

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL

FERNANDO GAVA

**RELAÇÃO ENTRE A POPULAÇÃO DE PLANTAS E A INTENSIDADE
DE DOENÇAS DA HASTE E DO SISTEMA RADICULAR EM SOJA**

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

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Trezzi Casa

LAGES, SC

2008

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Gava, Fernando

Relação entre a população de plantas e a
intensidade de doenças da haste e do sistema
radicular em soja. / Fernando Gava – Lages,
2008.
70p.

Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências
Agroveterinárias / UDESC.

1. Soja. 2. Soja – Doenças e pragas. 3. Plantas - Densidade.
4. Plantio direto. I. Título.

CDD – 633.34

FERNANDO GAVA

Graduado em Agronomia – UDESC/CAV – Lages-SC.

**RELAÇÃO ENTRE A POPULAÇÃO DE PLANTAS E A INTENSIDADE
DE DOENÇAS DA HASTE E DO SISTEMA RADICULAR EM SOJA**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovado em: 06/03/2008
Pela banca examinadora:

Homologado em:
Por

Dr. Ricardo Trezzi Casa
Orientador – UDESC/Lages-SC

Dr. Ricardo Trezzi Casa
Coordenador Técnico do Curso de Mestrado em
Produção Vegetal

Ph.D. Carlos Alnberto Forcelini
Universidade de Passo Fundo/UPF
Passo Fundo/RS

Dr. Ricardo Trezzi Casa
Coordenador do Programa de Mestrado em
Ciências Agrárias

Ph.D. Amauri Bogo
UDESC/Lages-SC

Dr. Adil Knackfuss Vaz
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias – UDESC/Lages-SC

Dr. Clóvis Arruda de Souza
UDESC/Lages-SC

LAGES
Santa Catarina - Brasil
Dezembro - 2008

Aos meus queridos pais Aldo Gava e Roza Maria
Raizel Gava, pelos ensinamentos, companheirismo e
exemplo de vida.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por estar comigo em todos os momentos desta caminhada, dando-me saúde, discernimento e ânimo para que pudesse vencer as etapas para alcançar aos meus objetivos.

Ao mestre Ricardo Trezzi Casa pela sua orientação, amizade, confiança e disponibilidade em transmitir conhecimento em todos os momentos.

A Universidade do Estado de Santa Catarina pela oportunidade de realização do curso.

Ao Programa de Monitoria de Pós-Graduação/PROMOP, pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos professores do curso pelo empenho e qualidade de ensino ministrado.

A NBN Sementes pela parceria na realização dos experimentos e pela disponibilidade de informações cedida pelos proprietários.

Aos colegas de mestrado João Martinho, Francine Regianini, Paulo Kuhnem e Ana Maria Belani pelo apoio em horas difíceis e por todos os momentos que passamos juntos.

Aos bolsistas de iniciação científica Jonatha Bolzan, Felipe Souza, Carlos Techio Sacon e Anderson Danelli pela ajuda sempre que necessário a realização dos experimentos.

A toda minha família, em especial aos meus pais e irmãos pelo incentivo constante e diário.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi correlacionar a incidência da seca da haste e de podridões radiculares em diferentes populações de plantas de soja cultivares CD 213 RR e BRS 255 RR em área de plantio direto sob rotação de culturas com milho e sucessão ao trigo. Além da incidência foram avaliadas o número de hastes, a altura final das plantas e o diâmetro do colo das plantas. Os experimentos foram conduzidos no município de Muitos Capões, RS, durante as safras agrícolas de 2006/07 e 2007/08. Foram testadas densidades de 12, 18, 24, 30 e 36 sementes aptas m^{-2} , com espaçamento entre linha de 45 cm. As unidades experimentais foram parcelas de 5 m de largura e 10 m de comprimento, arranjadas em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. A incidência da seca da haste foi quantificada em diferentes estádios fenológicos da cultura e a determinação do número de hastes e da altura de plantas foi feita quando as plantas se encontravam em maturação completa. Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão. Houve correlação positiva e significativa entre o aumento da população de plantas e incremento na incidência de seca da haste para duas cultivares nas duas safras. Não houve correlação significativa entre incidência de *Phomopsis* sp. nos grãos e aumento na população de plantas, nem tampouco quando se correlacionou com a incidência da seca da haste. A altura e o número de hastes por planta sofreram influência das diferentes populações de plantas, com correlações positivas e significativas. Os resultados mostraram que o manejo da soja evitando elevada população de plantas contribui para reduzir a incidência da seca da haste, que está correlacionada com as modificações sofridas pela altura e o número de hastes por planta. A incidência das podridões radiculares foi quantificada no estágio de maturação completa, com identificação dos fungos predominantes e também determinação do diâmetro do colo da planta. Houve correlação positiva e significativa entre aumento na população de plantas e incremento na incidência de podridões radiculares para CD 213 RR nas duas safras. Na BRS 255 RR não houve correlação. Nas duas cultivares houve correlação negativa e significativa entre aumento na população de plantas e diâmetro do colo. Na CD 213 RR houve correlação negativa e significativa entre diâmetro do colo e incidência de podridões radiculares; o mesmo não ocorreu para cultivar BRS 255 RR. Houve diferenças entre as espécies predominantes de fungos encontrados infectando as raízes para as duas cultivares, porém não houve diferença entre as safras. A incidência das espécies de fungos associadas às podridões radiculares não apresentou correlação significativa com o aumento na população de plantas nas duas cultivares e safras, bem como no rendimento de grãos. Os resultados permitem concluir para cultivar CD 213 RR que as podridões radiculares podem ser reduzidas evitando populações acima de 24 plantas por m^2 .

Palavras-chave: Densidade de Plantas. *Glycine max*. Plantio Direto. Podridões Radiculares. Seca da Haste.

ABSTRACT

This report aimed to correlate the incidence of stem blight and root rot with different populations of plants of soybean cultivars CD 213 RR and BRS 255 RR in an area of no till under rotation of crops with maize and under the succession of wheat. As auxiliary tools, were evaluated the number of stems, the final plant height and diameter of the base stem of the plants. The experiments were conducted in the county of Muitos Capões, RS, during the harvests of 2006/07 and 2007/08. Were tested densities of 12, 18, 24, 30 and 36 viable seeds m^{-2} , with space among line of 45 cm. The experimental units were plots of 5 m of width and 10 m of length, arranged in randomized experimental configuration of blocks, with four replications. The incidence of stem blight was measured at different phenological stages of culture and the determination of the number of stems and height of plants was made when the plants were complete maturity. The data were submitted to the regression analysis. There were positive and significant correlation between the increase of the plant population and increment of incidence of stem blight for two cultivars in two harvests. There was no significant correlation between incidence of *Phomopsis sojae* in grains and increase in the population of plants, nor when it was correlated with the incidence of stem blight. The height and number of stems per plant had influence of different populations of plants with positive and significant correlations. The results showed that the management of soybean avoiding high population of plants contributes to reduce the incidence of stem blight, which is correlated with the modifications made by the height and number of stems per plant. The incidence of root rot was measured at the stage of complete maturity, with identification of the predominant fungi and determination of the diameter of the stem base of the plant. There was positive and significant correlation between increase in population of plants and increment in the incidence of root rot for CD 213 RR in the both seasons. In BRS 255 RR there was no correlation. Both cultivars showed negative and significant correlation between increment of the population of plants and diameter of the stem base. In the CD 213 RR there was negative and significant correlation between the stem base diameter and incidence of root rot, the same did not occurred for BRS 255 RR cultivar. There were differences between the predominant species of fungi found infecting the roots for the two cultivars, however there was no difference between the harvests. The incidence of fungi species associated with root rot showed no significant correlation with the increase in population of plants in the two cultivars and harvests. In the two harvests and cultivars there was no significant difference in yield of grains. The results allow to conclude for CD 213 RR cultivar that the root rot can be reduced avoiding populations higher than 24 plants per m^2 .

Key-words: Density of Plants. *Glycine max*. No Till. Root Rot. Stem Blight.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Plantas de soja apresentando sintomas de <i>Phomopsis</i> sp. nas hastes secundárias.....	20
Figura 2 – À esquerda: Raiz de soja com o cortéx radicular exposto mostrando os microescleródios de <i>Macrophomina phaseolina</i> . À direita: Planta sadia.....	23
Figura 3 – Ilustração mostrando os tratamentos a campo. De cima para baixo: 12, 24 e 36 plantas por m ² respectivamente.....	35
Figura 4 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR, nos estádios fenológicos R5.1 (10 % da granação), R5.5 (maioria das vagens entre 75 % e 100 % da granação), R6 (100 % da granação e com folhas verdes), R7, (início do amarelecimento de folhas) e R7.1 (entre o início e 50 % do amarelecimento de folhas). Muitos Capões, RS, safra 2006/07.	37
Figura 5 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR, nos estádios fenológicos R1 (primeira flor desenvolvida visível), R4 (vagens completamente desenvolvidas com aproximadamente 2 cm de comprimento num dos 4 primeiros nós da planta), R5.1 (10 % da granação) e R5.3 (entre 25 % e 50 % da granação). Muitos Capões, RS, safra 2007/08.	37
Figura 6 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja BRS 255 RR, nos estádios fenológicos R5.1 (10 % da granação), R5.5 (maioria das vagens entre 75 % e 100 % da granação), R6 (100 % da granação e com folhas verdes), R7, (início do amarelecimento de folhas) e R7.2 (entre 50% e 100% de amarelecimento de folhas). Muitos Capões, RS, safra 2006/07.....	38
Figura 7 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja BRS 255 RR, nos estádios fenológicos R1 (primeira flor desenvolvida visível), R5.1 (10 % da granação), R5.3 (entre 25 % e 50 % da granação) e R6 (grãos verdes completamente cheios preenchendo as cavidades da vagem). Muitos Capões, RS, safra 2007/08.	38
Figura 8 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR, nos estádios fenológicos R5.1 (10 % da granação), R5.5 (maioria das vagens entre 75 % e 100 % da granação), R6 (100 % da granação e com folhas verdes), R7, (início do amarelecimento de folhas) e R7.1 (entre o início e 50 % do amarelecimento de folhas). Muitos Capões, RS, safra 2006/07.	39

- Figura 9 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja BRS 255 RR, nos estádios fenológicos R5.1 (10 % da granação), R5.5 (maioria das vagens entre 75 % e 100 % da granação), R6 (100 % da granação e com folhas verdes), R7, (início do amarelecimento de folhas) e R7.2 (entre 50% e 100% de amarelecimento de folhas). Muitos Capões, RS, safra 2006/07.....40
- Figura 10 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR, nos estádios fenológicos R1 (primeira flor desenvolvida visível), R4 (vagens completamente desenvolvidas com aproximadamente 2 cm de comprimento num dos 4 primeiros nós da planta), R5.1 (10 % da granação) e R5.3 (entre 25 % e 50 % da granação). Muitos Capões, RS, safra 2007/08.....41
- Figura 11 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja BRS 255 RR, nos estádios fenológicos R1 (primeira flor desenvolvida visível), R5.1 (10 % da granação), R5.3 (entre 25 % e 50 % da granação) e R6 (grãos verdes completamente cheios preenchendo as cavidades da vagem). Muitos Capões, RS, safra 2007/08.....42
- Figura 12 - Relação entre incidência de *Phomopsis sojae* em sementes oriundas de diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR safra 2006/07 (A) e safra 2007/08 (B) e BRS 255 RR safra 2006/07 (C) e safra 2007/08 (D). Muitos Capões, RS. 200845
- Figura 13 - Relação entre incidência de *Phomopsis sojae* em sementes e sua relação com a incidência de seca da haste próximo da maturação em soja CD 213 RR safra 2006/07 (A) e safra 2007/08 (B) e BRS 255 RR safra 2006/07 (C) e safra 2007/08 (D). Muitos Capões, RS. 2008.45
- Figura 14 - Relação entre populações de plantas de soja CD 213 RR (A e B) e BRS 255 RR (C e D) e altura de plantas durante as safras 2006/07 (A e C) e 2007/08 (B e D) no estágio fenológico R8 (Maturação completa). Muitos Capões, RS. 2008.....46
- Figura 15 - Relação entre populações de plantas de soja CD 213 RR (A e B) e BRS 255 RR (C e D) e número de hastes durante as safras 2006/07 (A e C) e 2007/08 (B e D) no estágio fenológico R8 (Maturação completa). Muitos Capões, RS. 2008.....46
- Figura 16 – Correlação entre os rendimentos e populações de plantas de soja CD 213 RR (A e B) e BRS 255 RR (C e D) durante as safras 2006/07 (A e C) e 2007/08 (B e D). Muitos Capões, RS. 2008.47
- Figura 17 – Raízes de plantas cultivadas sobre diferentes populações exibindo diferenças no que diz respeito ao diâmetro do colo. Da esquerda para a direita 12, 18, 24, 30 e 36 plantas por m² respectivamente. ...54
- Figura 18 – Raízes de soja mostrando sintomas55
- Figura 19 - Relação entre incidência de podridões radiculares e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.2 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.56

- Figura 20 - Relação entre o diâmetro da haste principal e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.2 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.....57
- Figura 21 - Relação entre o diâmetro da haste principal e a incidência de podridões radiculares em plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.2 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.....58
- Figura 22 - Relação entre incidência de *Phomopsis* sp.nas raízes e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.2 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.....59
- Figura 23 - Relação entre incidência de *Fusarium* sp.nas raízes e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.1 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.....60
- Figura 24 - Relação entre incidência de *Macrophomina phaseolina*.nas raízes e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.1 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.....60
- Figura 25 - Relação entre incidência de *Rizhoctonia solni* nas raízes e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.1 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.....61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 SOJA	16
2.1.1 Origem	16
2.1.2 Caracterização genética e morfofisiológica da cultura.....	16
2.1.3 Utilização.....	18
2.1.4 Produção	18
2.2 DOENÇAS DA HASTE E DA RAIZ EM SOJA NA REGIÃO SUL DO BRASIL	19
2.2.1 Seca da haste e da vagem	19
2.2.2 Podridão vermelha das raízes	21
2.2.3 Podridão cinzenta das raízes	22
2.2.4 Rizoctoniose.....	24
2.2.5 Podridão de esclerotinia ou podridão branca da haste	25
2.2.6 Medidas gerais de controle	26
2.2.7 População de plantas versus morfologia das plantas, microclima do dossel e doenças.	27
3 RELAÇÃO ENTRE POPULAÇÃO DE PLANTAS DE SOJA E INCIDÊNCIA DE SECA DA HASTE, <i>Phomopsis sojae</i> NOS GRÃOS E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA CULTURA.....	30
3.1 RESUMO.....	30
3.1.1 Abstract.....	31
3.2 INTRODUÇÃO	31
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
3.5 CONCLUSÕES	47

4 POPULAÇÃO DE PLANTAS NA CULTURA DA SOJA E SUA RELAÇÃO COM A INCIDÊNCIA DE PODRIDÕES RADICULARES	48
4.1 RESUMO.....	48
4.1.1 Abstract.....	49
4.2 INTRODUÇÃO	50
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	52
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.5 CONCLUSÕES	62
5 CONCLUSÕES GERAIS	64
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	65

1 INTRODUÇÃO

A soja *Glycine max* L. (Merr.) foi domesticada por fazendeiros chineses durante a dinastia Shang (1550-1027 a.c.) e durante milhares de anos foi usada pela população chinesa como alimento e ração animal. Somente em 1765 a soja chega a América, onde viria a ser a responsável pela maior área ocupada com cultivo de grãos neste continente nos últimos 150 anos (COOPERATIVE, 1994).

Em 1882, a soja chega ao Brasil via Estados Unidos. Gustavo Dutra, então professor da Escola de Agronomia da Bahia, realizou os primeiros estudos de avaliação de cultivares. O primeiro registro de plantio de soja no Brasil data de 1914, no município de Santa Rosa, RS. Mas foi somente a partir dos anos 40 que ela adquiriu alguma importância econômica, merecendo o primeiro registro estatístico nacional em 1941, no Anuário Agrícola do Rio Grande do Sul. Nesse mesmo ano instalou-se em Santa Rosa, RS, a primeira indústria processadora de soja do país e, em 1949, com produção de 25.000 toneladas, o Brasil figurou pela primeira vez, como produtor de soja, nas estatísticas internacionais (EMBRAPA, 2008).

A área cultivada com soja no Brasil durante a safra 2007/2008 foi de aproximadamente 21,4 milhões hectares, a mais expressiva comparando-se entre todas as outras culturas, com uma produtividade média de 2.815 Kg.ha⁻¹ e produção de 60,1 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2008).

O cultivo da soja no Brasil vem se mostrando como uma das atividades econômicas mais importantes no meio rural e a venda dos grãos para o exterior têm gerado divisas e lucros para o setor produtivo nacional. A soja foi responsável pelo ressurgimento da agricultura comercial no país, levando o progresso e o desenvolvimento ao interior, fazendo surgir cidades, expandido as fronteiras agrícolas e gerando riquezas.

Acompanhando a expansão da cultura, foram também surgindo os problemas fitossanitários, exigindo cada vez mais atenção da pesquisa, da assistência técnica e dos produtores, para garantir boa produtividade. Na cultura da soja a interferência de fatores bióticos e abióticos na assimilação de carbono durante a fase reprodutiva são os principais determinantes da produtividade de grãos. Essa é a fase em que a cultura apresenta elevada

atividade fisiológica e, portanto, danos ocasionados nos sistemas de fixação e transporte de carbono vão impactar diretamente no potencial produtivo (SCHWEITZER & HARPER, 1985).

As doenças são consideradas fatores de grande importância na produção de soja, causando perdas anuais estimadas em 1,6 bilhões de dólares no Brasil (YORINORI, 1999). A importância econômica de cada doença varia de ano para ano e de região para região, dependendo das condições climáticas de cada safra. As perdas anuais de produção por doenças no Brasil são estimadas em 15% a 20%, entretanto, algumas doenças podem ocasionar perdas de quase 100% (EMBRAPA, 2005). Todas as partes da planta são susceptíveis a um grande número de patógenos que reduzem a quantidade e a qualidade dos grãos produzidos (HARTMAN & SINCLAIR, 1999).

A prática do manejo integrado de doenças representa o maior potencial de controle, o qual é entendido como o uso conjunto de todas as técnicas disponíveis (REIS, 2004). Porém, observa-se que essas práticas tem sido pouco exploradas pela assistência técnica, que restringe o leque de opções de controle e tem se concentrado apenas no uso de controle químico, que não tem obtido sucesso satisfatório para o controle de podridões da haste, de doenças da vagem e de podridões radiculares, cada vez mais freqüentes em lavouras conduzidas sob monocultura e plantio direto, situações comuns em lavouras da Região Sul do Brasil. Em semeadura direta e monocultura, a intensidade de doenças é maior se comparadas com o sistema convencional (ZAMBOLIM *et al.*, 2000).

O uso de cultivares resistentes, da rotação de culturas, de sementes sadias, tratamento químico das sementes, descompactação do solo, incorporação de restos culturais, adubação e calagem equilibradas e população adequada de plantas são práticas que podem ser eficientemente utilizadas para combater as doenças da soja (YORINORI, 1996). Entretanto, pouco tem se estudado sobre a população de plantas na cultura da soja, uma vez que podem interferir no período de molhamento das plantas, na quantidade de radiação solar absorvida, na altura final das plantas, no diâmetro da haste, no número de hastes e na capacidade de absorção e translocação de água e nutrientes, fatores estes que podem predispor as plantas à ocorrência de doenças e afetar significativamente a sua severidade (FREITAS *et al.*, 2002). O potencial de uso da população de plantas no manejo de doenças causadas por fungos de solo, também tem sido pouco explorado (MICHEREFF *et al.*, 2001).

Em algumas situações de cultivo, o período de molhamento é maior quando a lavoura encontra-se com uma população de plantas acima da indicada para a cultura. A situação pode se agravar com o uso de cultivares de ciclo tardio. Em geral, a pesquisa indica

densidades de 25 a 30 sementes aptas/m². No entanto, na prática, o que se tem verificado nas lavouras são populações superiores a estes números, principalmente porque muitos produtores utilizam grãos ou sementes de origem duvidosa ou não realizam teste de germinação e vigor. Assim, na dúvida sobre a percentagem de germinação, os produtores utilizam um número de sementes superior ao indicado como forma de garantir o estabelecimento da lavoura e evitar a re-semeadura.

