

CHANG, S.J.C.; DOUBLER, T.W.; KILO, V.; SUTTNER, R.; KLEIN, J.; SCHMIDT, M.E.; GIBSON, P.T.; LIGHTFOOT, D.A. Two additional loci underlying durable field resistance to soybean sudden death syndrome (SDS). **Crop Science**, v.36, p.1684-1688, 1996.

CANADAY, C. H.; HELSEL, D. G. & WYLLIE, T. D. Effects of herbicide-induced stress on root colonization of soybeans by *Macrophomina phaseolina*. **Plant Disease**, v.70, n.9, p.863-866, 1986.

CASA, R.T.; REIS, A.C. Rizoctoniose. In: REIS, E.M.; CASA, R.T. **Doenças da soja: etiologia, sintomatologia, diagnose e manejo integrado** (Orgs). Passo Fundo: Berthier, p.329-332, 2012.

CASSOL, Luis C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia – Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2003.

CARVALHO, C.P; MORAES, A; ANGHINOMI, I; AGUINAGA, Q.A; CASSOL, C.L; FLORES, C.P; SILVA, S.L.J; ALVES, J.S; PESLISSARI, A. **Integração lavoura e pecuária: como aumentar a rentabilidade, otimizar o uso da terra e minimizar os riscos**, 2014

CLOUD, G. L.; RUPE, J. C. Morphological instability on a chrolate medium of isolates of

Macrophomina phaseolina from soybean and sorghum. **Ecology and Epidemiology**, v. 81, p. 892-895, 1991a.

CLOUD, G.L.; RUPE, J.C. Comparison of three media for enumeration of sclerotia of *Macrophomina phaseolina*. **Plant Disease**, v. 75, p.771-772, 1991b.

CONAB, **Acompanhamento da safra brasileira, grãos - Safra 2018/19**. Sétimo levantamento, Brasília, v.6, p.1-69, 2019.

CONAB, **Acompanhamento da safra brasileira, grãos - Safra 2018/19**. Décimo primeiro levantamento, Brasília, v.6, p.1-107, 2019.

COOK, G.E.; BOOSALIS, M.G.; DUNKLE, L.D.; ODVODY, G.N. Survival of *Macrophomina phaseoli* in corn and sorghum stalk residue. **Plant Disease**, v.57, p. 873-875, 1973.

CORREA, J.C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p.107-114, 1995.

COSER, S.M.; REDDY, V.C.; ZHANG, J.; MUELLER, D.S.; MENGISTU, A.; WISE, K. A.; ALLEN, T.W.; SINGH, A.; SINGH, A.K. Genetic architecture of charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) resistance in soybean revealed using a diverse panel. **Frontiers in Plant Science**, v.8, n.1626, 2017.

DHINGRA, O.D.; TENNE, F.D.; SINCLAIR, J.B. Method for the determination of competitive saprophytic colonization of soil fungi. **Transactions of British Mycological Society**, v. 66, n.3, p.447-456, 1976.

DHINGRA, O.D.; SINCLAIR, J.B. **Biology and pathology of *Macrophomina phaseolina***. Viçosa, MG: Imprensa Universitária - Universidade Federal de Viçosa, 1978.

DUBEY, R.C.; KUMAR, H.; PANDEY, R.R. Fungitoxic effect of Neem extracts on growth and sclerotial survival of *Macrophomina phaseolina in vitro*. **Journal of American Science**, New Haven, v.5, n.5, p.17-24, 2009.

EMATER-ASCAR, Safra verão 2018/2019, **Estimativas Iniciais de Áreas de Produção**, Gerência de planejamento Núcleo de Informações e Análises, Janeiro 2019.

EMBRAPA SOJA. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja. 2000.

EMBRAPA. **Sistema de plantio direto**. Janeiro, 2013. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000fu5hwsuy02wx5eo0c9s1ralhbxadb.html>>. Acesso em 05 de janeiro de 2019.

EMBRAPA. Agrometeorologia Vacaria. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/dados-meteorologicos/vacaria>>. Acesso em 16 de Julho de 2019.

FARIAS NETO, A.L.; MOREIRA, C.T.; SOUZA, P.I.M.; OLIVEIRA, A.B. **Avaliação de genótipos de soja quanto à resistência à podridão vermelha da raiz (*Fusarium solani* f. sp. *glycines*)**. In: Reunião De Pesquisa De Soja Da Região Central Do Brasil, n. 22, 2000, Cuiabá. Resumos... Cuiabá: Embrapa Soja, p. 94. (Embrapa Soja Documentos, 144). 2000.