A população de plantas e o hábito de crescimento destas atuam diretamente na umidade do dossel (NAPOLEÃO *et al.*, 2006). FREITAS *et al.* (2002) afirmam que um aumento na população de plantas causa uma mudança no mesoclima sob o dossel das plantas e isso parece estar conduzindo a um incremento de doenças. O principal efeito é sobre a duração do molhamento dos sítios de infecção que ocorre nos cultivos mais densos (MICHEREFF *et al.*, 2001). O processo de infecção é altamente condicionado pelo clima. Uma vez os esporos estando depositados nos sítios de infecção, esse processo é altamente dependente da duração do molhamento foliar contínuo e da temperatura média nesse período (McNEW, 1960). A essa interação requerida para a infecção, ZADOKS & SCHEIN (1969) denominaram de período crítico. Portanto, sem que ocorra esse período crítico não ocorrem doenças dos órgãos aéreos, podendo ser esta uma importante ferramenta usada para o controle de doenças foliares, da haste e das vagens da soja.

A semeadura de cultivares transgênicas é outro fator que pode aumentar o período de molhamento das plantas, uma vez que quase a totalidade das cultivares disponíveis para o mercado sulbrasileiro apresentam crescimento, número e volume de ramos e folhas superiores aos das cultivares convencionais. A liberação do cultivo destas cultivares com poucas informações de campo referentes ao comportamento para doenças tem causado problemas para a assistência técnica na tomada de decisão sobre práticas culturais de manejo da cultura que visem eliminar ou reduzir doenças não controláveis pela resistência genética.

O excesso de plantas, que resulte em estiolamento e acamamento, além de contribuir para a redução no rendimento, torna as plantas mais vulneráveis as doenças da haste (YORINORI, 1996). Menores diâmetros de haste associados com altas densidades, é provável fator que favoreça a incidência de doenças da haste (FREITAS *et al.*, 2002).

Sobre as podridões radiculares, muito têm se estudado e escrito sobre a sua ocorrência e a relação da incidência destas doenças com as práticas de manejo adotadas. Alguns autores, como COOK (1978), ALMEIDA (1980) e SARAIVA & TORRES (2000), relataram sobre a interação de práticas de manejo como a rotação de culturas e o tipo de uso do solo com a

incidência das principais doenças radiculares, porém nenhum destes autores faz menção sobre o uso de populações de plantas adequadas como estratégia de controle para estas doenças.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo em seu primeiro capítulo fazer uma correlação entre a incidência da seca da haste com as diferentes populações de plantas de soja transgênica e a incidência de *Phomopsis sojae* nos grãos colhidos. Como ferramentas auxiliares foram avaliadas a altura final das plantas e o número de hastes, de modo a entender como estas características que exercem profunda influência no micro-clima do dossel são modificadas pelo arranjo de plantas. No segundo capítulo, o objetivo foi determinar a relação existente entre a incidência de podridões radiculares e as diferentes populações de plantas, bem como qualificar os patógenos responsáveis por estas moléstias e determinar a sua relação com o diâmetro do colo das plantas de soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SOJA

2.1.1 Origem

A soja *Glycine max* L. (Merrill) que hoje cultivamos é muito diferente dos seus ancestrais, que eram plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do Rio Yangtse, na China. Sua evolução iniciou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China (HARTMAN *et al.*, 1999). Por ser uma leguminosa de clima quente é atualmente cultivada e distribuída nas diferentes regiões tropicais e subtropicais do mundo, e isto se deve ao fato de a soja apresentar uma grande variabilidade genética e possibilidade de adaptação a diferentes ecossistemas.

2.1.2 Caracterização genética e morfofisiológica da cultura

Assim como outros cultivos ao longo de sua domesticação, a relação entre a soja atualmente cultivada e seus ancestrais selvagens pode ser traçada através das semelhanças genéticas e evolutivas entre espécies encontradas naturalmente em seu centro de origem.

A soja é uma espécie vegetal com um grande número de cultivares. O germoplasma de soja possui grande diversidade quanto ao ciclo (número de dias da emergência à maturação), variando de 70 dias para as mais precoces a 200 dias para as mais tardias. De modo geral, as variedades brasileiras têm ciclo entre 100 e 160 dias e, para determinada região, podem ser classificadas em grupos de maturação precoce, semi-precoce, médio, semi-tardio e tardio. O ciclo total da planta pode ser dividido em duas fases: vegetativa e reprodutiva. A fase vegetativa é o período da emergência da plântula até a abertura das primeiras flores, e a fase reprodutiva compreende o período do início da floração até a maturação.

O hábito de crescimento também interfere no porte da planta. Com relação a essa característica, a soja pode ser de crescimento indeterminado, semi-determinado e determinado. Essa classificação é baseada no tipo de crescimento da haste principal.

Variedades de hábito de crescimento determinado caracterizam-se por apresentar plantas com caules terminados por racemos florais; após o início do florescimento, as plantas crescem muito pouco em altura. Por outro lado, variedades de hábito de crescimento indeterminado não apresentam racemos terminais e continuam desenvolvendo nós e alongando o caule, de forma que crescem em altura significativamente até o final do florescimento. Os racemos axilares são menores em tamanho e em número de flores. Nos tipos semi-determinados, à semelhança dos indeterminados, o florescimento tem início quando aproximadamente metade dos nós da haste principal já se formou, mas o florescimento e o desenvolvimento de novos nós terminam mais abruptamente do que nos tipos indeterminados (SEDIYAMA *et al.*, 1999).

As espécies de soja variam em crescimento, hábito e altura. Ela pode ser prostada, não atingindo mais de 0,20 metros ou mesmo apresentar hábito arbustivo, com estaturas superiores a 2 metros. A estatura da planta é altamente dependente das condições ambientais e do genótipo da variedade. No Brasil, variedades comerciais normalmente apresentam altura média de 60 a 120 cm (SEDIYAMA *et al.*, 1999).

A soja possui sistema radicular do tipo pivotante, onde aproximadamente 70 a 80% da massa das raízes distribuem-se nos primeiros 15 cm do solo, sob condições normais de cultivo (GREGORY, 1992).

As vagens, hastes, folhas são cobertas por pêlos pequenos de coloração marrom ou cinza. As folhas são trifoliadas, apresentando 3 ou quatro trifólios por folha, medindo estes de 6 a 15 cm de comprimento e 2 a 7 cm de largura, variando conforme o ambiente e principalmente entre espécies. As folhas senescem e caem quando os grãos estão maduros (SEDIYAMA *et al.*, 1999).

O número de flores produzidas é maior do que o que a planta pode converter efetivamente em vagens. VAN SCHAIK & PROBST (1958) reportam que uma planta pode emitir até 800 flores, com uma taxa de fertilização de 13 a 57%, dependendo do genótipo e das condições ambientais. O período total de florescimento pode durar de três a mais de cinco semanas, dependendo do genótipo e do ambiente (VERNETTI, 1983). As flores apresentam auto-polinização, que ocorre mesmo antes exposição dos órgãos florais. Elas apresentam coloração que podem variar entre o branco, o rosa e o roxo, sendo que as mesmas se originam na parte axial das folhas.

Os frutos, denominados legumes, são popularmente conhecidos como vagens e podem apresentar tamanho variando de 3 a 8 cm e geralmente contém de 2 a 4 sementes (raramente apresentando mais). As vagens dos grãos maduros são duras, resistentes à água e tem como função proteger o embrião e os cotilédones de danos externos. Elas podem apresentar

colorações que variam entre preto, cinza, marrom, amarelo, verde, e roxo (SEDIYAMA *et al.*, 1999).

As sementes quando secas apresentam formato redondo ou levemente riniforme, podendo medir de 5 a 11 mm de diâmetro. Elas apresentam coloração variada, embora tons amarelos sejam mais comumente encontrados. As sementes são envoltas por uma película que tem como principal função proteger o grão contra desidratação, pequenos insetos e organismos que porventura venham a parasitar os grãos. Uma pequena cicatriz, visível sobre a semente, é denominada hilo. O hilo pode apresentar cores variando de preto, marrom, cinza e amarelo. Logo abaixo do hilo existe a micrópila, uma pequena abertura na película que recobre a semente, de onde provinham os nutrientes para a semente durante a fase de crescimento e desenvolvimento das mesmas.

2.1.3 Utilização

O uso mais conhecido dos grãos de soja é para o qual se destina grande parte do volume produzido é a produção de óleo refinado e o subproduto deste processo, o farelo de soja, muito utilizado na ração para animais. Entretanto, os grãos de soja também dão origem a produtos e subprodutos utilizados atualmente pela agroindústria de alimentos e indústria química.

A proteína de soja dá origem a produtos comestíveis (ingredientes de padaria, massas, produtos de carne, cereais, misturas preparadas, bebidas, alimentação para bebês, confecções e alimentos dietéticos). É utilizada também pela indústria de adesivos e nutrientes, adubos, formulador de espumas, fabricação de fibra, revestimento, papel emulsão de água para tintas (EMBRAPA, 2008).

Recentemente, a soja vem crescendo também como fonte alternativa de combustível, podendo impulsionar ainda mais o seu cultivo.

2.1.4 Produção

No contexto das grandes culturas produtoras de grãos, a soja foi a que mais cresceu em termos percentuais nos últimos 37 anos, tanto no Brasil quanto em nível mundial. De 1970 a 2007, o crescimento da produção global foi da ordem de 500% (de 44 para 220 milhões de toneladas), enquanto as produções de culturas como trigo, arroz, milho, feijão, cevada e girassol cresceram, no máximo, uma terceira parte desse montante (EMBRAPA, 2008).

Em 2008, a cultura da soja ocupou a primeira colocação quanto à área cultivada e produção de grãos, dentre as dez principais culturas produtoras de grãos no Brasil. A área cultivada foi de aproximadamente 21,4 milhões hectares, com uma produtividade média de 2.815 kg/ha e produção de 60,1 milhões de toneladas de grãos. Os principais estados produtores são: Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná e Rio Grande do Sul. Entre os estados da região Sul, Santa Catarina é considerado o que apresenta menor área cultivada (373,5 mil hectares) com participação de apenas 1,7 % da produção (946,6 mil t) e rendimento médio de 2.535 kg/ha (CONAB, 2008).

2.2 DOENÇAS DA HASTE E DA RAIZ EM SOJA NA REGIÃO SUL DO BRASIL

2.2.1 Seca de haste e da vagem

A doença conhecida como seca da haste e da vagem é causada pelo fungo *Phomopsis sojae* (Lehman) na forma imperfeita ou anamórfica. A forma perfeita ou teleomórfica corresponde a *Diaphorte phaseolorum* (Cke. & Ell.) f.sp. *sojae*.

Os sintomas da doença na planta aparecem durante a fase final do ciclo. As hastes afetadas por *P. sojae* inicialmente cessam seu crescimento, apresentando posteriormente murcha e seca de suas flores e frutos, com posterior necrose dos órgãos infectados. Sob condições de alta umidade, o fungo desenvolve estruturas reprodutivas negras, que são distribuídos linearmente na haste e pecíolos, que acabam apresentando aspecto enegrecido ocasionado pela formação intensa dos corpos e frutificação do fungo (Figura 1). As vagens ficam chochas ou apodrecem, adquirem coloração esbranquiçada a castanho-clara e apresentam picnídios distribuídos ao acaso sob a superfície da mesma. Sementes apresentam enrugamento e rachaduras no tegumento, ficam sem brilho e cobertas com micélio de coloração esbranquiçada a bege. Sementes infectadas superficialmente por *Phomopsis*, quando semeadas em solo úmido, geralmente chegam a emergir, porém, o fungo desenvolvido no tegumento não permite que os cotilédones se abram, impedindo a expansão das folhas primárias.

É uma das doenças mais tradicionais da soja e, anualmente, junto com a antracnose, é responsável pelo descarte de grande número de lotes de sementes. Seu maior dano é observado em anos quentes e chuvosos, nos estádios iniciais de formação das vagens e na maturação, quando ocorre o retardamento de colheita por excesso de umidade. Em solos com deficiência de potássio, o fungo causa sério abortamento de vagens, geralmente associado

com a antracnose, resultando em haste verde e retenção foliar. Cultivares precoces com maturação no período chuvoso são severamente danificadas (HENNING *et al.*, 2005).



Figura 1 - Plantas de soja apresentando sintomas de *Phomopsis* sp. nas hastes secundárias.

O fungo sobrevive como nos restos de cultura ou nas sementes. As sementes infectadas introduzem o fungo na área de cultivo. Sobre os restos culturais da soja mantidos na superfície do solo em sistema plantio direto o fungo pode formar picnídios e peritécios. Os corpos de frutificação, que são hidratados pela água, favorecem a esporulação e a liberação do inóculo. Os respingos de chuva são responsáveis pela dispersão do inóculo até as hastes e as vagens onde iniciam o processo de infecção. O fungo depende de um longo período de molhamento dos sítios de infecção para infectar a planta. Períodos prolongados de umidade, associados com altas temperaturas na maturação, favorecem a colonização das sementes. Seu maior dano é observado em anos chuvosos, nos estádios iniciais de formação das vagens e na maturação, quando ocorre o atraso da colheita por excesso de umidade (HARTMAN *et al.*, 1999).

Como medidas de controle indicam-se o uso de sementes saudáveis, tratamento de sementes com fungicida específico, rotação de cultura e o manejo adequado da fertilidade do solo, principalmente com relação à adubação com potássio. Durante a armazenagem da semente em condição ambiente, *P. sojae* perde a viabilidade rapidamente, ocorrendo, ao mesmo tempo, um aumento gradual na porcentagem de germinação. O tratamento de semente

com fungicidas sistêmicos, especialmente do grupo dos benzimidazóis é altamente eficaz para a erradicação do fungo (EMBRAPA, 2005). O controle químico com aplicação de fungicida na parte aérea, seja ele de qualquer grupo químico, não têm obtido resultados satisfatórios no controle da seca da haste e da vagem. O manejo da população de plantas é uma estratégia que pode reduzir a intensidade da doença, no entanto, vem sendo pouco explorado pela assistência técnica ou pelo produtor.

2.2.2 Podridão vermelha das raízes

A podridão vermelha das raízes (PVR) causada pelo fungo *Fusarium tucumaniae* (Mart.) Sacc. f.sp. *glycines* Roy, cuja fase teleomórfica corresponde ao ascomiceto *Nectria haematococca* (ABNEY *et al.*, 1993). Em meio de cultura este fungo produz micélio branco, abundante, difuso, com gotículas de coloração branco leitosas e brilhantes. Microconídios são raros, cilíndricos ou ovais, de 8 a 16 por 2 a 4 µm. Conidióforos pouco ou não ramificados e produzem macroconídios com 5 a 9 septos, medindo 35 a 55 por 4,5 a 8 µm. A massa de macroconídios possui uma coloração azul. Clamidósporos globosos isolados ou aos pares no final ou meio das hifas (ALVES & DEL PONTE, 2007).

A PVR pode ocorrer em reboleiras ou de forma generalizada na lavoura. Esta doença induz o sintoma foliar típico de folha carijó, com manchas cloróticas e necróticas internevais; a região das nervuras permanece com coloração verde normal (ALMEIDA *et al.*, 1997). Os sintomas foliares iniciam de duas a três semanas antes da floração estendendo-se até o período de enchimento de grãos, quando normalmente é observada a morte da planta (RUPE & GBUR, 1995). Em plantas severamente afetadas, a desfolha ocorre prematuramente causando abortamento de vagens (ROY *et al.*, 1989; RUPE, 1989; LUO *et al.*, 2000). O sintoma de infecção na raiz inicia com uma mancha avermelhada, mais visível na raiz principal e geralmente localizada um a dois centímetros abaixo do nível do solo. Com a evolução da infecção, é observada uma expansão da lesão, que passa a circundar a raiz, assumindo coloração castanho-avermelhada escuro. A necrose situa-se no tecido cortical, enquanto o lenho da raiz adquire uma coloração castanho-clara, estendendo-se pelo tecido lenhoso da haste a vários centímetros acima do nível do solo. Sobre a lesão, pode ser observada uma massa de cor rosa ou salmão de esporos do patógeno. As raízes secundárias se degradam rapidamente, ficando apenas a raiz principal. Em plantas severamente afetadas, pode ocorrer a desfolha prematura e abortamento de vagens (EMBRAPA, 2005).

Nos Estados Unidos a PVR é denominada de síndrome da morte súbita (SDS = “sudden death syndrom”), identificada no estado de Arkansas, EUA, em 1972 (ABNEY *et al.*, 1993), levando duas décadas para se disseminar por grandes extensões de áreas produtoras de soja no Brasil e na Argentina. No Brasil, sua primeira identificação foi feita no início dos anos 80, em soja cultivada no estado de Minas Gerais. Foi somente a partir dos anos 90 que passou a causar maiores prejuízos e disseminou-se para outros estados, sendo hoje encontrada desde o Rio Grande do Sul até o Maranhão. Danos de até 40% foram registrados em lavouras no Brasil (ALVES & DEL PONTE, 2007).

Clamidósporos localizados no solo são a principal fonte de inóculo primário do patógeno. A penetração do fungo nas raízes ocorre de forma direta durante a germinação dos clamidósporos ou macroconídios. Condições ambientais favoráveis ao fungo são alta umidade do solo, solo compactado e temperaturas amenas em torno de 15°C. Nas regiões onde há presença do nematóide do cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichnohe) acarreta aumento na severidade da PVR (KILLEBREW *et al.*, 1988; HERSHMAN *et al.*, 1990).

Informações disponíveis até o momento indicam que, com exceção da melhoria das condições físicas do solo, nenhuma prática agrônômica tem sido adequada para reduzir o impacto da doença. A rotação de cultura com o milho ou a cobertura com milheto não controla a doença. Além disso, safras chuvosas e semeadura direta favorecem a incidência da doença (EMBRAPA 2003).

2.2.3 Podridão cinzenta das raízes

A podridão cinzenta das raízes é causada pelo fungo *Macrophomina phaseolina* (Mauhbl.) Ashby. A formação de picnídios do fungo não ocorre em todos os hospedeiros, mas foi descrita em soja, feijão e juta. Os picnídios são globosos e negros, com tamanho variável entre 100 a 250 µm, contendo picniospóros unicelulares e hialinos (ALMEIDA *et al.*, 2005).

O fungo possui grande diversidade genética sendo uma espécie polífaga, capaz de infectar inúmeras espécies botânicas. Nos tecidos infectados o fungo produz microescleródios (Figura 2). Os microescleródios são estruturas multicelulares, duras e resistentes às condições adversas. Em contato com a planta algumas células do esclerócio germinam e infectam as raízes. Um microescleródio pode ter células germinando e infectando plantas em períodos diferentes. A longevidade dessas estruturas tende a diminuir com o tempo no solo. Em solos úmidos a sobrevivência é reduzida devido a baixa oxigenação do solo. Baixo potencial hídrico

aumenta a suscetibilidade das plantas e reduz a atividade de microorganismos antagônicos (ALMEIDA *et al.*, 2005).



Figura 2 – À esquerda: Raiz de soja com o cortéx radicular exposto mostrando os microescleródios de *Macrophomina phaseolina*. À direita: Planta sadia.

A infecção das raízes pode ocorrer desde o início do estabelecimento da plântula, visto que o fungo é um habitante natural dos solos. Lesões no colo das plantas são de coloração castanho-avermelhada. Radículas infectadas apresentam tecidos com escurecimento. Após o florescimento das plantas e ocorrendo déficit hídrico, as folhas tornam-se inicialmente cloróticas, secam e adquirem coloração marrom, permanecendo aderidas aos pecíolos. Nessa fase, as plantas apresentam raízes de cor cinza, cuja epiderme é facilmente destacada, mostrando microescleródios negros nos tecidos imediatamente abaixo (EMBRAPA, 2005).

O fungo sobrevive no solo por até três anos na forma de microescleródios, sendo estes a fonte de inóculo primário (HARTMAN *et al.*, 1999). A germinação dos microesclerócios ocorre quando as temperaturas estão entre 28 a 35°C sobre a superfície das raízes. A penetração do fungo é direta com o auxílio de um apressório e de enzimas ou através de aberturas naturais. Plantas com o sistema radicular superficial estão mais predispostas ao ataque do patógeno (BOWEN & SCHAPAUGH, 1989). Nas lavouras onde o preparo do solo

não é adequado, permitindo a formação do pé-de-grade ou algum outro tipo de barreira que force as plantas a desenvolverem um sistema radicular mais superficial, não suportando veranicos, favorecem a incidência da doença (ALMEIDA *et al.*, 2005).

O manejo das características físico-químicas do solo, como calagem, adubação equilibrada, descompactação e a manutenção de cobertura (palha) são práticas eficazes de controle da doença, pois permitem um melhor desenvolvimento e crescimento radicular, reduzem o estresse hídrico e a predisposição da planta ao ataque do patógeno. Adubação do solo principalmente com fósforo e potássio, o plantio antecipado visando escapar dos períodos de maior probabilidade de estresse hídrico durante o florescimento e diminuição da densidade de plantas (ALVES & DEL PONTE, 2007) também reduzem a doença.

2.2.4 Rizoctoniose

O fungo *Rhizoctonia solani* Kuhn habita o solo com vasto número de hospedeiros. É uma espécie complexa, com muitos biotipos que diferem quanto à patogenicidade, aos hospedeiros, à distribuição na natureza e à aparência em meio de cultura. *Rhizoctonia solani* é um fungo basidiomiceto incapaz de produzir quaisquer tipo de esporos assexuados (chamados de conídios) e apenas ocasionalmente o fungo irá produzir esporos sexuados (basidiósporos). Na natureza, *R. solani* se multiplica principalmente através de micélio e escleródios (HARTMAN *et al.*, 1999).

Em soja o sintoma inicia-se por podridão castanha e aquosa da haste, próximo ao nível do solo e estende-se para baixo e para cima. Em fase posterior, o sistema radicular adquire coloração castanho escura, o tecido cortical fica mole e solta-se com facilidade, expondo um lenho firme e de coloração branca a castanho-clara. Na parte superior, as plantas infectadas apresentam clorose, as folhas murcham e ficam pendentes ao longo da haste. A área necrosada, geralmente, apresenta ligeiro afinamento em relação à parte superior. Outro sintoma observado é a formação de uma espécie de cancro, em um dos lados da base da haste, com a parte afetada deprimida, estendendo-se a vários centímetros acima do nível do solo. Nas plantas mais jovens, as lesões provocadas causam interrupção na circulação da seiva, podendo causar o tombamento, resultando em perdas de “stand” nas lavouras (EMBRAPA, 2005).

A rizoctoniose tem uma expressividade maior nas áreas de planalto da região Sul do Brasil, principalmente em lavouras recentemente estabelecidas e com elevado teor de matéria

orgânica. A principal fonte de inóculo é o solo infestado. Sementes e restos culturais também podem assegurar a sobrevivência do fungo.

O tombamento ocorre sob condições de temperatura e umidade elevadas. A morte em reboleira é observada geralmente após a floração. O patógeno é favorecido por temperaturas amenas em anos chuvosos. A taxa de transmissão do fungo por semente é baixa e sua importância é questionável, pois o mesmo ocorre naturalmente nos solos (EMBRAPA, 2005).

A ocorrência do tombamento pode ser reduzida por tratamento das sementes com fungicida específico para proteger contra o fungo presente no solo, rotação da cultura com gramíneas e eliminação da compactação do solo. A morte em reboleiras pode ser reduzida com a melhoria das características físico-químicas do solo, rotação de culturas e cultivo em solos bem drenados (ALMEIDA, 2005). Não há indicação de cultivar resistente.

2.2.5 Podridão de esclerotinia ou podridão branca da haste

O mofo-branco ou podridão branca da haste causada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary é uma das doenças mais destrutivas da soja nos planaltos da região central do Brasil, notadamente em locais com alta umidade no solo e temperaturas amenas (GRAU & HARTMAN, 1999). Este fungo pode atacar mais de 400 hospedeiros, dentre eles alguns de importância agrícola, como soja, feijão, girassol, amendoim, ervilha, algodão e tomate, tornando difícil seu controle através da rotação de culturas (PAULA JÚNIOR *et al*, 2006). O controle químico como medida isolada também não tem obtido sucesso, fazendo-se necessário o emprego de outros métodos conjuntamente para alcançar resultados satisfatórios que possibilitem manejar esta doença.

No sul do Brasil, nas regiões de Planalto, Campos de Cima da Serra e Campos Gerais do Paraná, a doença é freqüente, principalmente em áreas de monocultura, em lavouras com alta população de plantas e em cultivares de ciclo. Na soja os primeiros sintomas surgem nas hastes, logo após o florescimento da planta, como manchas aquosas que evoluem para coloração castanho-clara e logo desenvolvem abundante formação de micélio branco e denso. No tecido infectado o fungo produz os esclerócios (estruturas de repouso), negros, duros e de formato irregular (PAULA JUNIOR *et al*, 2006). Durante o processo de maturação das plantas e na operação de colheita da oleaginosa os esclerócios podem cair e permanecer sobre a superfície do solo ou serem colhidos com a semente (ALMEIDA *et al.*, 1995). Os esclerócios colhidos podem ser disseminados a longas distâncias acompanhando a semente. No campo os esclerócios podem permanecer viáveis até terem acesso ao substrato

preferencial. Nos Estados Unidos há relato de que os esclerócios podem se manter viáveis no solo por até oito anos (ADAMS & AYERS, 1979), entretanto, no sul do Brasil devido a condições climáticas diferenciadas, a viabilidade destes foi de aproximadamente 14 meses em sistema de semeadura direta e 36 meses em semeadura convencional (REIS & TOMAZINI, 2005).

A germinação dos esclerócios de *S. sclerotiorum* pode ser miceliogênica (produzindo micélio) ou carpogênica (com a produção de apotécios). Nos apotécios são produzidas ascas que liberam e ejetam no ar os ascospóros do fungo, que são disseminados pelo vento até os sítios de infecção (HARTMANN *et al.*, 1999).

As principais medidas de controle envolvem o uso de sementes saudáveis, evitando sua contaminação em áreas livres do patógeno, o tratamento de sementes com fungicidas, a rotação de culturas com espécies não hospedeiras do fungo e o manejo do microclima sob o dossel da cultura, objetivando diminuir a umidade através do espaçamento de plantas e do controle da irrigação.

2.2.6 Medidas gerais de controle

A melhor medida de controle de doenças de plantas é a prevenção, traduzida pela ausência do patógeno na área de cultivo, ou seja, onde ainda não ocorre a sua presença, devem-se tomar medidas que venham a prevenir sua introdução na área. O uso de sementes saudáveis, ou seja, isentas de patógenos, tratamento de sementes, uso de máquinas e implementos devidamente limpos e higienizados e o cumprimento das leis quarentenárias são algumas práticas fundamentais para o sucesso da exclusão do patógeno (REIS *et al.*, 2004).

Entretanto, em situações onde o patógeno já esteja presente é necessário que se realize o manejo integrado de doenças, que consiste na utilização integrada de conhecimentos e recursos de controle, sejam preventivos ou curativos, para se obter produção economicamente e ecologicamente viável. De uma maneira geral, o uso de cultivares resistentes, rotação de culturas, sementes saudáveis, tratamento químico das sementes, descompactação do solo, incorporação de restos culturais, aplicações de defensivos na parte aérea, adubação e calagem equilibradas e população adequada de plantas são práticas que podem ser eficientemente utilizadas para combater as doenças da soja (YORINORI, 1996).

Embora se disponha de várias ferramentas no controle de doenças, o que tem-se observado na prática é que a assistência técnica tem-se concentrado no uso de cultivares resistentes, sendo esta a medida preferencial, e no controle químico de doenças. Entretanto,

para algumas doenças e em especial a seca da haste e da vagem e as podridões radiculares, o controle químico não tem obtido sucesso e a pesquisa também não tem alcançado resultados satisfatórios na obtenção de cultivar resistente. Assim, as práticas culturais citadas anteriormente, com destaque para população de plantas, podem contribuir para redução da intensidade de doenças.

2.2.7 População de plantas versus morfologia das plantas, microclima do dossel e doenças

A maior expressão do potencial produtivo das cultivares depende das condições do meio onde as plantas irão desenvolver-se. A população de plantas nas linhas de semeadura pode ser manipulada com a finalidade de estabelecer o arranjo mais adequado à obtenção de maior produtividade e adaptação à colheita mecanizada. O arranjo de plantas pode ser modificado pela variação na população e pelo espaçamento entre linhas, alterando a área e a forma da área disponível para cada planta, o que se reflete numa competição intraespecífica diferenciada.

Em função de avanços nos sistemas de semeadura (maior precisão das semeadoras), de cultivares mais adaptadas, de melhoria da capacidade produtiva dos solos, de adoção de práticas conservacionistas, de cobertura vegetal do solo e da semeadura direta, entre outros fatores, a população padrão de plantas de soja foi reduzida gradativamente, nos últimos anos, de 400 mil para, aproximadamente, menos de 320 mil plantas por hectare, porque as condições acima permitem melhor crescimento e maior rendimento por planta. Esse número de plantas pode variar, ainda, em função da cultivar e/ou do regime de chuvas da região (volume e distribuição) no período de implantação e de crescimento das plantas e da data de semeadura (EMBRAPA, 2008). Entretanto, observa-se que em geral, a pesquisa e as entidades detentoras de variedades de soja continuam indicando como regra geral densidades de 25 a 30 sementes aptas/m², sem levar em consideração o nível tecnológico adotado pelo produtor, época e região do plantio. Outro agravante seria de que na prática, o que se tem verificado nas lavouras são populações superiores a estes números, principalmente porque muitos produtores utilizam grãos ou sementes de origem duvidosa ou não realizam teste de germinação e vigor. Assim, na dúvida de germinar ou não, os produtores utilizam uma densidade de semeadura superior ao indicado como forma de garantir o estabelecimento da lavoura e evitar a re-semeadura.

Segundo BALLARÉ *et al.* (1995), o crescimento das plantas é modificado pela população de plantas, sendo que isto ocorre, em parte, por mecanismos que usam informações

sobre a luz do ambiente, por meio de fotosensores específicos. Exemplificam que, com o aumento da população, ocorrem mudanças na relação vermelho extremo/vermelho, que atuarão como sinais para que a planta diminua o número de ramos.

A altura, o número de ramificações, o porte radicular, o diâmetro do colo das plantas e seu desenvolvimento estão correlacionados com a competição intraespecífica por fatores do meio, como água, luz e nutrientes (THOMAS *et al.*, 1998).

O acúmulo de plantas em alguns pontos pode provocar o desenvolvimento de plantas mais altas, menos ramificadas, com menor produção individual, diâmetro de haste reduzido, e, portanto, mais propensas ao acamamento (ENDRES, 1996).

Menores populações de plantas proporcionam melhor distribuição espacial das plantas na área, com maior aproveitamento da radiação solar e maior aeração do dossel, devido a maior facilidade para mobilidade do ar por entre folhas e ramos das plantas. Do contrário, um maior número de plantas por unidade de área resulta em um ambiente mais escuro e úmido, principalmente pela decorrente diminuição dos espaços livres e sobreposição de órgãos foliares (BALARRÉ *et al.*, 1995).

A densidade de plantas interfere diretamente no hábito de crescimento das plantas de soja, o que irá refletir diretamente na umidade do dossel (NAPOLEÃO *et al.*, 2006). O principal efeito é sobre a duração do molhamento dos sítios de infecção que ocorre nos cultivos mais densos, reflexo de uma menor aeração e incidência de raios solares, fazendo com que a água permaneça por mais tempo sobre a parte aérea das plantas (MICHEREFF *et al.*, 2001). A duração do período de molhamento foliar é um dos fatores mais importantes que influenciam a propagação e a severidade de algumas doenças de plantas causadas por fungos e bactérias. Esse período de molhamento pode ser ocasionado por chuva, irrigação, orvalho e até mesmo neblina. A presença de água líquida sobre a superfície das plantas permite a germinação e penetração dos agentes fitopatogênicos nos tecidos foliares.

O processo de infecção de um patógeno é altamente condicionado pelo clima. Uma vez os esporos estando depositados nos sítios de infecção, esse processo é altamente dependente da duração molhamento foliar contínuo e da temperatura média nesse período (McNEW, 1960). Além do aumento do período de molhamento foliar requerido pelos patógenos, altas populações de plantas também aumentam a probabilidade de ocorrência de doenças devido a outros fatores, tais como plantas desequilibradas e mal nutridas, plantas com caule e hastes mais finos e vulneráveis e estresses hídricos provocados pela maior competição entre plantas. O excesso de plantas, que resulte em estiolamento e acamamento, além de contribuir para a redução no rendimento, torna as plantas mais vulneráveis as doenças da

haste (YORINORI, 1996). Menores diâmetros de haste associados com altas densidades, provavelmente seja um importante fator que esteja favorecendo a incidência de doenças da haste (FREITAS *et al.*, 2002).

3 RELAÇÃO ENTRE POPULAÇÃO DE PLANTAS DE SOJA E INCIDÊNCIA DE SECA DA HASTE, *Phomopsis sojae* NOS GRÃOS E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA CULTURA

3.1 RESUMO

O monocultivo de soja em plantio direto, a alta população de plantas e o uso de cultivares de ciclo médio a tardio, são práticas usuais em lavouras de soja da Região Sul do Brasil, situação de cultivo que tem levado ao incremento da seca da haste e da vagem. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes populações de plantas na incidência de seca da haste nas cultivares de soja CD 213 RR e BRS 255 RR. Os experimentos foram conduzidos no município de Muitos Capões, RS, nas safras agrícolas de 2006/07 e 2007/08. Foram testadas densidades de 12, 18, 24, 30 e 36 sementes aptas m²⁻¹, com espaçamento entre linha de 45 cm. As unidades experimentais foram parcelas de 5 m de largura e 10 m de comprimento, arranjadas em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. A incidência da seca da haste foi quantificada em diferentes estádios fenológicos da cultura e a determinação do número de hastes e da altura de plantas foi feita quando as plantas se encontravam em maturação completa. Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão. Houve correlação positiva e significativa entre o aumento na população de plantas e o incremento na incidência de seca da haste para as duas cultivares durante as duas safras analisadas. Não houve correlação significativa entre a incidência de *Phomopsis sojae* nos grãos e o aumento na população de plantas, nem tampouco quando se correlacionou com a incidência da seca da haste na cultura. A altura e o número de hastes por planta sofreram influência das diferentes populações de plantas, com correlações positivas e significativas. Os resultados mostraram que o manejo da soja evitando elevada população de plantas contribui para reduzir a incidência da seca da haste, que está correlacionada com modificações sofridas pela altura e número de hastes por planta.

Palavras-chave: Densidade de Plantas. Doenças da Haste. Fomopsis. *Glycine max*. Plantio Direto.

3.1.1 Abstract

Relation between soybean plant population and the stem blight incidence, *Phomopsis sojae* in grains and agronomy characteristics of the culture.

The monoculture of soybean in no till, high population of plants and the use of cultivars of medium to late cycle, are usual practices in soybean crops of the Southern Region of Brazil, situation of cultivation that has led to increased diseases of the stem blight and the pod. This report aimed to evaluate different populations of plants in the incidence of stem blight in the soybean cultivars of CD 213 RR and BRS 255 RR. The experiments were conducted in the county of Muitos Capões, RS, in the harvests of 2006/07 and 2007/08. Were tested densities of 12, 18, 24, 30 and 36 viable seeds m^{-2} , with space among line of 45 cm. The experimental units were plot of 5 m of width and 10 m of length, arranged in randomized experimental configuration of blocks, with four replications. The incidence of stem blight was measured at different phenological stages of the culture and determination of the number of stem and height of plants was made when the plants were in complete maturity. The data were submitted to the regression analysis. There were positive and significant correlation between the increase in population of plants and the increment in the incidence of stem blight for the two cultivars during the two harvests analyzed. There was no significant correlation between the incidence of *Phomopsis sojae* in grains and increase in the population of plants, nor when correlated with the incidence of disease in the stem in the culture. The height and number of stems per plant suffered influence of different populations of plants with positive and significant correlations. The results showed that the management of soybean avoiding high population of plants contributes to reduce the incidence of stem blight, which is correlated with modifications made by the height and number of stems per plant.

Keywords: Density of Plants. Diseases of Stem. *Phomopsis*. *Glycine max*. No Till.

3.2 INTRODUÇÃO

A soja é o produto que responde pela maior fatia do Produto Interno Bruto nacional. O Brasil é hoje o segundo maior produtor de soja do mundo, perdendo apenas para os Estados Unidos da América, entretanto, somos os maiores exportadores deste grão (FAO, 2008). Os retornos econômicos gerados pela expansão cultura da soja tiveram um forte impacto na

agricultura nacional, modernizando o setor, trazendo renda ao campo e principalmente, nas cidades, cuja atividade econômica foi impulsionada pela prestação de serviços, venda de insumos e máquinas e todo o comércio e indústria decorrente da atividade.

A Região Sul cultiva aproximadamente 40% da área de total de soja do Brasil, sendo o estado do Paraná com a maior área de cultivo, seguido pelo estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com áreas semeadas na safra de 2007/08 de 3.977, 3.834 e 373 mil hectares respectivamente, totalizando 8.184 mil hectares, com produção total de 20.618 toneladas e produtividade média de 2.519 t ha^{-1} (CONAB, 2008).

Com a adoção do sistema de semeadura direta nas lavouras do Sul do Brasil, houve uma redução substancial na erosão do solo, melhora da conservação de nutrientes, aumento da flora e fauna do solo, diminuição das perdas de água e menores oscilações de temperatura, levando a um aumento na produtividade nas culturas (MALAVOLTA, 2006). Entretanto, a não observação de alguns aspectos ao se fazer uso dessas tecnologias tem levado a alguns inconvenientes.

O monocultivo de soja em plantio direto, o uso de sementes infectadas, a alta população de plantas e o uso de cultivares de ciclo médio a tardio, são práticas usuais em lavouras da Região Sul do Brasil. Esta situação de cultivo tem levado ao incremento da doença denominada seca da haste e da vagem, causada por *Phomopsis sojae* (Lehman). O fungo agente causal depende de longo período de molhamento dos sítios de infecção para infectar a planta. Este fungo sobrevive saprofiticamente nos restos culturais da soja mantidos sobre a superfície do solo em sistema de plantio direto e nas sementes infectadas. Nos restos culturais forma corpos de frutificação, que são hidratados pela água, favorecendo a esporulação e a liberação do inóculo. Os respingos de chuva são responsáveis pela dispersão do inóculo até as hastes e as vagens onde iniciam o processo de infecção (EMBRAPA, 2005). Trata-se de doença freqüente que normalmente é manejada pelo uso de sementes saudáveis e ou tratadas com fungicidas e que pode ser reduzida no campo por práticas culturais. No entanto, são escassas e/ou pouco exploradas as informações referentes ao uso de práticas culturais.

O uso de cultivar resistente é a medida mais eficiente para o controle de doenças da soja. No entanto, para algumas doenças como a da seca da haste e da vagem, a resistência não tem sido obtida pelos programas de melhoramento. O controle químico também não apresenta controle satisfatório para esta doença, pois a aplicação de fungicidas pelos métodos tradicionais não contempla os órgãos que mais frequentemente apresentam a doença (hastes e vagens que ocupam as porções mais baixas da planta). Neste caso, algumas práticas culturais podem ser adotadas para contribuir para o manejo integrado. A rotação de culturas é uma

prática cultural que tem possibilitado controle da doença. Outras práticas como a escolha de espécies para integrar um sistema de sucessão de cultivos, a nutrição equilibrada, o manejo da água e a densidade de plantas, tem sido pouco exploradas pela pesquisa (YORINORI, 1996). No caso da densidade de plantas, pouco tem se estudado sobre este princípio, uma vez que diferentes densidades podem interferir no período de molhamento das plantas, na quantidade de radiação solar absorvida, na altura final das plantas, no diâmetro da haste e na capacidade de absorção e translocação de água e nutrientes, fatores estes que podem induzir a planta a resistência ou suscetibilidade a determinados patógenos (FREITAS *et al.*, 2002).