FARIAS NETO, A.L.; HARTMAN, G.L.; PEDERSEN, W.L.; LI, S.; BOLLERO, G.A.; DIERS B.W. Irrigation and inoculation treatments that increase the severity of soybean sudden death syndrome in the field. **Crop Science**, v. 46, p. 2547-2554, 2006.

FARIAS NETO, A.L.; SOUZA, P.I.M.; MOREIRA, C.T.; DIANESE, A.C.; SILVA, N.S.; SILVA, S.A. Reação de genótipos de soja à síndrome da morte súbita, causada pelo fungo *Fusarium solani* f. sp. *glycines*. In: Reunião De Pesquisa De Soja Da Região Central Do Brasil, 29, 2007, Campo Grande, MS. Resumos. Londrina: Embrapa Soja, p. 128-130 (Embrapa Soja. Documentos, 287). Organizado por Odilon Ferreira Saraiva, Regina Maria Villas Boas de Campos Leite, Simone Grosskopf, 2007.

FARIAS NETO, A.L.; SCHIMIDT, M.; HARTMAN, G.L.; LI, S.; DIERS, B.W. Inoculation methods under greenhouse conditions for evaluating soybean resistance to sudden death syndrome. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.1475-1482, 2008.

FRANCL, L. J.; WYLLIE, T.D.; ROSENBROCK, S.M. Influence of crop rotation on population density of *Macrophomina phaseolina* in soil infested with *Heterodera glycines*. **Plant Disease**, v.72, p.760-764, 1988.

FEBRAPDP. **Sistema de plantio direto na palha: a pratica que diferencia a agricultura brasileira**. Ponta Grossa. Abril, 2005. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/download/publicacoes/Plantio_direto_ABMRA_Documento_Base_Marketing_2005.pdf>. Acesso em 02 de maio de 2019

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 11p., 1977. (Special Report, 80).

FERREIRA, L.P.; LEHMAN, P.S.; ALMEIDA, A.M.R. **Doenças da soja no Brasil**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1979.

FIDELIS, R.R.; ROCHA, C.N.R.; LEITE, T.U.; TANCREDI, D.F. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.19, n.1, p.2-31, 2003.

GANGOPADHYAY, S.; WYLLIE, T.D.; LUEDDERS, V.D. Charcoal rot disease of soybean transmitted by seeds. **Plant Disease**, v.54, p.1088-1091, 1970.

GÁSPERI, A.C.; PRESTES, A.M.; COSTAMILAN, L.M. Reação de cultivares de soja à podridão vermelha da raiz causada por *Fusarium solani* f. sp. *glycines*. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p.544-547, 2003.

GERDEMAN, J.W. The association of *Diaphorthe phaseolorum* var. *sojae* with root and basal rot of soybean. **Plant Disease Reporter**, v.38, p.742-743, 1954.

GHISSI, V.V.; REIS, E.M.; DEUNER, C.C. Etiology of Phomopsis root rot in soybean. **Summa Phytopathologica**, v.40, p.270-272, 2014.

GOIDANISH, G. Revisione de genere *Macrophomina* Petrek. Species tipica: *Macrophomina phaseolina* (Tass.) Goid. nov. comb. nec. *M. phaseoli* (Maubl.) Ashby. **Annali Della Sperimentazione Agraria**, v.1, p.449-461, 1947.

GOMES, D.P.; SILVA, G.C.; KRONKA, A.Z.; TORRES, S.B.; SOUZA, J.R. Qualidade fisiológica e incidência de fungos em sementes de feijão-caupi produzidas do Estado do Ceará. **Revista Caatinga**, v.2, n.21, p.165-171, 2008.

HARTMAN, G.L.; SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. **Compendium of soybean diseases**. 4 Ed. APS Press. The American Phytopathological Society, 1999. 100p.

HARTMAN, G.L.; GARDNER, M.E.; HYMOWITZ, T.; NAIDOO, G.C. Evaluation of perennial *Glycine* species for resistance to soybean fungal pathogens that cause Sclerotinia stem rot and sudden death syndrome. **Crop Science**, v.40, n.2, p.545-549, 2000.