A alta população de plantas por unidade de área resulta em um ambiente mais escuro e úmido, principalmente pela decorrente diminuição dos espaços livres e sobreposição de órgãos foliares, acarretando em uma maior duração do molhamento dos sítios de infecção que ocorre nos cultivos mais densos, reflexo de uma menor aeração e incidência de raios solares, fazendo com que a água permaneça por mais tempo sobre a parte aérea das plantas (MICHEREFF *et al.*, 2001), que pode refletir em uma maior incidência da seca da haste e da vagem. O uso de menor população de plantas proporciona melhor condição para o desenvolvimento de plantas, isso se deve principalmente ao melhor aproveitamento da radiação solar e maior aeração do dossel, devido a maior facilidade para mobilidade do ar entre folhas e ramos das plantas, proporcionado por uma melhor distribuição no arranjo de plantas (BALARRÉ *et al.*, 1995), fatores estes que podem resultar em maior produtividade da soja, pela diminuição da ocorrência de doenças e consequentemente maior qualidade dos grãos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a interação entre diferentes populações de plantas de soja na redução da seca da haste e na incidência de *P. sojae* nos grãos colhidos em regiões de altitude. Como ferramentas auxiliares foram avaliadas a altura final das plantas, o diâmetro da haste principal e o número de hastes, visando entender como estas características que exercem influência no micro-clima do dossel são modificadas pelo arranjo de plantas, resultando em alterações no ambiente de cultivo e consequentemente nas relações patógeno-hospedeiro-ambiente.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em lavoura de soja na fazenda NBN Sementes, no município de Muitos Capões, RS, durante as safras agrícolas de 2006/07 e 2007/08. A lavoura se encontra a 950 metros de altitude, em solo do tipo Latossolo Vermelho Distrófico, com teor

de matéria orgânica próximo de 6 %, pH de 5,6, níveis de fósforo entre 8 a 12 ppm e potássio superiores a 200 ppm.

A soja foi semeada nos dias 8/12 e 12/12 respectivamente para as safras 2006/07 e 2007/08. A cultura estabeleceu-se em área de plantio direto sob rotação de culturas com milho e sob sucessão ao trigo. A época de semeadura foi na primeira quinzena de dezembro de cada safra agrícola. Utilizaram-se as cultivares de soja BRS 255 RR e CD 213 RR. A semeadura foi realizada em alta densidade com posterior desbaste após a emergência para se obter as densidades desejadas. Foram testadas densidades de 12, 18, 24, 30 e 36 sementes aptas m^{-2} , com espaçamento entre linha de 45 cm (Figura 3).

A adubação das áreas de soja da NBN Sementes consiste em uma adubação de sistema, com aplicação de fósforo na linha de semeadura e cloreto de potássio em cobertura, conforme a necessidade de cada gleba de solo, visando atingir níveis ótimos a produtividade da cultura, ambos disponibilizados nas culturas de inverno.

As unidades experimentais constaram de parcelas com 5 m de largura e 10 m de comprimento, arranjadas em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições.

Durante o desenvolvimento da cultura os tratos culturais seguiram as indicações técnicas para a cultura da soja (Embrapa, 2008). Foram realizadas duas aplicações de fungicida (Piraclostrobina 66,5 g i.a. ha^{-1} + Epoxiconazole 25 g i.a. ha^{-1}) nos órgãos aéreos visando o controle de oídio, ferrugem e manchas foliares, nos estádios R5.1 e R5.5.

As avaliações de incidência da seca da haste para CD 213 RR na safra 2006/07 ocorreram quando as plantas se encontravam nos estádios fenológicos de 10 % da granação (R5.1), maioria das vagens entre 75 % e 100 % da granação (R5.5), 100 % da granação e com folhas verdes (R6), início do amarelecimento de folhas (R7) e entre o início e 50 % do amarelecimento de folhas (R7.1). Para BRS 255 RR as avaliações foram feitas nos mesmos estádios exceto na última ocorrida entre 50 % e 100 % do amarelecimento de folhas (R7.2).

Para safra 2007/08 foi possível realizar quatro avaliações da seca da haste, nas duas cultivares, devido a ocorrência de duas geadas precoces na última semana de março, quando a cultivar CD 213 RR se encontrava no estágio R5.3 e BRS 255 RR em R6. Para CD 213 RR a incidência da doença foi avaliada quando as plantas se encontravam nos estádios de primeira flor desenvolvida visível (R1), vagens completamente desenvolvidas com aproximadamente 2 cm de comprimento num dos 4 primeiros nós da planta (R4), 10 % da granação (R5.1) e entre 25 % e 50 % da granação (R5.3). Na BRS 255 RR as três primeiras avaliações foram feitas

nos mesmos estádios da CD 213 RR, sendo a última realizada com grãos verdes completamente cheios preenchendo as cavidades da vagem (R6).



Figura 3 – Ilustração mostrando os tratamentos a campo. De cima para baixo: 12, 24 e 36 plantas por m² respectivamente.

Para avaliações da seca da haste foram escolhidas, ao acaso, 20 plantas por parcela, e através dos sintomas visuais da doença (necrose das hastes e pecíolos, apresentando picnídios distribuídos linearmente nos tecidos infectados) foi mensurada a incidência.

Também foi realizada a patologia dos grãos colhidos visando quantificar relação entre a incidência de *P. sojae* nos grãos com a incidência da seca da haste. A determinação da sanidade dos grãos foi realizada no Laboratório de Fitopatologia do CAV. Foi utilizado o meio de cultura BDA (Batata Dextrose Ágar = 39 g de Difco Potato Dextrose Agar para 1.000 ml de água destilada) acrescido de antibiótico (sulfato de estreptomicina 0,02g em 50 ml de água destilada-esterilizada). Depois da assepsia das sementes em hipoclorito de sódio (1 %) por três minutos, seguido de lavagem com água esterilizada, 200 sementes (4 repetições de 50 sementes) de cada tratamento foram distribuídas em caixas de acrílico tipo gerbox (25 sementes por caixa), medindo 11,5 x 11,4 x 3,4 cm de altura, contendo o meio de cultura. O material foi incubado em estufa com fotoperíodo e termoperíodo (EletroLab), sob temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas proporcionado por lâmpadas fluorescentes de 20 W. Após sete a dez dias de incubação, os fungos foram identificados sob lupa binocular, com aumento de 40 X, com base nas características das colônias desenvolvidas, e sob microscópio óptico, com base nas estruturas dos fungos, comparando com as características descritas na literatura. Os resultados foram expressos em incidência (%) do fungo.

Características agronômicas foram determinadas nas duas cultivares por meio da coleta de 10 plantas de soja aleatórias por parcela, durante o estágio R8, nas quais foram avaliadas: a) altura final de planta, correspondente à distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal da planta; b) número de ramificações, obtido pela contagem direta do número de ramos inseridos na haste principal de cada planta; c) diâmetro da haste principal, determinado através de leitura com paquímetro digital, medindo-se a região compreendida entre o colo da planta e a cicatriz do nó cotiledonar.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão para obtenção da relação entre as densidades de semeadura com a incidência de seca da haste, a incidência de *P. sojae* nos grãos e as características agronômicas das plantas.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as safras agrícolas de 2006/07 e 2007/08 houve condições ambientais propícias para ocorrência da seca da haste nas cultivares de soja CD 213 RR e BRS 255 RR,

sendo que a doença apresentou incidências superiores a 10 % já nos primeiros estádios reprodutivos das plantas (Figuras 4, 5, 6 e 7).

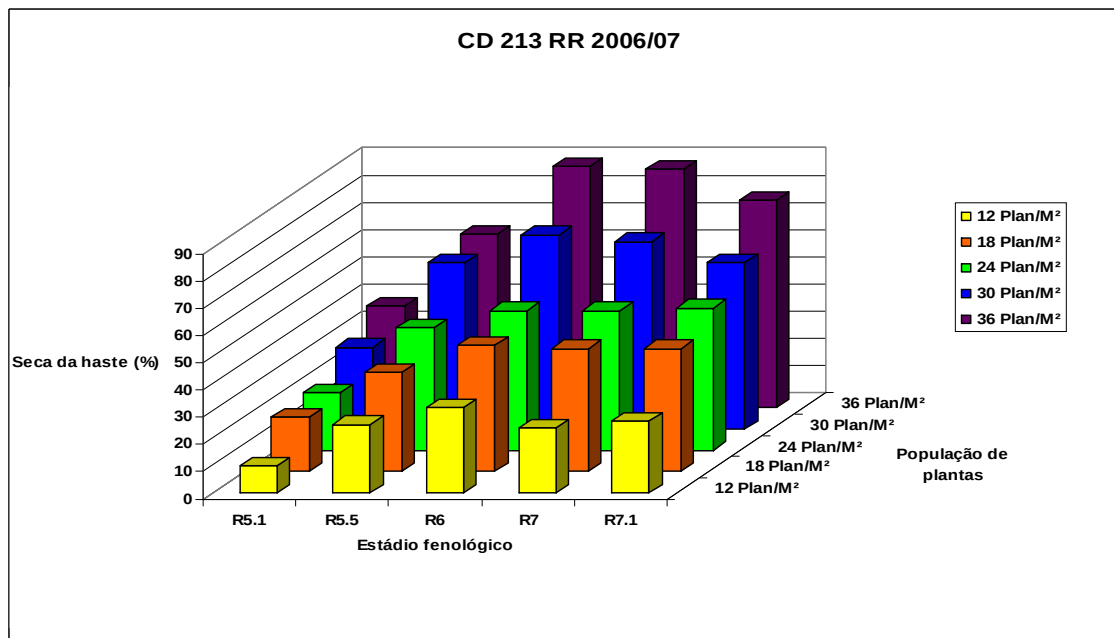


Figura 4 - Incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR, nos estádios fenológicos R5.1 (10 % da granação), R5.5 (maioria das vagens entre 75 % e 100 % da granação), R6 (100 % da granação e com folhas verdes), R7, (início do amarelecimento de folhas) e R7.1 (entre o início e 50 % do amarelecimento de folhas). Muitos Capões, RS, safra 2006/07.

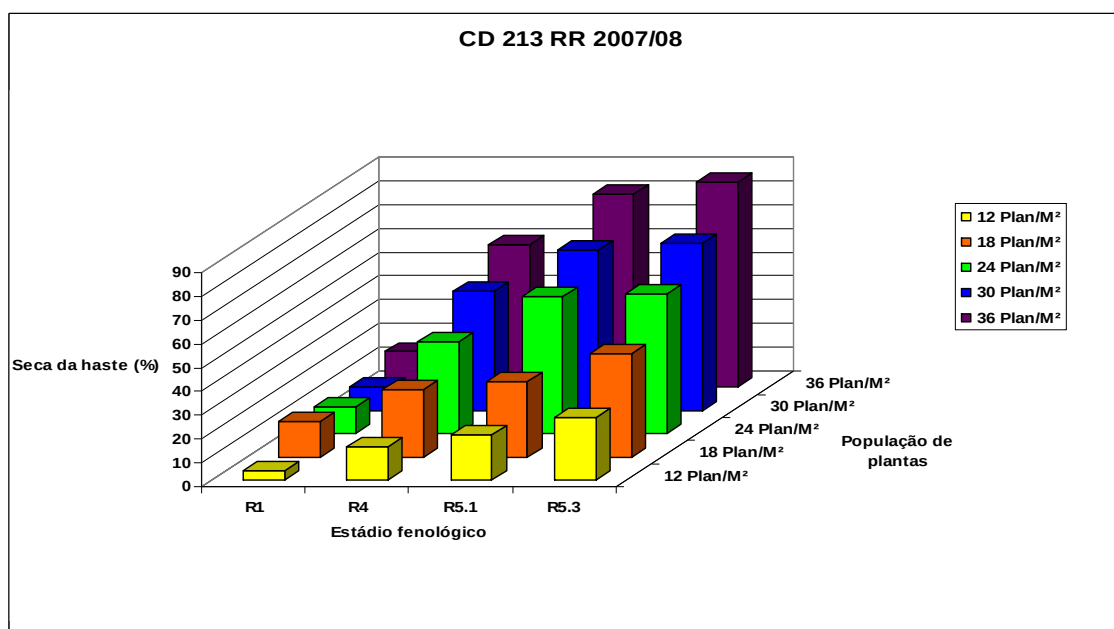


Figura 5 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR, nos estádios fenológicos R1 (primeira flor desenvolvida visível), R4 (vagens completamente desenvolvidas com aproximadamente 2 cm de comprimento num dos 4 primeiros nós da planta), R5.1 (10 % da granação) e R5.3 (entre 25 % e 50 % da granação). Muitos Capões, RS, safra 2007/08.

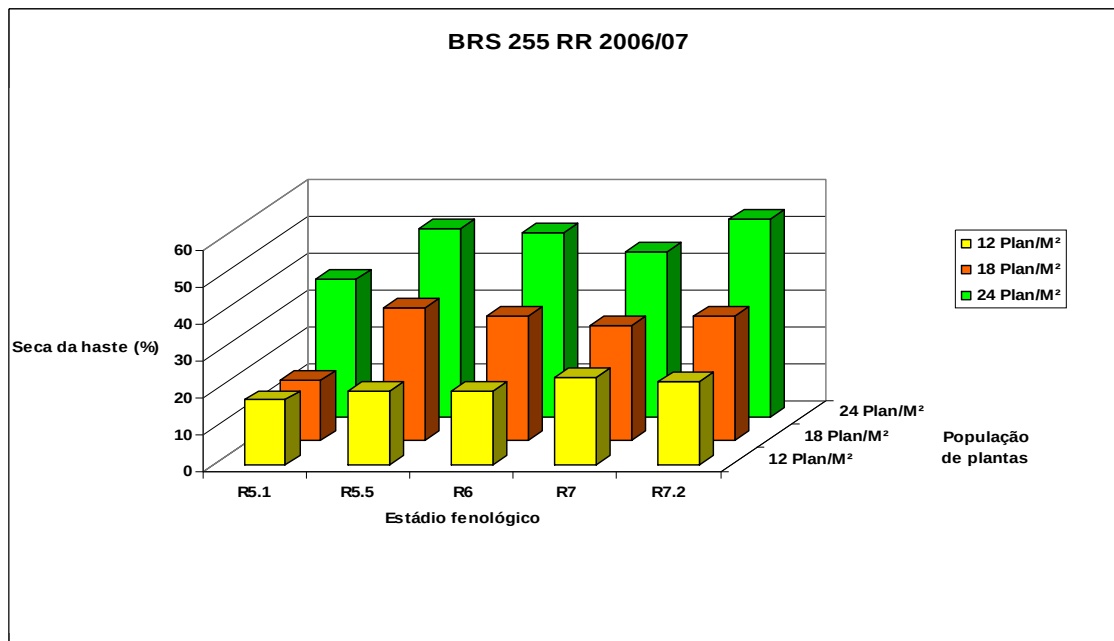


Figura 6 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja BRS 255 RR, nos estádios fenológicos R5.1 (10 % da granação), R5.5 (maioria das vagens entre 75 % e 100 % da granação), R6 (100 % da granação e com folhas verdes), R7, (início do amarelecimento de folhas) e R7.2 (entre 50% e 100% de amarelecimento de folhas). Muitos Capões, RS, safra 2006/07

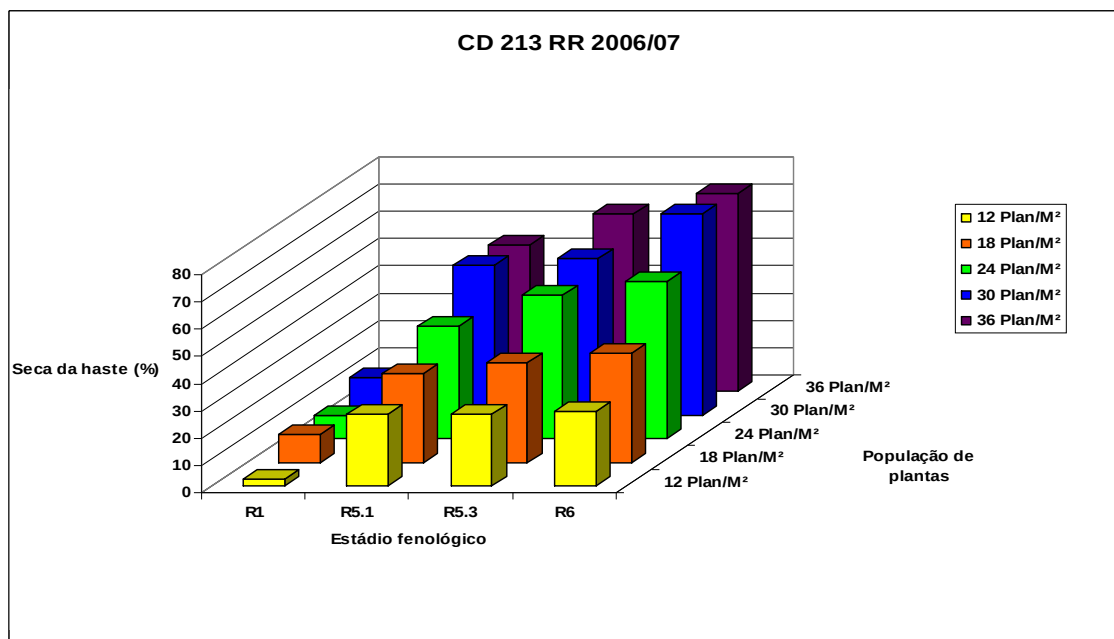


Figura 7 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja BRS 255 RR, nos estádios fenológicos R1 (primeira flor desenvolvida visível), R5.1 (10 % da granação), R5.3 (entre 25 % e 50 % da granação) e R6 (grãos verdes completamente cheios preenchendo as cavidades da vagem). Muitos Capões, RS, safra 2007/08.

Na safra agrícola 2006/07 não foi possível obter dados nas populações de 30 e 36 plantas por m² para cultivar BRS 255 RR devido a problemas germinativos ocorridos no campo. De modo geral, observou-se nas duas cultivares que a doença apresentou um aumento gradativo da incidência até o estágio R6, ocorrendo um pequeno decréscimo após esta fase, que pode ser explicado pela morte de algumas plantas afetadas e pela abscisão das hastes doentes (Figuras 8 e 9).

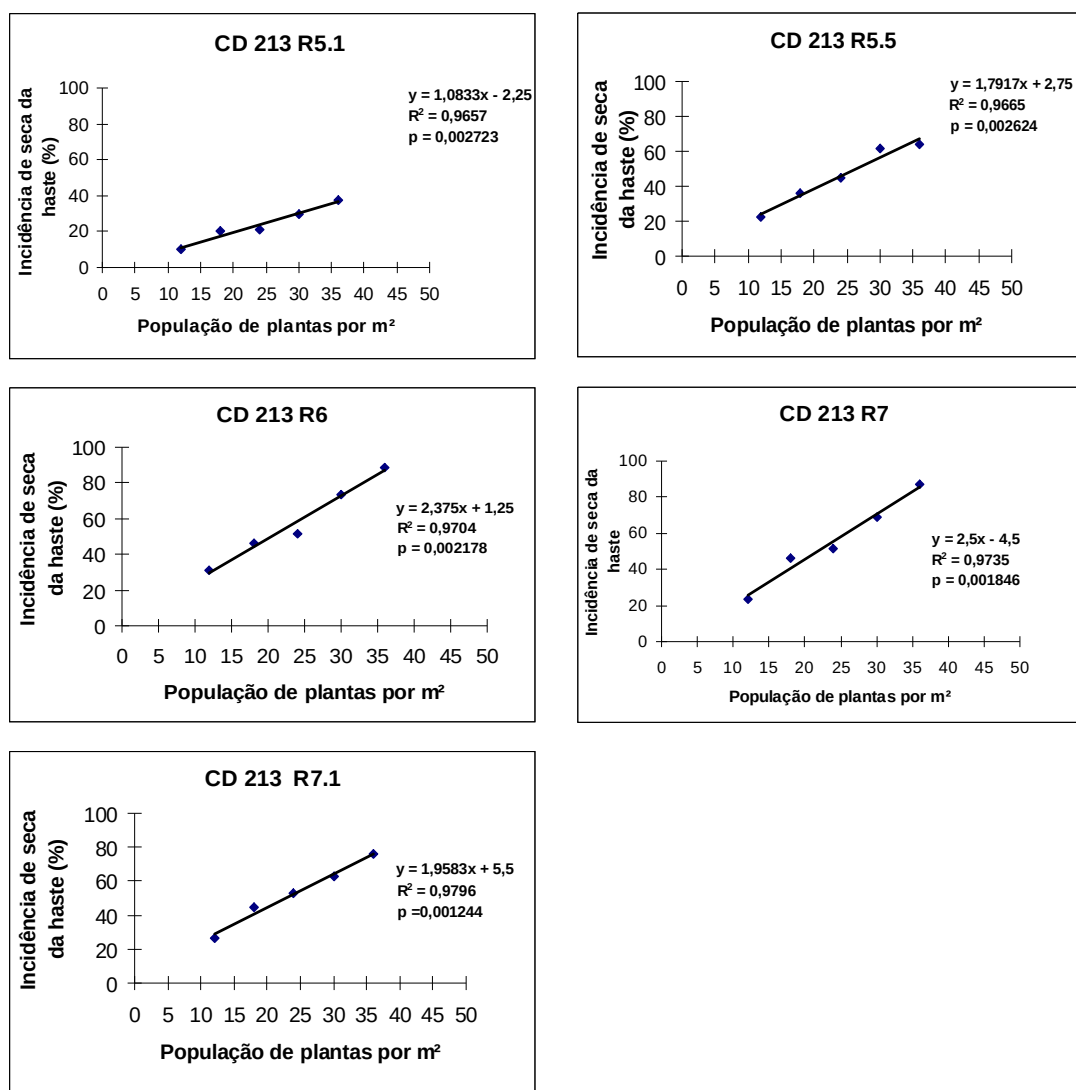


Figura 8 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR, nos estádios fenológicos R5.1 (10 % da granação), R5.5 (maioria das vagens entre 75 % e 100 % da granação), R6 (100 % da granação e com folhas verdes), R7, (início do amarelecimento de folhas) e R7.1 (entre o início e 50 % do amarelecimento de folhas). Muitos Capões, RS, safra 2006/07.

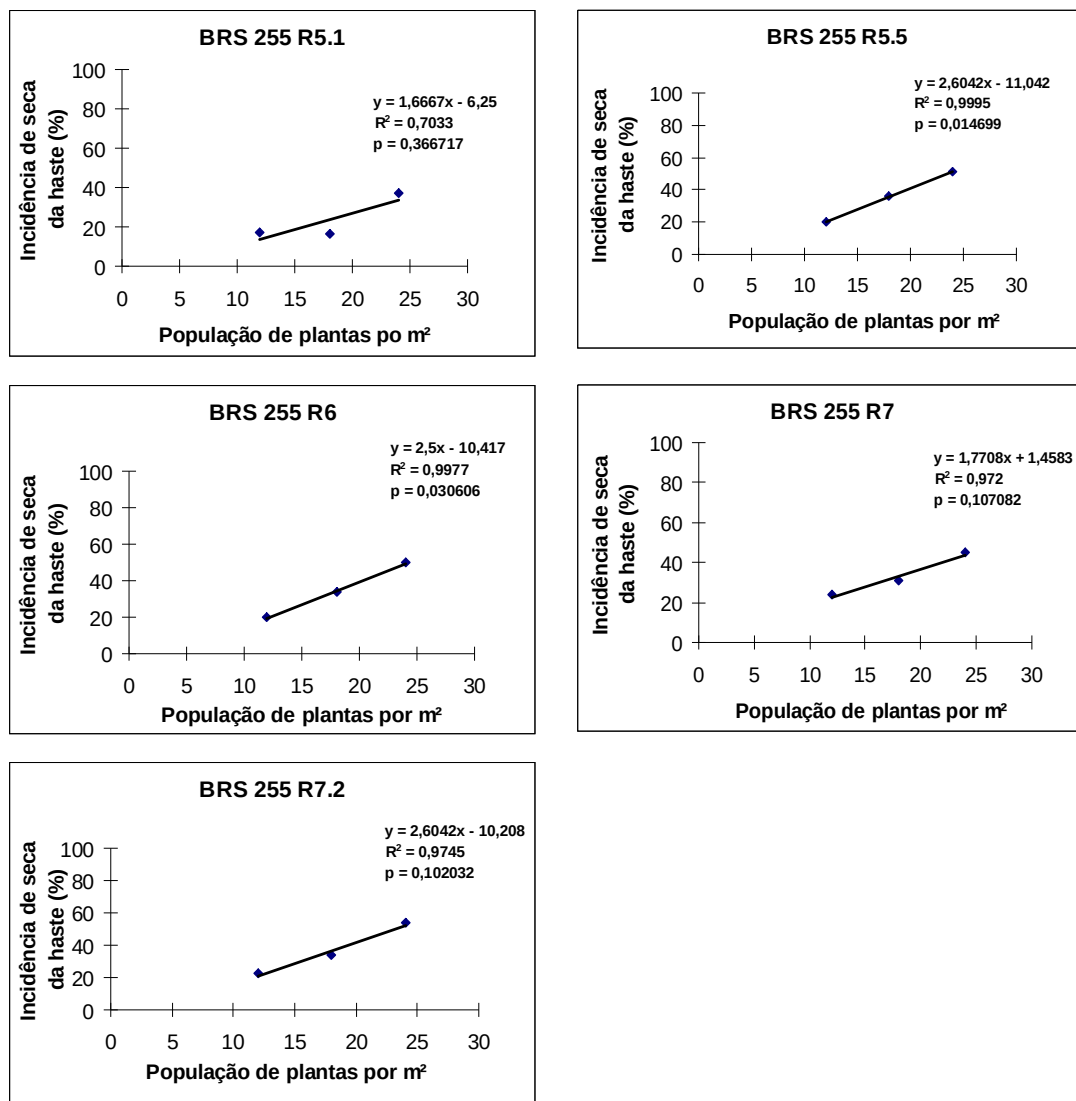


Figura 9 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja BRS 255 RR, nos estádios fenológicos R5.1 (10 % da granação), R5.5 (maioria das vagens entre 75 % e 100 % da granação), R6 (100 % da granação e com folhas verdes), R7, (início do amarelecimento de folhas) e R7.2 (entre 50% e 100% de amarelecimento de folhas). Muitos Capões, RS, safra 2006/07.

Na safra 2007/08 pode-se observar uma ocorrência mais precoce da seca da haste nas fases iniciais do desenvolvimento reprodutivo da cultura, sendo que a doença alcançou índices muito elevados já no início do enchimento de grãos, permanecendo sem grandes mudanças nos estádios posteriores (Figuras 10 e 11).

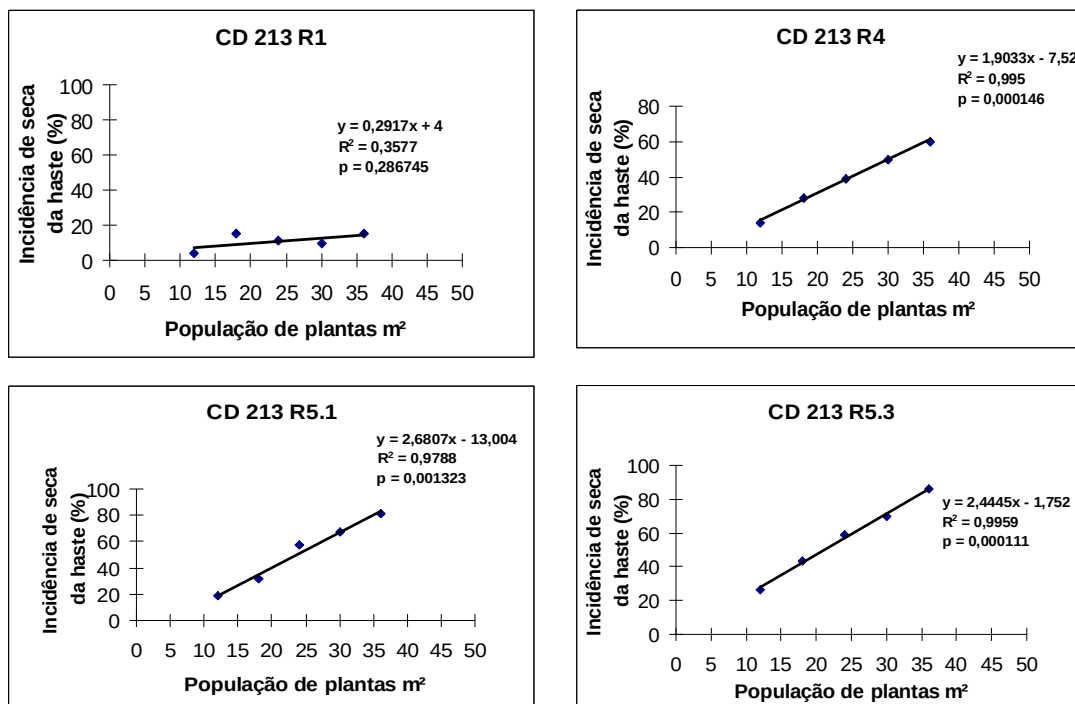


Figura 10 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR, nos estádios fenológicos R1 (primeira flor desenvolvida visível), R4 (vagens completamente desenvolvidas com aproximadamente 2 cm de comprimento num dos 4 primeiros nós da planta), R5.1 (10 % da granação) e R5.3 (entre 25 % e 50 % da granação). Muitos Capões, RS, safra 2007/08.

Foram obtidas 18 equações relacionando a incidência da seca da haste e as diferentes populações de plantas, sendo 10 para a safra 2006/07 e 8 para a safra 2007/08 (Figuras 8, 9, 10, 11), com respectivos valores de probabilidade (p) e coeficiente de determinação (R^2).

Para cultivar CD 213 RR, durante a safra 2006/07, a incidência da doença apresentou correlação positiva e significativa com o aumento na população de plantas, sendo as equações: $y = 1,0833x - 2,25$ $R^2 = 0,9657$ $p = 0,002723$; $y = 1,7917x + 2,75$ $R^2 = 0,9665$ $p = 0,002624$; $y = 2,375x + 1,25$ $R^2 = 0,9704$ $p = 0,002178$; $y = 2,5x - 4,5$ $R^2 = 0,9735$ $p = 0,001846$ e $y = 1,9583x + 5,5$ $R^2 = 0,9796$ $p = 0,001244$, respectivamente para os estádios R5.1, R5.5, R6, R7 e R7.1 (Figura 8). Nesta mesma safra BRS 255 RR demonstrou a mesma tendência que CD 213 RR, com equações positivas e significativas correlacionando população de plantas e a incidência da doença, exceto para o estágio R5.1, onde o número limitado de apenas três níveis populacionais avaliados pode ter de certa forma limitado as conclusões à respeito deste contraste. As equações obtidas foram $y = 1,6667x - 6,25$ $R^2 = 0,7033$ $p = 0,366717$; $y = 2,6042x - 11,042$ $R^2 = 0,9995$ $p = 0,014699$; $y = 2,5x - 10,417$ $R^2 = 0,9977$ $p = 0,030606$; $y = 1,7708x +$

1,4583 $R^2 = 0,972$ $p = 0,107082$ e $y = 2,6042x + 10,208$ $R^2 = 0,9745$ $p = 0,102032$, respectivamente para os estádios R5.1, R5.5, R6, R7 e R7.2 (Figura 9).

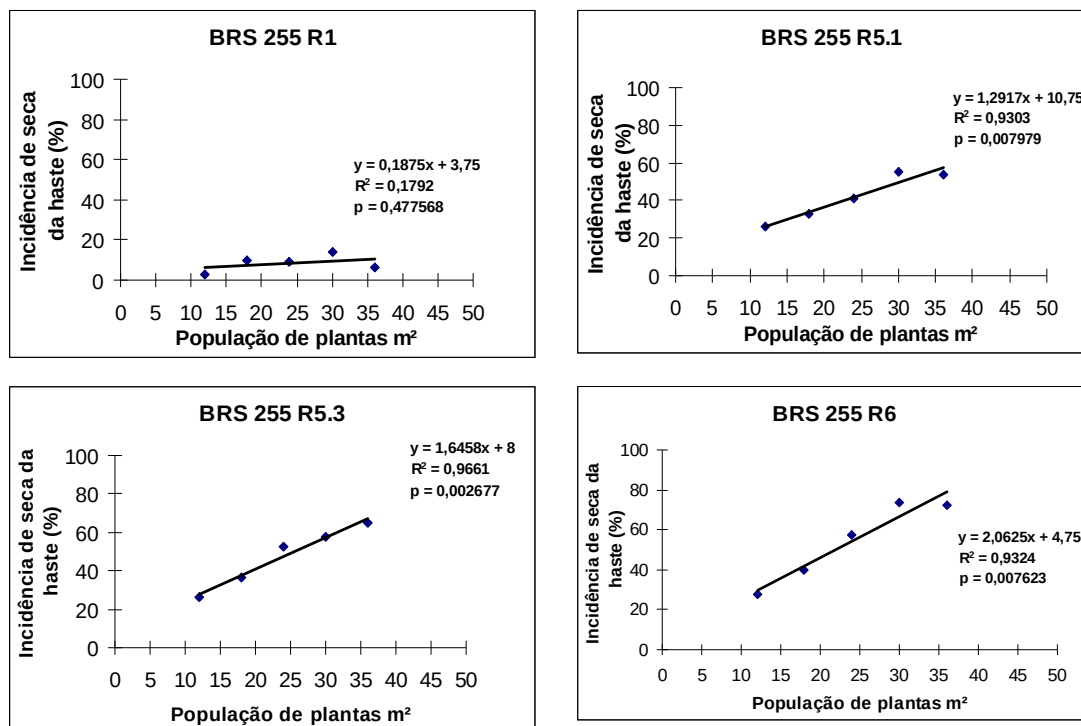


Figura 11 - Relação entre incidência de seca da haste e diferentes populações de plantas de soja BRS 255 RR, nos estádios fenológicos R1 (primeira flor desenvolvida visível), R5.1 (10 % da granação), R5.3 (entre 25 % e 50 % da granação) e R6 (grãos verdes completamente cheios preenchendo as cavidades da vagem). Muitos Capões, RS, safra 2007/08.

Da mesma forma, as equações obtidas na safra de 2007/08 para as duas cultivares entre população de plantas e incidência de seca da haste correlacionaram-se significativamente e positivamente, com exceção para a primeira avaliação, onde provavelmente a baixa pressão de doença apresentada no início do florescimento (R1) não permitiu gerar diferentes gradientes de doença. O aumento na população de plantas resultou em incremento na incidência da doença, sendo que as equações obtidas para CD 213 RR foram $y = 0,2917x + 4$ $R^2 = 0,3577$ $p = 0,286745$; $y = 1,9033x - 7,52$ $R^2 = 0,995$ $p = 0,000146$; $y = 2,6807x - 13,004$ $R^2 = 0,9788$ $p = 0,001323$ e $y = 2,4445x - 1,752$ $R^2 = 0,9959$ $p = 0,000111$, respectivamente para os estádios R1, R4, R5.1 e R5.3 (Figura 10). Para BRS 255 RR as equações para os estádios R1, R5.1, R5.3 e R6 foram respectivamente $y = 0,1875x + 3,75$ $R^2 = 0,1792$ $p = 0,477568$; $y = 1,2917x + 10,75$ $R^2 = 0,9303$ $p = 0,007979$; $y = 1,6458x + 8$ $R^2 = 0,9661$ $p = 0,002677$ e $y = 2,0625x + 4,75$ $R^2 = 0,9324$ $p = 0,007623$ (Figura 11).

Os resultados obtidos demonstram que incrementos na densidade de plantas resultam em aumento gradual na incidência da seca da haste. Em geral, as indicações da pesquisa recomendam populações entre 24 e 33 plantas por m², as quais neste trabalho foram as que apresentaram maiores incidências de seca da haste. Essa maior incidência de doenças nas populações de plantas mais elevadas pode ser explicada pelo fato de que densidade de plantas interfere diretamente no hábito de crescimento da soja, o que irá refletir diretamente na umidade e aeração do dossel, resultando em um maior período de molhamento foliar (NAPOLEÃO *et al.*, 2006).

Para verificar o comportamento das cultivares frente às alterações morfológicas mais relevantes ocorridas com o adensamento populacional, contrastaram-se atributos como altura, diâmetro da haste principal e número de hastes por planta com as diferentes populações avaliadas.

Não houve correlação significativa entre densidades de plantas e incidência de *P. sojae* nos grãos para as duas cultivares nas duas safras avaliadas (CD 213 RR em 2006/07 $y = -0,0667x + 4,96$ $R^2 = 0,105$ $p = 0,594683$; CD 213 RR em 2007/08 $y = -0,0167x + 0,7$ $R^2 = 0,125$ $p = 0,559404$) e (BRS 255 RR em 2006/07 $y = -0,1x + 2,2$ $R^2 = 0,75$ $p = 0,333333$; BRS 255 RR em 2007/08 $y = -0,0167x + 1,7$ $R^2 = 0,0189$ $p = 0,825659$) (Figura 12).

Não houve correlação significativa entre incidência da seca da haste no último estágio de avaliação com a incidência de *P. sojae* nos grãos (CD 213 RR 2006/07 $y = -0,0408x + 5,5019$ $R^2 = 0,154$ $p = 0,513466$; CD 213 RR em 2007/08 $y = -0,0062x + 0,6557$ $R^2 = 0,1055$ $p = 0,593922$) e (BRS 255 RR em 2006/07 $y = -0,0339x + 1,6441$ $R^2 = 0,6008$ $p = 0,435365$; BRS 255 RR em 2007/08 $y = -0,0043x + 1,5312$ $R^2 = 0,0056$ $p = 0,904565$) (Figura 13).

Para altura média das plantas houve correlação positiva e significativa com o aumento da população de plantas para as duas cultivares nas duas safras, demonstrando que quanto maior a população utilizada, maior também tende a ser a altura das plantas, sendo as equações (CD 213 RR em 2006/07 $y = 0,604x + 72,524$ $R^2 = 0,9549$ $p = 0,004119$; CD 213 RR em 2007/08 $y = 0,7733x + 5,417$ $R^2 = 0,9689$ $p = 0,005905$) e (BRS 255 RR em 2006/07 $y = 1,1042x + 77,108$ $R^2 = 0,9542$ $p = 0,137359$; BRS 255 RR em 2007/08 $y = 0,7492x + 78,877$ $R^2 = 0,9499$ $p = 0,004833$) (Figura 14).

O aumento na população de plantas não resultou em correlação significativa com o número de hastes por planta (CD 213 RR em 2006/07 $y = -0,0802x + 12,002$ $R^2 = 0,7891$ $p = 0,044041$; CD 213 RR em 2007/08 $y = -0,0667x + 11,09$ $R^2 = 0,7379$ $p = 0,062199$) e (BRS 255 RR em 2006/07 $y = -0,1967x + 11,057$ $R^2 = 0,9853$ $p = 0,077486$; BRS 255 RR em 2007/08 $y = -0,1073x + 9,444$ $R^2 = 0,896$ $p = 0,014702$) (Figura 15). Embora não exista

diferença estatística, percebe-se uma nítida tendência de um aumento no número de hastes nas populações mais baixas.