HILLOCKS, R.J.; WALLER, J.M. Soilborne diseases and their importance in tropical agriculture. In: HILLOCKS, R.J.; WALLER, J.M. (Eds.) **Soilborne diseases of tropical crops**. Wallingford: CAB International, p.3-16, 1997.

HNETKOVSKY, N.; CHANG, S.J.C.; DOUBLER, T.W.; GIBSON, P.T.; LIGHTFOOT, D.A. Genetic mapping of loci underlying field resistance to soybean sudden death syndrome (SDS). **Crop Science**, v.36, p.393-400, 1996.

HERSHMAN, D.E.; HENDRIX, J.W.; STUCKEY, R.E.; BACHI, P.R.; HENSON, G. Influence of planting date and cultivar on soybean sudden death syndrome in Kentucky. **Plant Disease**, v.74, p.761-766, 1990.

HERSHMAN, D.E. Diseases of the root system: soybean sudden death syndrome. In: Simpósio Sobre o Cerrado: Biodiversidade e Produção Sustentável de Alimentos e Fibras nos Cerrados. 8.: Simpósio Internacional Sobre Savanas Tropicais: Biodiversidade e Produção Sustentável de Alimentos e Fibras nas Savanas Tropicais. 1. Brasília 1996, Anais... p. 97-99.1996.

HOLLIDAY, P.; PUNITHALINGAM, E. **Macrophomina phaseolina**. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria. v.275, p. 1-2, 1970.

IGBAL, M.J.; MEKSEM, K.; NJITI, V.N.; KASSEM, M.A.; LIGHTFOOT, D.A.; Microsatellite markers identify three additional quantitative trait loci for resistance to soybean sudden death syndrome (SDS) in Essex x Forrest RILs. **Theoretical and Applied Genetics**, v.102, p.187-192, 2001.

ISHIKA, W.A.S.M.; RIBEIRO, R.N.; ELI, C.O.C.E; ALMEIDA, A.A.; BALBI-PEÑA, I.M. Seleção de cultivares de soja para resistência à podridão negra da raiz (*Macrophomina phaseolina*). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.44, n.1, p.38-44, 2018.

- IVANCOVICH, A.; BOTTA, G.; ANNONE, J. **Síndrome de la muerte repentina en cultivos de soja en el área de la EEA Pergamino**. Carpeta de Producción Vegetal. Información N° 94. Tomo XI, Soja, 1992.
- JAVAID, A.; AFZAL, L.; SHOAI, A. Biological control of charcoal rot of mungbean by *Trichoderma harzianum* and shoot dry biomass of *Sisymbrium irio*. **Planta Daninha**, v.35, p.1-12, 2017.
- JAVAID, A.; KHAN, I.H.; SHOAI, A. Management of charcoal rot of mungbean by two *Trichoderma* species and dry biomass of *Coronopus didymus*. **Planta Daninha**, v.36, p.1-8, 2018.
- KLINGELFUSS, L.H.; YORINORI, J.T.; ARIAS, C.A.; DESTRO, D. Reaction of soybean cultivars to sudden death syndrome and disease scoring methods for screening resistance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.2, p.257-264, 2002.
- KLADIVKO, E. Tillage systems and soil ecology. **Soil and Tillage Research**, v.61 p.61-76, 2001.
- KUNWAR, I.K.; SINGH, T.; MACHADO, C.C.; SINCLAIR, J.B. Histopathology of soybean seed and seedling infection by *Macrophomina phaseolina*. **Phytopathology**, v.76, n.5, p.532-535, 1986.
- LARSON, W.E.; GUPTA, S.C.; USECHE, R.A. Compression of agricultural soils from eight soils orders. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.450-457, 1980.
- LEÃO, R.Z.R.; FREITAS, M.A.; CAFÉ FILHO, A.C. Reaction of soybean cultivars to inoculation with isolates of different *Fusarium* species and formae speciales. **Summa Phytopathologica**, v.24, n.3-4, p.268-271, 1998.
- LEHMAN, P.S.; MACHADO, C.C.; TARRAGO, M.T. Frequência e severidade de doenças da soja nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Fitopatologia Brasileira**, v.1, p. 1983-1993, 1976.
- LI, S.; HARTMAN, G.L.; LEE, B.S.; WIDHOLM, J.M. Identification of a stress-induced protein in stem exudates of soybean seedlings root infected with *Fusarium solani* f. sp. *glycines* culture filtrates. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.38, p.803-809, 2000.
- LIM, S.M.; JIN, H. Pathogenic variability in *Fusarium solani* isolated from soybeans with sudden death syndrome symptoms. **Phytopathology**, v.81, p.1236, 1991.
- LOBO JUNIOR, M.; BRANDÃO, R.S.; CORRÊA, C.A.; GÖRGEN, C.A.; CIVARDI, E.A.; OLIVEIRA, P. **Uso de braquiárias para o manejo de doenças causadas por patógenos habitantes do solo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 8 p. (Comunicado técnico, 183).
- JANA, T.; TILAK, R.S.; RAVULPALLI, D.P.; DILIP, K.A. Molecular characterization of