Os resultados obtidos demonstram que incrementos na população de plantas resultam em um aumento na incidência de seca da haste, embora isto não reflita em um aumento na incidência do fungo nos grãos colhidos. De acordo com DHINGRA & ACUÑA (1997), a infecção de sementes de soja por *Phomopsis* sp. normalmente acontece pela parede da vagem, geralmente após o início da maturação. Verificou-se a presença de seca da haste já no estágio R5.1, portanto demonstrando que o fungo estava presente no campo nas duas cultivares, CD 213 RR e BRS 255 RR, e que o mecanismo de infecção nas vagens não foi proporcional a incidência da doença na haste. Fato semelhante ocorre com *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) BR. & Cav. em lavouras de feijão comum onde é frequente observar alta severidade da antracnose em folíolos, pecíolos e vagens, mas dificilmente detecta-se o fungo nas sementes (HALL, 1994; SILVA et al., 1994). DHINGRA & KUSHALAPA (1980) também não observaram correlação entre intensidade de mancha angular do feijoeiro e infecção de vagens. Por outro lado, Reis et al. (1997) trabalhando com trigo relatam que a maior intensidade de manchas foliares, causadas por fungos necrotróficos, nas plantas cultivadas em área de plantio direto e monocultura apresentam maior incidência de *Bipolaris sorokinina* (Sacc.) Shoem. e *Drecheslera tritici-repentis* (Died.) Shoem. nas sementes colhidas.

Não houve diferença significativa no rendimento de grãos comparando as populações de plantas na cultivar CD 213 RR na safra 2006/07 e na cultivar BRS 255 RR nas duas safras. Diferença significativa ocorreu em CD 213 RR na safra 2007/08 (Figura 16). Nesta última situação os maiores rendimentos ocorreram nas populações mais baixas em virtude principalmente de maior peso na massa de grãos. Os baixos rendimentos ocorridos nesta safra para todos os tratamentos deve-se ao fato da ocorrência de geada na segunda quinzena de março de 2008, onde as plantas da CD 213 RR estavam com o ciclo mais atrasado em comparação com BRS 255 RR.

De modo geral, não houve diferença entre o rendimento de grãos com o incremento nas populações de plantas nas duas safras, considerando o solo com bom nível de fertilidade e condições edafoclimáticas favoráveis.

As menores populações de plantas apresentaram o mesmo rendimento que as populações mais altas, no entanto apresentando menor incidência de seca da haste.

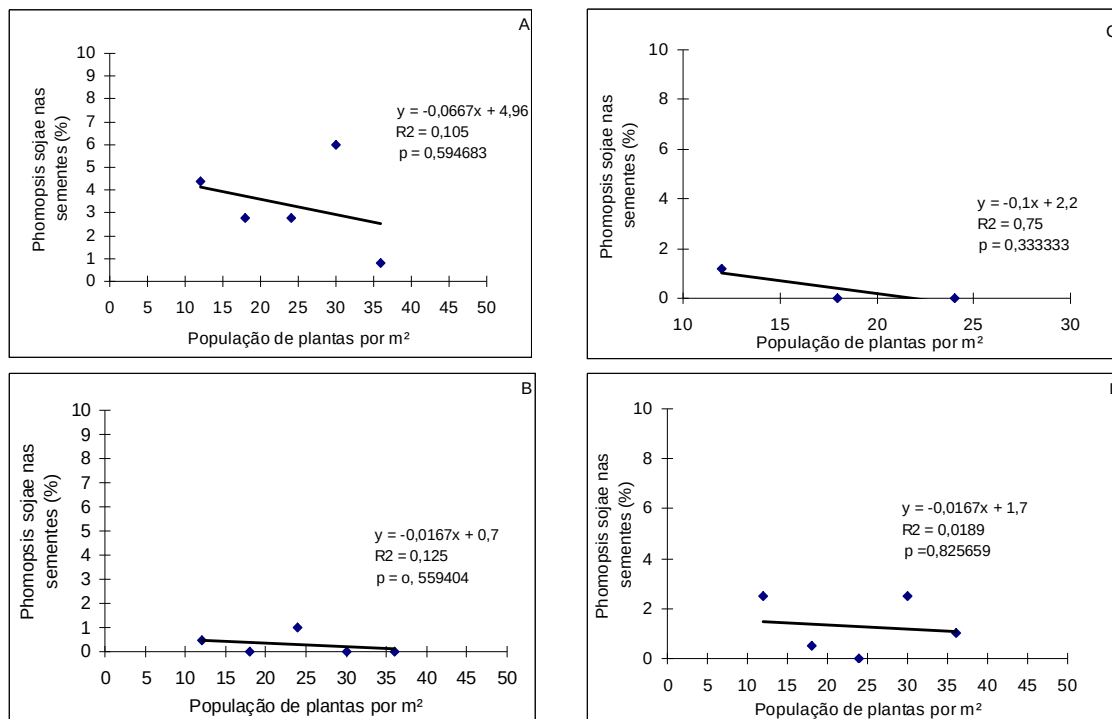


Figura 12 - Relação entre incidência de *Phomopsis sojae* em sementes oriundas de diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR safra 2006/07 (A) e safra 2007/08 (B) e BRS 255 RR safra 2006/07 (C) e safra 2007/08 (D). Muitos Capões, RS. 2008

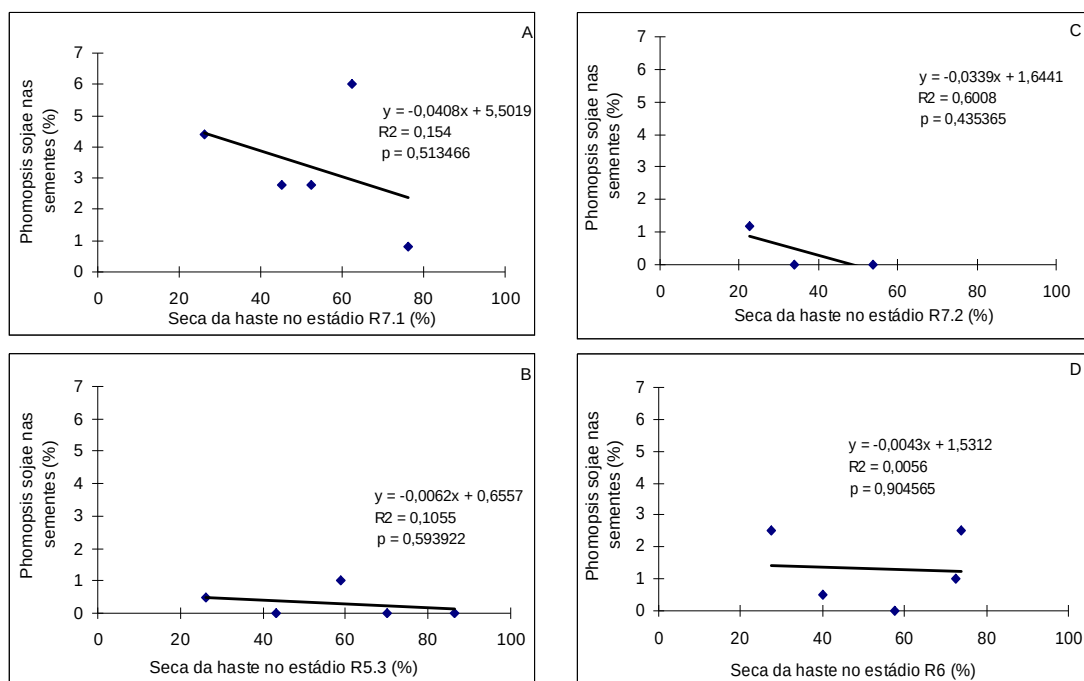


Figura 13 - Relação entre incidência de *Phomopsis sojae* em sementes e sua relação com a incidência de seca da haste próximo da maturação em soja CD 213 RR safra 2006/07 (A) e safra 2007/08 (B) e BRS 255 RR safra 2006/07 (C) e safra 2007/08 (D). Muitos Capões, RS. 2008.

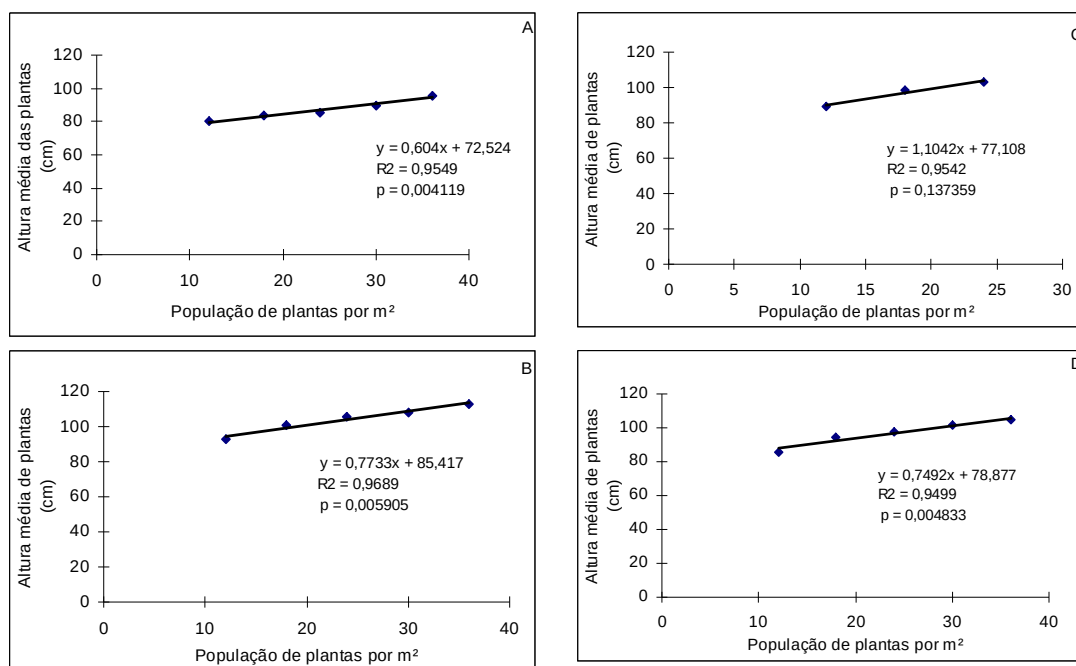


Figura 14 - Relação entre populações de plantas de soja CD 213 RR (A e B) e BRS 255 RR (C e D) e altura de plantas durante as safras 2006/07 (A e C) e 2007/08 (B e D) no estágio fenológico R8 (Maturação completa). Muitos Capões, RS. 2008.

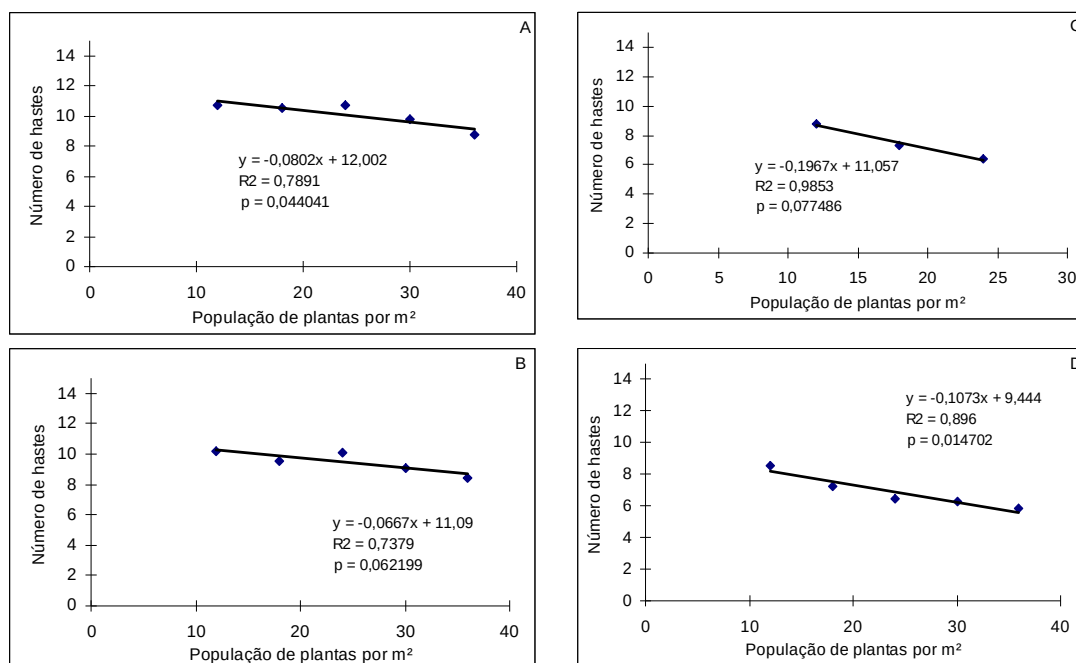


Figura 15 - Relação entre populações de plantas de soja CD 213 RR (A e B) e BRS 255 RR (C e D) e número de hastes durante as safras 2006/07 (A e C) e 2007/08 (B e D) no estágio fenológico R8 (Maturação completa). Muitos Capões, RS. 2008.

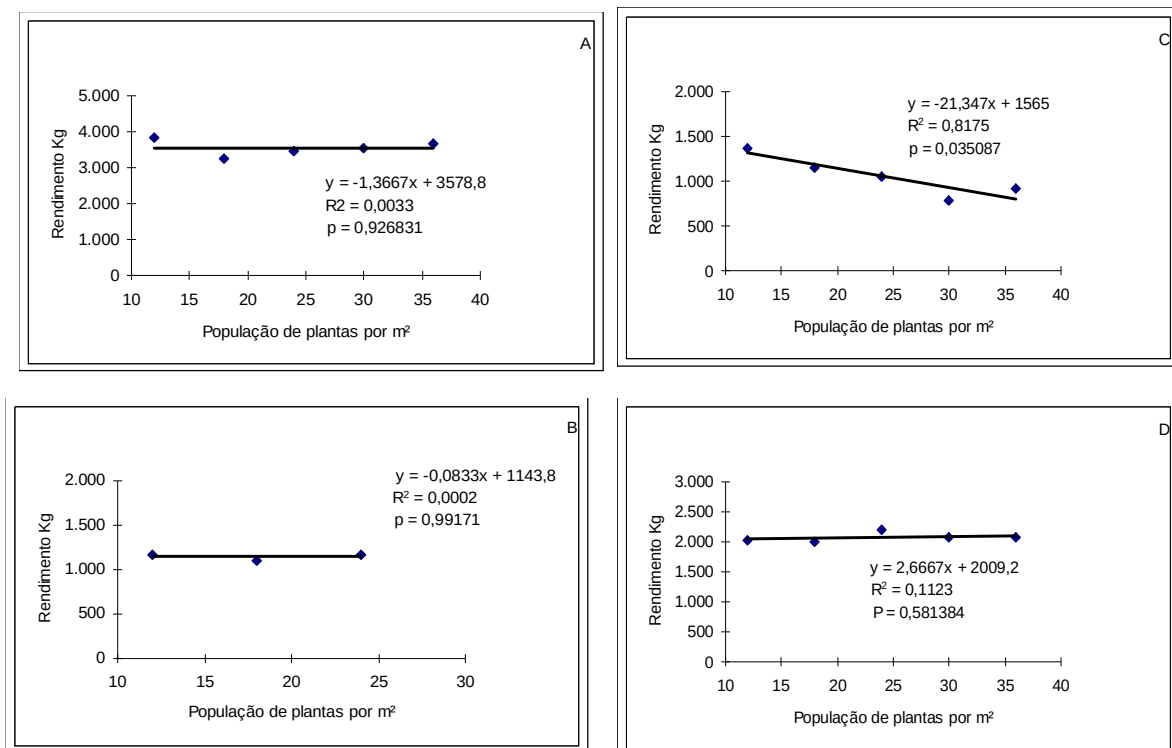


Figura 16 – Correlação entre os rendimentos e populações de plantas de soja CD 213 RR (A e B) e BRS 255 RR (C e D) durante as safras 2006/07 (A e C) e 2007/08 (B e D). Muitos Capões, RS. 2008.

3.5 CONCLUSÕES

O manejo da população de plantas contribui para o controle da seca da haste, pois densidades próximas às indicadas pela pesquisa da soja conferem maior incidência da doença em cultivares com características agrônômicas semelhantes da CD 213 RR e BRS 255 RR.

A diminuição da população de plantas nas duas cultivares proporcionou menor altura média das plantas e menor número de hastes por planta, fatores que interferem no microclima do dossel das plantas, aumentando o período de molhamento foliar, o que provavelmente resultou em maior suscetibilidade das plantas a ocorrência de *Phomopsis* nas hastes.

A incidência de *P. sojae* nos grãos colhidos não foi influenciada pelas diferentes populações de plantas, nem tampouco com a incidência da seca da haste nos estádios mais avançados do ciclo da cultura.

A baixa população de plantas não afeta o rendimento de grãos em cultivares com características semelhantes da CD 213 RR e BRS 255 RR quando a fertilidade de solo e as condições climáticas são favoráveis ao cultivo da soja.

4 POPULAÇÃO DE PLANTAS NA CULTURA DA SOJA E SUA RELAÇÃO COM A INCIDÊNCIA DE PODRIDÕES RADICULARES

4.1 RESUMO

A incidência de podridões radiculares em soja tem aumentado nas lavouras de plantio direto. A dificuldade de controle destas doenças deve-se ao fato da falta de resistência genética, à sobrevivência dos fungos no solo por longos períodos na forma de estruturas de repouso e a alta habilidade de competição saprofítica dos patógenos. A interação de práticas culturais de manejo da cultura pode reduzir doenças radiculares da soja. O objetivo deste trabalho foi determinar a relação entre população de plantas e incidência de podridões radiculares nas cultivares de soja BRS 255 RR e CD 213 RR em área de plantio direto sob rotação de culturas com milho e sob sucessão ao trigo. Os experimentos foram conduzidos no município de Muitos Capões, RS, durante as safras agrícolas de 2006/07 e 2007/08. Foram testadas densidades de 12, 18, 24, 30 e 36 sementes aptas m^{-2} , com espaçamento entre linha de 45 cm. As unidades experimentais foram parcelas de 5 m de largura e 10 m de comprimento, arranjadas em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. A incidência das podridões radiculares foi quantificada no estágio de maturação completa, com identificação dos fungos predominantes e também determinação do diâmetro do colo da planta. Os dados foram submetidos à análise de regressão. Houve correlação positiva e significativa entre aumento na população de plantas e incremento na incidência de podridões radiculares para CD 213 RR nas duas safras. Na BRS 255 RR não houve correlação. Nas duas cultivares houve correlação negativa e significativa entre aumento na população de plantas e diâmetro do colo. Na CD 213 RR houve correlação negativa e significativa entre diâmetro do colo e incidência de podridões radiculares; o mesmo não ocorreu para cultivar BRS 255 RR. Houve diferenças entre espécies predominantes de fungos encontrados infectando as raízes para as duas cultivares, porém não houve diferença entre as safras avaliadas. Os fungos predominantes nas raízes doentes da cultivar CD 213 RR foram *F. tucumaniae*, *M. phaseolina* e *Phomopsis* sp. e para BRS 255 RR predominaram *M. phaseolina* e *Phomopsis* sp. A incidência das espécies de fungos associadas às podridões

radiculares não apresentou correlação significativa com o aumento na população de plantas nas duas cultivares e safras. Nas duas cultivares e safras não houve diferença significativa no rendimento de grãos. Os resultados permitem concluir para cultivar CD 213 RR que as podridões radiculares podem ser reduzidas evitando populações acima de 24 plantas por m².

Palavras-chave: Densidade de Plantas. Fomopsis. *Glycine max*. Macrofomina. Plantio Direto. Fusariose.

4.1.1 Abstract

Soybean Plant Density and your relation with the Root Rot Incidence

The incidence of root rot in soybean crops has been increasing in the no till. The control these diseases is difficult due the lack of genetic resistance, the survival of fungi in the soil during long periods as resistance structures and their high ability of saprophytic competition. The interaction between the cultural practices of the management of the culture can reduce the incidence of diseases in the soybean. This report aimed to determine the relationship between the population of plants and the incidence of root rot in the BRS 255 RR and CD 213 RR cultivars of soybean in an area of no till under crop rotation with maize and under succession of wheat. The experiments were performed in the county of Muitos Capões, RS, during the agricultural harvest of 2006/07 and 2007/08. Were evaluated densities of 12, 18, 24, 30 and 36 seeds viable per m²⁻¹ with space among lines of 45 cm. The experimental units were plot of 5 m of width and 10 m of length, arranged in experimental configuration of randomized blocks, with four replications. The incidence of root rot was quantified in the stage of complete maturity, with subsequent identification of the predominant fungi and determination of the diameter of the stem base. The data were submitted to the regression analysis. There **was** positive and significant correlation between the increase in the plant population and the increase in the incidence of root rot for CD 213 RR in the two harvests. In BRS 255 RR there was no correlation. In both cultivars there was negative and significant correlation between the increase in plant population and the diameter of the stem base. In the CD 213 RR there was negative and significant correlation between the diameter of the stem base and the incidence of root rot, the same did not happen for BRS 255 RR. There were differences between the predominant species of fungus found infecting the roots for the two

cultivars, however there was no difference between the harvests evaluated. The predominant fungi in the affected roots of the cultivar CD 213 RR were *F. tucumaniae*, *M. phaseolina* and *Phomopsis* sp. and for BRS 255 RR prevailed *M. phaseolina* and *Phomopsis* sp. The incidence of fungi species associated with root rot showed no significant correlation with the increase in population of plants in the two cultivars and harvests. In the two harvests and cultivars there was no significant difference in yield of grains. The results allow to conclude for CD 213 RR cultivar that the root rot can be reduced avoiding populations higher than 24 plants per m².

Keywords: Plant Density. *Phomopsis*. *Glycine max*. Charcoal Rot. No Till. Sudden Death.

4.2 INTRODUÇÃO

A globalização recente da economia brasileira, com grande mobilidade de capital e transformações nas estruturas produtivas tradicionais, tem causado importantes modificações no setor agrícola, dentre elas as tecnologias de produção de grãos, tornando o negócio agrícola integrado globalmente e bastante competitivo, provocando avanços tecnológicos e novos métodos de produção e de produtos, oriundos de cadeias produtivas mais comprometidas com a redução dos custos de produção e com menor impacto ambiental.

O cultivo da soja [*Glycine max* (L.) Merr.] no Brasil vem se mostrando como uma das atividades econômicas mais importantes no meio rural, e a venda de grãos para o exterior gera divisas e lucro para o setor produtivo nacional. Nos últimos anos a sojicultura nacional experimentou muitas mudanças, e sem sombra de dúvidas a mais importante delas foi o advento do sistema de plantio direto, que revolucionou as técnicas de cultivo até então empregadas.

A maior parte das áreas agrícolas do Brasil são áreas sensíveis à erosão e de rápida degradação sob as ações do vento, chuva e sol quando cultivadas no sistema convencional, degradando em poucos anos a base produtiva. Em geral, numa propriedade agrícola o solo é o componente da natureza mais atingido pela agricultura predatória. De acordo com o conceito de sustentabilidade, a erosão do solo é o fator mais negativo, que afeta a produtividade e o lucro, sendo a maior agressão contra o meio ambiente na área rural. Conseqüentemente, a sustentabilidade somente será alcançada pelo controle total da erosão. Hoje não se tem mais dúvida de que o plantio direto é a prática agrícola mais eficiente no controle da erosão e a que apresenta menor custo de produção comparado ao preparo convencional.

Com a difusão do sistema plantio direto a erosão dos solos foi controlada, houve redução do gasto de energia, com conseqüente redução do custo de produção, sendo, por isso, um sistema sustentável. Porém, o plantio direto aumentou a compactação do solo e alterou marcadamente o microclima e a comunidade biológica no agroecossistema, com reflexos na população dos agentes causais das doenças da soja, aumentando os problemas fitossanitários da cultura (REIS, 2004).

As doenças da soja constituem em fator importante que limitam o rendimento da cultura. A importância econômica de cada doença varia de ano para ano e de região para região, dependendo da condição climática de cada safra. Ao nível nacional, o valor das perdas anuais por doenças é estimado em cerca de US\$ 2 bilhões (EMBRAPA, 2008).

Atualmente, os maiores desafios em sistema de plantio direto são as doenças radiculares, principalmente devido à compactação do solo, que favorece o estresse hídrico ou o excesso de umidade. Por não revolver o solo, o sistema de plantio direto apresenta, geralmente, uma elevação da densidade do solo na camada superficial, de 0 a 10 cm, a qual, sob condições normais, não causa problemas e tende a desaparecer com o decorrer dos anos. Entretanto, se o sistema de plantio direto for mal conduzido (ausência de rotação de culturas e/ou de cobertura adequada do solo, semeadura em condições de excesso de umidade), pode ocorrer compactação nas camadas de 8 a 15 cm (SALTON *et al.*, 1998). No Rio Grande do Sul, tem-se observado que a realização das práticas de semeadura de soja em plantio direto em solos com elevado teor de argila e em condições de excesso de umidade, causando compactação das paredes laterais do sulco de semeadura, está aumentando a incidência de podridões radiculares, principalmente no início do desenvolvimento da cultura (WRATHER *et al.*, 1995).

A incidência de podridões radiculares tem aumentado drasticamente nas lavouras de plantio direto. A principal causa atribuída ao aumento destas doenças é a presença de solo compactado, no entanto, outros fatores podem estar contribuindo para este aumento, como por exemplo, a densidade de plantas, a disponibilidade de água e nutrientes e a perda da biodiversidade do solo (MICHEREFF, 2001).

As podridões radiculares da cultura da soja têm exigido maior atenção dos pesquisadores, uma vez que danos causados têm sido crescente e os métodos de controle existentes não tem obtido resultados satisfatórios. As podridões radiculares, em geral, são consideradas doenças de controle difícil e, considerando-se os danos que causam, têm recebido pouca atenção por parte dos pesquisadores (REIS *et al.*, 2004).

Sobre as podridões radiculares, pouco se têm estudado e escrito sobre a sua ocorrência e a relação da incidência destas doenças com as práticas de manejo adotadas. Alguns autores, como COOK (1978), ALMEIDA (1980) e SARAIVA & TORRES (2000), relataram sobre a interação de práticas de manejo como a rotação de culturas e o tipo de uso do solo com a incidência das principais doenças radiculares, porém nenhum destes autores faz menção sobre o uso de populações adequadas de plantas como estratégia de controle para estas doenças. A pesquisa visando obter resistência genética para as podridões radiculares não tem obtido resultados satisfatórios, por isso deve-se procurar alternativas para minimizar os danos causados por essas doenças.

Os fungos causadores de podridões radiculares em soja e em outras leguminosas de interesse econômico, como feijão e ervilha, são espécies cosmopolitas e com grande número de hospedeiros. Devido à falta de resistência genética disponível nas suas hospedeiras e à sobrevivência no solo por longos períodos em estruturas de resistência, suas populações e a severidade de doença tendem a aumentar com plantios consecutivos de hospedeiras, caracterizando um processo poliético (ZADOKS & SCHEIN, 1979).

As podridões radiculares ocorrem em todas as lavouras, onde as injúrias ao sistema radicular reduzem produção e levam ao uso excessivo de insumos aplicados para atenuar os danos nas raízes (DI STEFANO & LOBO JUNIOR, 2003). Os principais fungos que causam podridões radiculares em soja no Sul do Brasil são *Rhizoctonia solani* Kuhn, agente causal da rizoctoniose, *Fusarium tucumaniae* (Mart.) Sacc. f.sp. *glycines* Roy, que causa a podridão vermelha das raízes, *Macrophomina phaseoli* (Mauhbl.) Ashby (REIS, 2004).

Diante do exposto, este capítulo teve como objetivo determinar a relação entre diferentes populações de plantas de soja transgênicas e a incidência de podridões radiculares, bem como qualificar os patógenos responsáveis por estas moléstias nos diferentes tratamentos submetidos, uma vez que esta estratégia de manejo afeta significativamente o ambiente de cultivo da cultura, podendo acarretar em mudanças dos patógenos predominantes para cada situação, e também avaliar a relação do diâmetro do colo da haste principal com a incidência de podridões radiculares e as diferentes populações de plantas.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em lavoura de soja na fazenda NBN Sementes, no município de Muitos Capões, RS, durante as safras agrícolas de 2006/07 e 2007/08. A lavoura se encontra a 950 metros de altitude, em solo do tipo Latossolo Vermelho Distrófico, com teor

de matéria orgânica próximo de 6 %, pH de 5,6, níveis de fósforo entre 8 a 12 ppm e potássio superiores a 200 ppm.

A soja foi semeada nos dias 8/12 e 12/12 respectivamente para as safras 2006/07 e 2007/08. A cultura estabeleceu-se em área de plantio direto sob rotação de culturas com milho e sob sucessão ao trigo. A época de semeadura foi na primeira quinzena de dezembro de cada safra agrícola. Utilizaram-se as cultivares de soja BRS 255 RR e CD 213 RR. A semeadura foi realizada em alta densidade com posterior desbaste após a emergência para se obter as densidades desejadas. Foram testadas densidades de 12, 18, 24, 30 e 36 sementes aptas m^{-2} , com espaçamento entre linha de 45 cm (Figura 3).

A adubação das áreas de soja da NBN Sementes consiste em uma adubação de sistema, com aplicação de fósforo na linha de semeadura e cloreto de potássio em cobertura, conforme a necessidade de cada gleba de solo, visando atingir níveis ótimos a produtividade da cultura, ambos disponibilizados nas culturas de inverno.

As unidades experimentais constaram de parcelas com 5 m de largura e 10 m de comprimento, arranjadas em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições.

Durante o desenvolvimento da cultura os tratos culturais seguiram as indicações técnicas para a cultura da soja (Embrapa, 2008). Foram realizadas duas aplicações de fungicida (Piraclostrobina 66,5 g i.a. ha^{-1} + Epoxiconazole 25 g i.a. ha^{-1}) nos órgãos aéreos visando o controle de oídio, ferrugem e manchas foliares, nos estádios R5.1 e R5.5.

Para verificar os possíveis efeitos das diferentes densidades nas características agronômicas das plantas, foi feito a coleta de 20 plantas aleatórias por parcela, durante o estágio R8.1 (até 50 % de desfolha), nas quais foi medido com paquímetro digital o diâmetro do colo da planta (região o colo e a cicatriz do nó cotiledonar) visando avaliar se ocorreu ou não diferença no diâmetro das mesmas (Figura 17).

A avaliação das podridões radiculares nas duas safras e duas cultivares foi realizada no estágio R8.2 (maturação completa). Foram arrancados 8 metros lineares de plantas por parcela (2 metros lineares em cada uma das 4 linhas centrais). Todas as plantas foram arrancadas e com um canivete, raspado o sistema radicular, removendo solo e o córtex. Foi considerada infectada a planta que apresentava necrose, desintegração e descoloração dos tecidos internos das raízes (Figura 18). A fim de identificar os patógenos causadores destas moléstias, tomaram-se 100 plantas ao acaso com sintomas de podridão nos órgãos radiculares, e destas plantas foram extraídos pedaços do córtex radicular. Este material foi levado ao Laboratório de Fitopatologia do CAV, onde se realizou a assepsia com hipoclorito de sódio (1%) durante

cinco minutos, seguido de lavagem com água esterilizada. Os tecidos do córtex foram distribuídos em caixas plásticas tipo gerbox (25 por caixa; 4 repetições), medindo 11,5 x 11,4 x 3,4cm de altura, contendo meio de cultura. Foi utilizado o meio de cultura BDA (Difco Potato Dextrose Agar = 39 g em 1 L de água destilada) acrescido de antibiótico (sulfato de estreptomicina 0,02g em 50 mL de água destilada-esterilizada). O material foi incubado em estufa com fotoperíodo e termoperíodo, sob temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas proporcionado por lâmpadas fluorescentes de 20W. Após sete a dez dias de incubação, os fungos foram identificados sob lupa binocular, com aumento de 40X, com base nas características das colônias desenvolvidas, e sob microscópio óptico, com base nas estruturas dos fungos, comparando com as características descritas na literatura. Os resultados foram expressos em incidência (%) de cada fungo detectado.



Figura 17 – Raízes de plantas cultivadas sobre diferentes populações exibindo diferenças no que diz respeito ao diâmetro do colo. Da esquerda para a direita 12, 18, 24, 30 e 36 plantas por m² respectivamente.



Figura 18 – Raízes de soja mostrando sintomas de *Phomopsis* sp.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão para obtenção da relação entre as densidades de semeadura com a incidência de podridões radiculares, a incidência de fungos infectando os tecidos das raízes e o diâmetro da haste principal das plantas.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidas 24 equações de regressão que correlacionaram as diferentes populações de plantas analisadas com a incidência de podridões radiculares, o diâmetro do colo da haste principal e a relação deste com a incidência de doenças, bem como a relação de fungos predominantes causadores das podridões radiculares, com respectivos valores de probabilidade ($p=$) e coeficiente de determinação (R^2).

A incidência de podridões radiculares variou entre as cultivares estudadas e conforme cada ano em análise. Em ambas as safras, as duas cultivares apresentaram incidência elevada de podridões radiculares, superior a 30%, confirmando as recentes observações que apontam que incidência de podridões radiculares tem aumentado drasticamente nas lavouras de plantio direto do Sul do Brasil.

Para cultivar CD 213 RR, nas duas safras, o aumento na população de plantas resultou em incremento na incidência de patógenos que causam podridões radiculares. Em 2006/07, o percentual de incidência das podridões radiculares foi 51%, 56%, 60%, 61% e 65% respectivamente para populações de 12, 18, 24, 30 e 36 plantas m^2 . Houve correlação positiva e significativa entre o aumento na população de plantas e o incremento na incidência de podridões radiculares ($y = 0,5767x + 44,86$, $R^2 = 0,96$ e $p = 0,002353$) (Figura 19). Na safra 2007/08, as incidências foram 30%, 54%, 53%, 57% e 77% respectivamente para populações de 12, 18, 24, 30 e 36 plantas m^2 . Também houve correlação significativa entre a incidência de podridões radiculares e o aumento na população de plantas ($y = 1,6167x + 15,4$; $R^2 = 0,84$ e $p = 0,02748$) (Figura 19). Observa-se nesta safra uma diferença de 47 pontos percentuais entre a incidência da doença nos tratamentos com 12 plantas por m^2 e 36 plantas por m^2 .

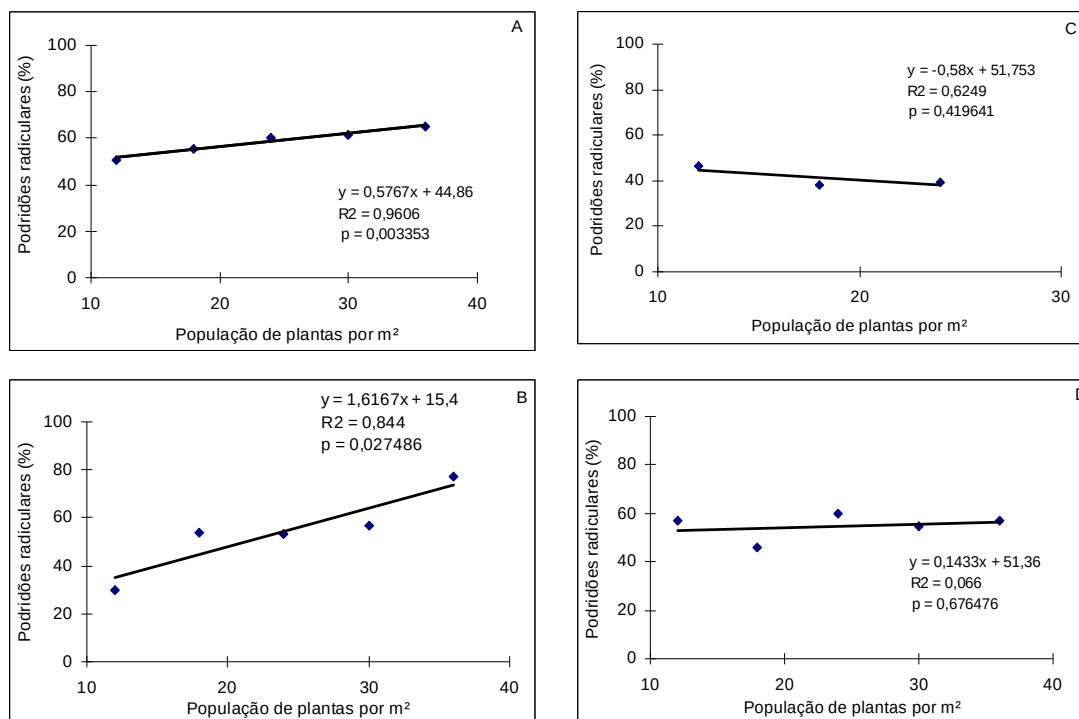


Figura 19 - Relação entre incidência de podridões radiculares e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.2 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.

Nesta cultivar e nas duas safras, o aumento na população de plantas resultou em plantas com menores diâmetros do colo. Em 2006/07, os diâmetros médios do colo da haste principal foram 9,6, 8,8, 8,0, 8,1 e 7,2 respectivamente para populações de 12, 18, 24, 30 e 36 plantas m^2 . Houve correlação negativa e significativa entre o aumento na população de plantas

e o diâmetro do colo de plantas de soja, sendo: $y = -0,0917x + 10,54$; $R^2 = 0,9245$ e $p = 0,00901$ (Figura 20). Também foi constatado que o aumento na incidência de podridões radiculares está negativamente correlacionado com o aumento do diâmetro do colo das plantas de soja, uma vez que a redução no diâmetro do colo das plantas resulta em um aumento na incidência de doenças radiculares ($y = -6,1308x + 109,83$; $R^2 = 0,9869$ e $p = 0,000641$) (Figura 21). Na safra 2007/08, os diâmetros médios do colo da planta foram 9,5, 9,3, 8,4, 8,3 e 8,0 respectivamente para populações de 12, 18, 24, 30 e 36 plantas m^2 . Obteve-se correlação negativa e significativa entre o aumento na população de plantas e o diâmetro do colo ($y = -0,066x + 10,292$; $R^2 = 0,8991$ e $p = 0,014031$) (Figura 20). Por outro lado, nesta safra, a incidência de podridões radiculares não se correlacionou significativamente com o aumento do diâmetro do colo das plantas de soja ($y = -21,592x + 243,61$; $R^2 = 0,673$ e $p = 0,088876$) (Figura 21). Em geral, ao analisar as duas safras verifica-se que a redução no diâmetro do colo das plantas parece tornar as plantas mais predispostas ao aumento na incidência de doenças radiculares.

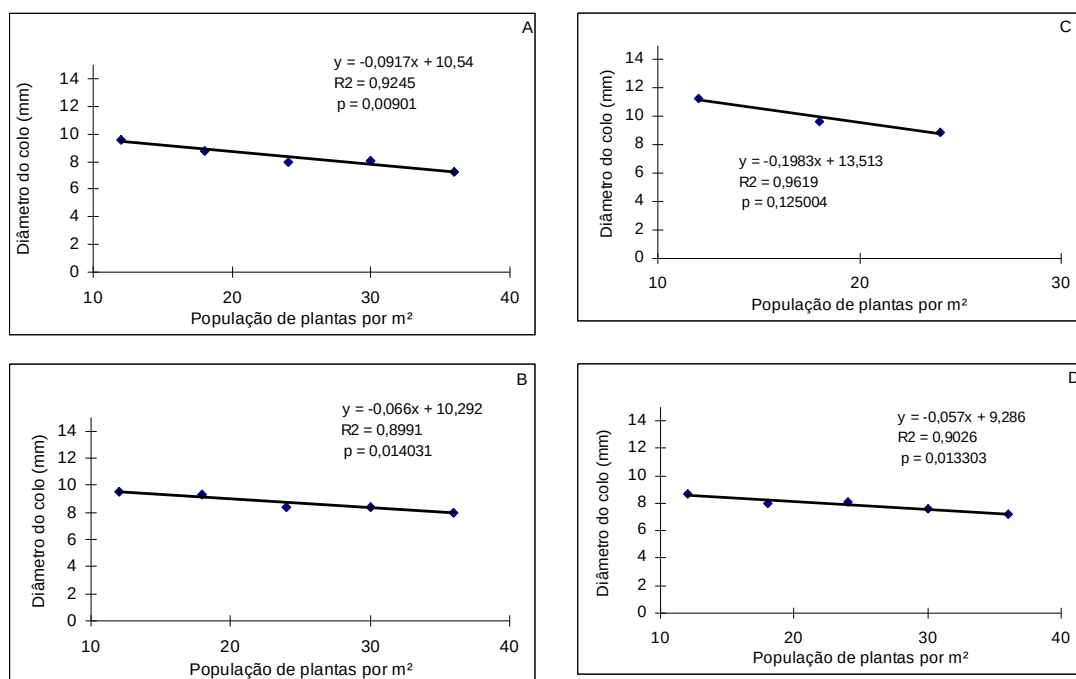


Figura 20 - Relação entre o diâmetro da haste principal e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.2 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.