Macrophomina phaseolina and Fusarium species by a single primer RAPD technique. **Microbiology Research**, v.158, p.249-257, 2003.

MAIER, M.; SOUZA, A.C.; CASA, T.R. Cropping systems on root and soybean seed yield. **Ciência Rural**, v.48, n.7, p.1-8, 2018.

MARTÍNEZ-VILLAREAL, R.; GARZA-ROMERO, T.S.; MORENO-MEDINA, V.R.; HERNÁNDEZ-DELGADO, S.; MAYÉK-PÉREZ, N. Bases bioquímicas de la tolerancia al estrés osmótico en hongos fitopatógenos: el caso de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. **Revista Argentina de Microbiología**, v.48, n.4, p.347-357, 2016.

MAYÉK-PÉREZ, N.; LÓPEZ-CASTAÑEDA, C.; GONZÁLEZ-CHAVIRA, M.; GARCIA-ESPINOSA, R.; ACOSTA-GALLEGOS, J.; VEGA, O.M. de la; SIMPSON, J. Variability of mexican isolates of *Macrophomina phaseolina* based on pathogenesis and AFLP genotypes. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 59, p.257-264, 2001a.

MAYÉK-PÉREZ, N.; LÓPEZ-CASTAÑEDA, C.; LÓPEZ-SALINAS, E.; CUMPIÁN-GUTIÉRREZ, J.; ACOSTA-GALLEGOS, J. A. Resistência a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. en frijol común en condiciones de campo en México. **Agrociência**, v.35, n.6, p.649-661, 2001b.

MAYÉK-PÉREZ, N.; LÓPEZ-CASTAÑEDA, C.; LÓPEZ-SALINAS, E.; CUMPIÁN-GUTIÉRREZ, J.; JOAQUÍN-TORRES, I.C.; PADILLA-RAMÍREZ, J.S.; ACOSTA-GALLEGOS, J.A. Effect of *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. on grain yield of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and its relationship with yield stability parameters. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v.21, p.168-175, 2003.

MAYÉK-PÉREZ, N.; LÓPEZ-SALINAS, E.; CUMPIÁN-GUTIÉRREZ, J.; ACOSTA-GALLEGOS, J.A. Reacción de germoplasma de frijol común a *Macrophomina phaseolina* en condiciones de riego-secano em Veracruz, México. **Agromía Mesoamericana**, v.15, n.1, p.45-51, 2004.

MARTÍNEZ-HILDERS, A; LAURENTIN, H. Caracterización fenotípica y molecular de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. proveniente de la zona de producción de ajonjolí en Venezuela. **Bioagro, Barquisimetro**, v.24, n.3, p.187-196, 2012.

MEKESEM, K.; DOUBLER T.W.; CHANCHAROENCHAI, K.; NJITI, V.N.; CHANG, S.J.C.; RAO ARELLI, A.P.; CREGAN, P.E.; GRAY, L.E.; GIBSON, P.T.; LIGHTFOOT, D.A. Clustering among loci underlying soybean resistance to *Fusarium solani*, SDS and SCN in near-isogenic lines. **Theoretical and Applied Genetics**, v.99, p.1131-1142, 1999.

MELGAR, J.; ROY, K.W.; ABNEY, T.S. Sudden death syndrome of soybean: etiology, symptomatology and effects of irrigation and *Heterodera glycines* on incidence and severity under field conditions. **Canadian Journal of Botany**, v.72, p.1647-1653, 1994.

MEYER, W.A.; SINCLAIR, J.B.; KHARE, M.N. Biology of *Macrophomina phaseoli* in soil studied with selective media. **Phytopathology**, v.63, p.613-620, 1973.

MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E.G.T.; MENEZES, M. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife, PE: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. 398p.

MICOBANK, *Macrophomina phaseolina*. Disponível em: <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?TableKey=1468261600000063&Rec=14243&Fields=All>>. Acesso em 15 de Julho de 2019.

MIHAIL, J.D. *Macrophomina*. In: SINGLETON, L.L.; MIHAIL, J.D.; RUSH, C.M.(Eds) **Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi**. St. Paul: APS Press, p.134-136, 1992.

MUELLER D.S. **Resistance to *Fusarium solani* f. sp. *glycines*, the causal organism of sudden death syndrome of soybean**. Tese (Doutorado) University of Illinois, Urbana-Champaign. 2001.

MUELLER, D.S.; HARTMAN, G.L.; NELSON, R.L.; PEDERSEN, W.L. Evaluation of Glycine max germplasm for resistance to *Fusarium solani* f. sp. *glycines*. **Plant Disease**, v. 86, n.7, p.741-746, 2002.

MUELLER, D.S.; NELSON, R.L.; HARTMAN, G.L.; PEDERSEN, W.L. Response of commercially developed soybean cultivars and the ancestral soybean lines to *Fusarium solani* f. sp. *glycines*. **Plant Disease**, v.87, n.7, p.827-831, 2003.

NAKAJIMA, T.; MITSUEDA, T.; CHARCHAR, M.J.D. First occurrence of sudden death syndrome of soybean in Brazil. **Japanese Agricultural Research Quarterly**, v.30, p.31-40, 1996.

NELSON, P.E.; TOUSSOUN, T.A.; COOK, R.J. (Eds) ***Fusarium: Diseases, Biology and Taxonomy***. University Park. The Pennsylvania State University Press, 1981.

NICOLOSSO, S.R.; LANZANOVA, E.M.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1799-1805, 2006.

NJITI, V.N.; SHENAUT, M.A.; SUTTNER, R.J.; SCHMIDT, M.E.; GIBSON, P.T. Soybean response to sudden death syndrome: inheritance influenced by cyst nematode resistance in Pyramid x Douglas progenies. **Crop Science**, v.36, n.5, p.1165-1170, 1996.

NJITI, V.N.; JOHNSON, J.E.; TORTO, T.A.; GRAY, L.E.; LIGHTFOOT, D.A. Inoculum rates influence selection for field resistance to soybean sudden death syndrome in the greenhouse. **Crop Science**, v.41, p.1-6, 2001.

O'DONNELL, K.; GRAY, L.E. Phylogenetic relationships of the soybean sudden death syndrome pathogen *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* inferred from rDNA sequence data na PCR primers for its identification. **Molecular Plant Microbe Interactions**, v.8, p.709-716, 1995.

OLSON, T.R.; GEBREIL, A.; MICIJEVIC, A.; BRADLEY, C.A.; WISE, K.A.; MUELLER,

D.S.; CHILVERS, M.I.; MATHEW, F.M. Association of *Diaporthe longicolla* with black zone lines on mature soybean plants. **Plant Health Progress**, 2015.

PICININI, E.C.; FERNANDES, J.M. **Doenças de soja: diagnose, epidemiologia e controle**. 3.ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 103 p. 2003. (Documentos, 16).

PAPAVIZAS, G.C.; KLAG, N.G. Isolation and quantitative determination of *Macrophomina phaseolina* from soil. **Phytopathology**, v.65, p.182-187, 1975.

PEARSON, C.A.S.; SCHWENK, F.W.; CROWE, F.J.; KELLEY, K. Colonization of soybean roots by *Macrophomina phaseolina*. **Plant Disease**, v.68, n.12, p.1086-1088, 1984.

PIOLI, R.N.; PORFIRI, A.; DIAZ, M.C.; INCREMONA, M.; MORATA, M. Determination of fungic diseases on soybean (*Glicine max*) – pervious study to evaluation of management methods. **Comunicaciones Biologicas**, v.11, p.212, 1993.

POPLER, L.D. Síndrome de la muerte súbita: nueva enfermedad de la soja en el noroeste argentino. **Avance Agroindustrial**, v.13, n.54, p.5-9, 1993.

RAYATPNA, H. S.; DALILI, S.A. Diversity of *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid based on chlorate phenotypes and phatogenicity. **International Journal of Biology**, v.4, n.2, p.54-63, 2012.

REIS, E.M.; CASA, R.T. **Doenças da soja: etiologia, sintomatologia, diagnose e manejo integrado**. (Orgs). Passo Fundo: Berthier, 2012. 436p.

REIS, E.M.; CASA, R.T.; BIANCHIN, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. **Summa Phytopathologica**, v.37, n.3, p.85-91, 2011.

REIS, E.M.; SEGALIN, M.; MORAES, N. L.; GHISSI, V.C. *Macrophomina phaseolina*: density and longevity of microsclerotia in soybean root tissues and free on the soil, and competitive saprophytic ability. **Summa Phytopathol**, Botucatu, vol.40, n. 2, p. 128-133. 2014.

RINGLER, G.A. **Reaction of soybean to inoculation with Fusarium solani**. Dissertação (Mestrado) – University of Illinois, Urbana-Champaign,1995.

ROY, K.W. Sporulation of *Fusarium solani glycines*, causal agent of sudden death syndrome, on soybeans in the Midwestern and Southern United States. **Plant Disease**, v.81, p.566-9, 1997.

RUPE, J. Epidemiology of sudden-death syndrome of soybean. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 1999. p.139-148. (Embrapa Soja. (Documentos, 124).

RUPE, J.C.; GBUR JUNIOR, E.E.; Effects of plant age, maturity group, and the environment on disease progress of sudden death syndrome of soybean. **Plant Disease**, v. 79, p.139-143, 1995.

RUPE, J.C.; ROBBINS, R.T.; GBUR JUNIOR, E.E. Effect of crop rotation on soil population densities of *Fusarium solani* and *Heterodera glycines* and on the development of sudden death syndrome of soybean. **Crop Protection**, v.16, p.575-580, 1997.

SCANDIANI, M.; RUBERTI, D.; PIOLI, R.; LUQUE, A.; GIORDA, L. First report of Koch's postulates completion of sudden death syndrome of soy-bean in Argentina. **Plant Disease**, v.87, p.447, 2003.

SCANDIANI, M.M.; CARMONA, M.; LUQUE, A.G. **Podridão de Fusarium**. In: REIS, E.M.; CASA, R.T. **Doenças da soja: etiologia, sintomatologia, diagnose e manejo integrado** (Orgs). Passo Fundo: Berthier, p.297-312, 2012.

SECEX – **Secretaria de Comércio Exterior** – Janeiro de 2019, disponível em <<http://portal.siscomex.gov.br/orgaos/secretaria-de-comercio-exterior-sececx/>> Acessado em 02 Maio de 2019

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo vermelho-escuro e de um podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.24, n.2, p.239-249, 2000.

SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G.E.S.; YORINORI, J.T.; ALMEIDA, A.M.R.; ARIAS, C.A.A.; KIIHL, R.A.S.; ALMEIDA, L.A.; OLIVEIRA, E.; LIMA, C.G.; SCHOBBER, I.C.; GOULART FILHO, G.; ALIGLIERI, G.M.G.; GOMES, J.I.; SOUZA, N.V.; BENATO, L.C. **Contribuição ao desenvolvimento de linhagens de soja com resistência a patógenos**. Londrina: Embrapa Soja, 43 p. 2002. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1).

SILVA, A.P.; INHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system. **Soil and Tillage Research**, v.70, n.1, p.83-90, 2003.

SILVA, R.N.O. da; MIGLIORINI, P.; JUNGES, E.; NUNES, A. F.; TUNES, L.V.M. Métodos de inoculação de *Rhizoctonia bataticola* (taubi.) (*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid) em sementes de feijão. **Revista Verde**, v.11, n.4, p.07-11, 2016.

SINCLAIR, J.B. *Diaphorthe-Phomopsis* complex. In: HARTMANN, G.L.; SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 4. Ed. APS: St. Paul, 1999. p.31.

SINGH, S.K.; NENE, Y.L.; REDDY, M.V. Influence of cropping systems on *Macrophomina phaseolina* populations in soil. **Plant Disease**, v.74, p.812-814, 1990.

SHOKES, F.M.; LYDA, S.D.; JORDAN, W.R. Effect of water potential on the growth and survival of *Macrophomina phaseolina*. **Phytopathology**, v.67, p.239-241, 1977.

SHORT, G.E.; WYLLIE, T.D.; AMMON, V.D. Quantitative enumeration of *Macrophomina phaseolina* in soybean tissues. **Phytopathology**, v.68, p.736-741, 1978.

STEPHENS, P.A.; NICKELL, C.D.; LIM, S.M. Sudden death syndrome development in soybean cultivars differing in resistance to *Fusarium solani*. **Crop Science**, v.33, p.63-66. 1993.

- VARELA, C.A.; SANT'ANNA, M.D.; PILON, M.; PEREZ, B.N.; LAMPERT, N.V.; **A integração da Lavoura-Pecuária no contexto dos campos Sul-Brasileiros: Visão da EMBRAPA Pecuária Sul**. 102ª Expofeira Bagé, v. 1, p.1, 2015.
- XING, L.J.; WESTPHAL, A. Interaction of *Fusarium solani* f. sp. *glycines* and *Heterodera glycines* in sudden death syndrome of soybean. **Phytopathology**, v.96, p.763-770, 2006.
- TANNER, C.B.; MARMARIL, C.P. Pasture soil compaction by animal traffic. **Agronomy Journal**, v.51, p.329-331, 1959.
- TAYLOR, H.M.; BRAR, G.S. Effect of soil compaction on root development. **Soil and Tillage Research**, v.19, p.111-119, 1991.
- TONIN, R.F.B.; AVOZANI, A.; DANELLI, A.L.D.; REIS, E.M.; ZOLDAN, S.M.; GARCÉS-FIALLOS, F.R. *In vitro* mycelial sensitivity of *Macrophomina phaseolina* to fungicides. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43, n.4, p.460-466, 2013.
- VICK, C.M.; CHONG, S.K.; BOND, J.P.; RUSSIN, J.S. Response of soybean sudden death syndrome to subsoil tillage. **Plant Disease**, v.87, p.629-632, 2003.
- WATANABE, T. Pycnidium formation by fifty different isolates of *Macrophomina phaseoli* originated from soil or kidney bean seed. **Annals of the Phytopathological Society of Japan**, v.38, n.2, p.106-110, 1972.
- WRATHER, J.A.; KENDING, S.R. Tillage effects on *Macrophomina phaseolina* population density and soybean yield. **Plant Disease**, v.82, p.247-250, 1998.
- WESTPHAL, A.; ABNEY, T.S.; XING, L.J.; SHANER, G.E. **Sudden death syndrome of soybean**. The plant health instructor. St. Paul: Purdue University, 2008. Disponível em: <<https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalasco/pdlessons/Pages/SuddenDeath.aspx>> . Acesso em: 03 de maio de 2018.
- WRATHER, J.A.; KENDING, S.R. Tillage effects on *Macrophomina phaseolina* population density and soybean yield. **Plant Disease**, v.82, p.247-250, 1998.
- YANG, X.B.; NAVI, S.S. First report of charcoal rot epidemics caused by *Macrophomina phaseolina* in soybean in Iowa. **Plant Disease**, Saint Paul, v.89, n.5, p.526, 2005.
- YORINORI, J.T. **Cancro da haste da soja: epidemiologia e controle**: Londrina: Embrapa Soja, 1996. 75 p. (Circular Técnica, 14).
- YORINORI, J.T. **Evolução da ocorrência e da severidade da podridão vermelha da raiz da soja (PVR/SDS) e reação das cultivares comerciais à doença**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 22., 2000, Cuiabá. Resumos... Londrina: Embrapa Soja, p. 94. (Embrapa Soja. Documentos).
- YORINORI, J.T. **Situação atual das doenças potenciais no Cone Sul**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2., Foz do Iguaçu, 2002. Anais. Londrina: Embrapa Soja, 2002.

p.171.

YORINORI, J.T.; NOMURA, S.L. Cultivares de soja resistentes à podridão vermelha da raiz causada por *Fusarium solani*. **Fitopatologia Brasileira**, v.19, p.339, 1994.

ZAMORANO, M.A.; PLOPER, L.D.; GONZALEZ, V.; GALVEZ, M.R.; JALDO, H.E.; DIAZ, C.G.; DEVANI, M.R. Evaluacion de cultivares comerciales de soja en su respuesta al síndrome de la muerte súbita (*Fusarium solani* f. sp. *glycines*) en Tucuman. **Avance Agroindustrial**, v.24, n.4, p.8-14, 2003.