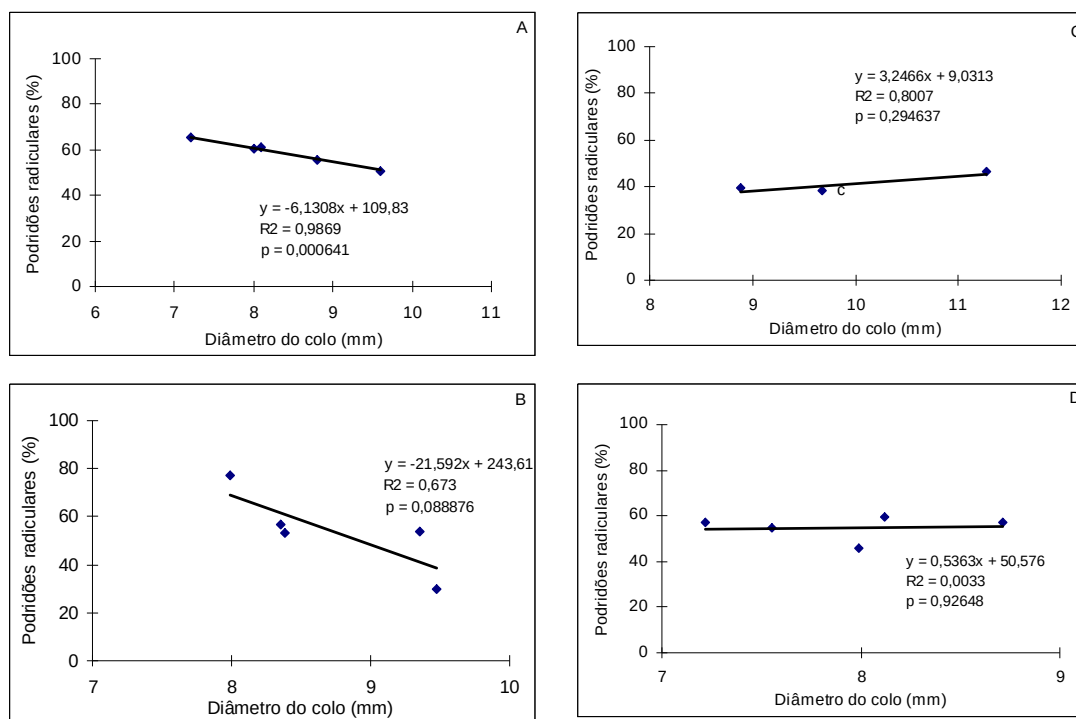


Figura 21 - Relação entre o diâmetro da haste principal e a incidência de podridões radiculares em plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.2 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.

Os fungos predominantes nas raízes doentes da cultivar CD 213 RR foram *F. tucumaniae*, *M. phaseolina* e *Phomopsis* sp., com incidências superiores a 50%, 17% e 13% respectivamente (Figuras 22, 23 e 24). Além destes, *R. solani* também foi detectado, porém com incidência mais baixa (Figura 25). Para todos os fungos não houve correlação significativa com o aumento na população de plantas de soja, embora *Phomopsis* sp. tenha demonstrado resultados promissores, com reduções de incidência em torno de 18% e 10% respectivamente para as safras 2006/07 e 2007/08 (Figura 22), indicando a importância de se realizar estudos futuros para o uso da população de plantas para o manejo desta doença.

Para BRS 255 RR na safra agrícola de 2006/07 não foram obtidas populações de 30 e 36 plantas por m² devido a problemas germinativos ocorridos a campo ocasionados pelo excesso de chuva. Não houve correlação significativa entre a incidência de podridões radiculares e o aumento na população de plantas ($y = -0,58x + 51,753$; $R^2 = 0,6249$ e $p = 0,419641$) (Figura 19). Este número limitado de pontos dificulta gerar uma equação linear confiável e essa pequena variação entre os tratamentos não permite afirmar qualquer

tendência que as diferentes populações de plantas podem estar interferindo na incidência de podridões radiculares. Os dados obtidos na safra 2007/08 para BRS 255 RR também não fornecem evidências de que esta cultivar responda a alterações na população de plantas no que diz respeito à incidência de podridões radiculares. Da mesma forma, não houve correlação significativa entre a população de plantas e a incidência das doenças radiculares ($y = 0,1433x + 51,36$; $R^2 = 0,066$ e $p = 0,676476$) (Figura 19).

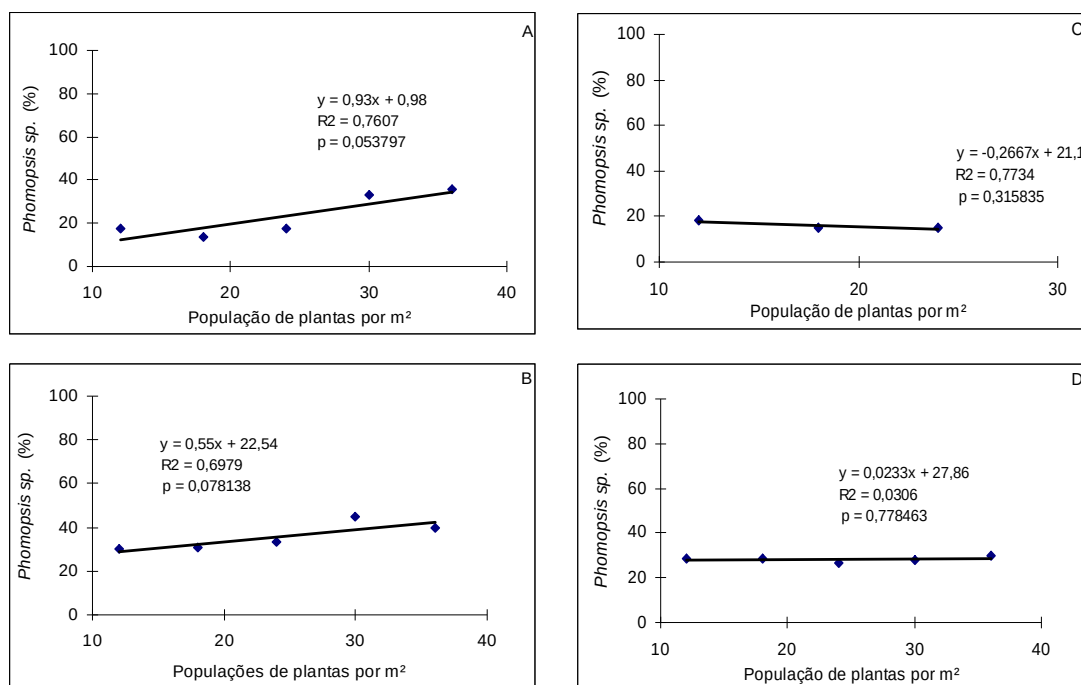


Figura 22 - Relação entre incidência de *Phomopsis* sp. nas raízes e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.2 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.

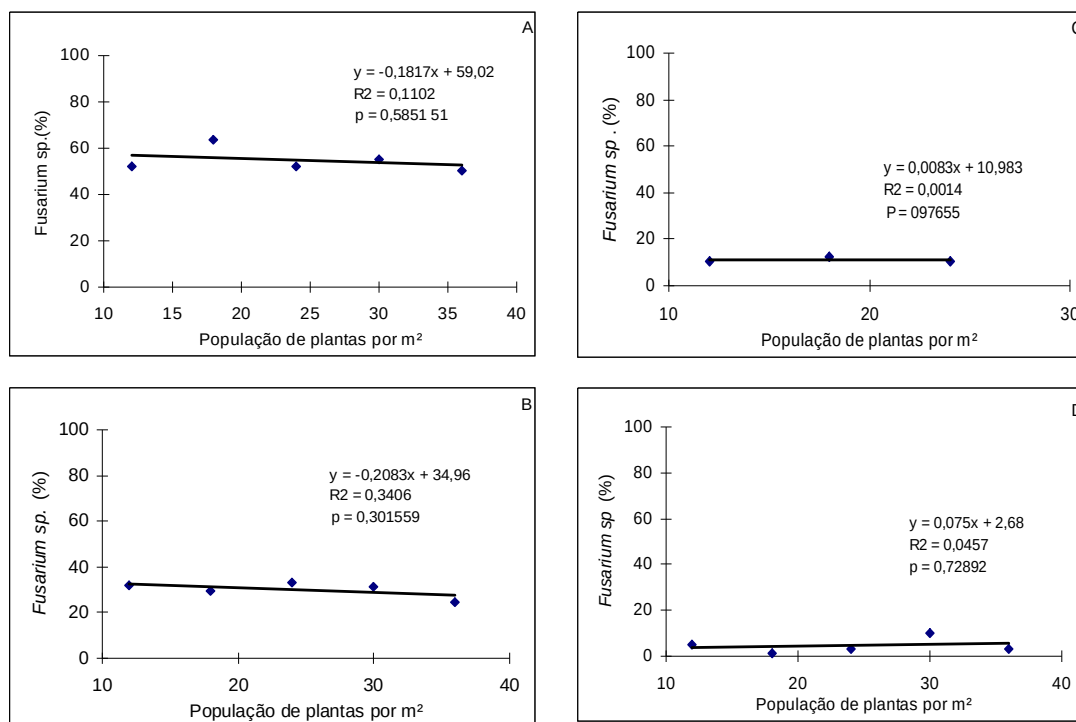


Figura 23 - Relação entre incidência de *Fusarium* sp.nas raízes e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.1 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.

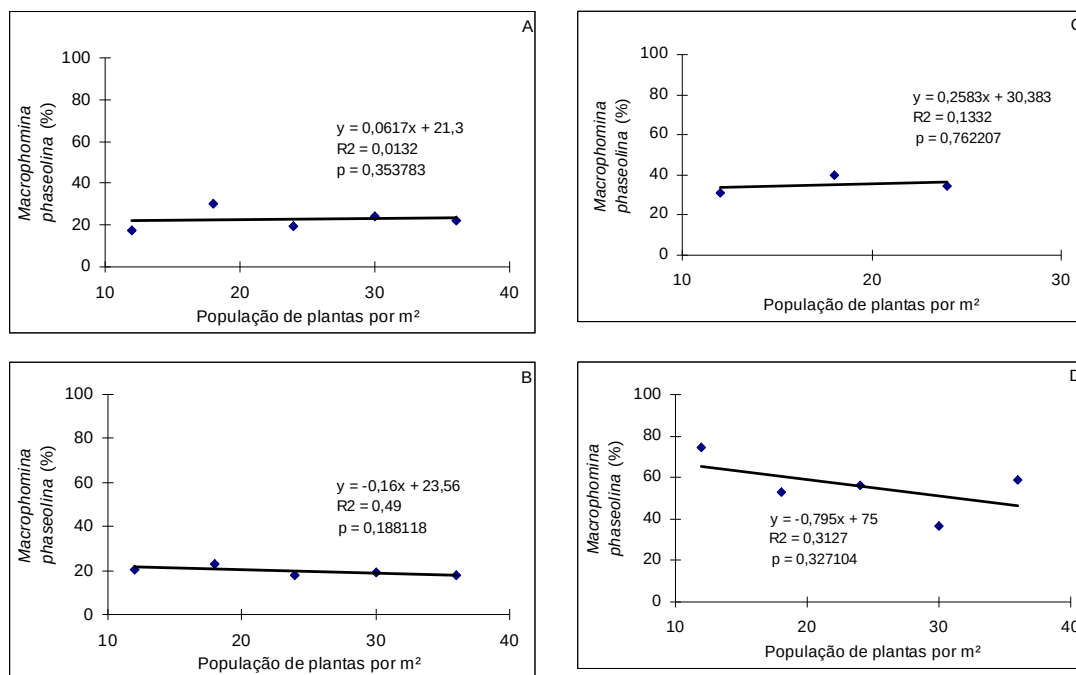


Figura 24 - Relação entre incidência de *Macrophomina phaseolina*.nas raízes e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.1 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.

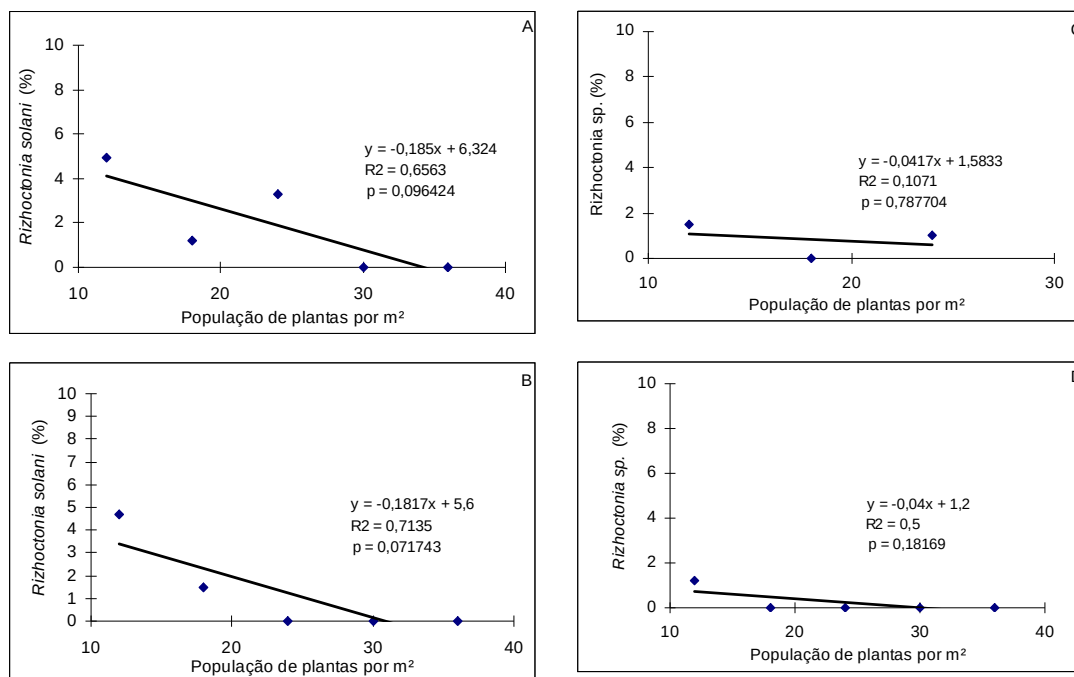


Figura 25 - Relação entre incidência de *Rhizoctonia solni* nas raízes e diferentes populações de plantas de soja CD 213 RR (A - safra 2006/07; B - safra 2007/08) e BRS 255 RR (C - safra 2006/07; D - safra 2007/08), no estágio fenológico R8.1 (Maturação completa). Muitos Capões, RS.

Na BRS 255 RR, na safra 2006/07, o diâmetro do colo da haste principal não apresentou correlação significativa com o aumento na população de plantas ($y = -0,1983x + 13,513$; $R^2 = 0,9619$ e $p = 0,125004$) (Figura 20). Este fato pode ser explicado devido à existência de somente três populações de plantas, pois os diâmetros apresentados de 11,3, 9,7 e 8,9 mm respectivamente para populações de 12, 18 e 24 plantas por m² apresentam clara tendência de diminuição ao se aumentar o número de plantas por m², entretanto, como dispomos de apenas três tratamentos neste ano, é muito difícil alcançar níveis de probabilidades suficientes para se atingir 5% de significância. Já para a safra 2007/08, esta tendência se torna clara, com diâmetros médios do colo da haste principal de 8,7, 8,0, 8,1, 7,6 e 7,2 respectivamente para populações de 12, 18, 24, 30 e 36 plantas m², obteve-se correlação negativa e significativa entre o aumento na população de plantas e o diâmetro do colo de plantas de soja, sendo: $y = -0,057x + 9,286$; $R^2 = 0,9026$ e $p = 0,013303$ (Figura 20), confirmando que menores populações de plantas tendem a apresentar maiores diâmetros do colo das hastes. Entretanto, ao se correlacionar os valores de diâmetro com a incidência de podridões radiculares, não se obteve equações significativas: $y = 3,2466x + 9,0313$; $R^2 = 0,8007$; $p = 0,294637$ (Figura 21) e $y = 0,5363x + 50,576$; $R^2 = 0,0033$; $p = 0,92648$ (Figura 21) respectivamente para a safra 2006/07 e 2007/08, o que demonstra que para esta cultivar o

diâmetro do colo da haste não exerce influência sobre a incidência das doenças radiculares, resultados diferentes dos encontrados para CD 213 RR, evidenciando que os resultados obtidos não devem ser extrapolados para outras cultivares, pois podem apresentar tendências diferentes.

Os fungos predominantes nas raízes doentes da cultivar BRS 255 RR foram *M. phaseolina* e *Phomopsis* sp. (Figura 22 e 24). Assim como os resultados obtidos para CD 213 RR, na BRS 255 RR também não houve correlação significativa com o aumento na população de plantas de soja e os fungos encontrados infectando o sistema radicular (Figuras 22, 23, 24 e 25).

Não houve diferença significativa no rendimento de grãos comparando as populações de plantas na cultivar CD 213 RR na safra 2006/07 e na cultivar BRS 255 RR nas duas safras. Diferença significativa ocorreu em CD 213 RR na safra 2007/08 (Figura 16). Nesta última situação os maiores rendimentos ocorreram nas populações mais baixas em virtude principalmente de maior peso na massa de grãos. Os baixos rendimentos ocorridos nesta safra para todos os tratamentos deve-se ao fato da ocorrência de geada na segunda quinzena de março de 2008, onde as plantas da CD 213 RR estavam com o ciclo mais atrasado em comparação com BRS 255 RR.

De modo geral, não houve diferença entre o rendimento de grãos com o incremento nas populações de plantas nas duas safras, considerando o solo com bom nível de fertilidade e condições edafoclimáticas favoráveis.

4.5 CONCLUSÕES

As podridões radiculares ocorrem mesmo em baixa população de plantas, no entanto, nesta condição a intensidade destas doenças é reduzida quando comparada à semeadura de altas populações de plantas.

Existe diferença entre cultivares na intensidade de podridões radiculares, mesmo assim, sob baixa população de plantas as cultivares indicam menor suscetibilidade aos fungos patogênicos do solo.

Populações de plantas menores resultaram em plantas com maior diâmetro do colo, característica correlacionada com a incidência de podridões radiculares.

Há diferença entre cultivares no que diz respeito às espécies predominantes de fungos encontrados infectando as raízes das plantas sintomáticas.

A incidência das espécies de fungos patogênicos causadores de podridões radiculares não se correlaciona com aumento na população de plantas.

O rendimento de grão não é afetado com baixa população de plantas em cultivares com características semelhantes da CD 213 RR e BRS 255 RR quando a fertilidade de solo e as condições climáticas são favoráveis ao cultivo da soja.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Neste trabalho, as alterações na população de plantas mostram-se uma alternativa promissora para ser empregada como ferramenta de controle no manejo integrado das doenças de soja.

O manejo da população de plantas contribui para o controle da seca da haste, pois densidades próximas às indicadas pela pesquisa da soja conferem maior incidência da doença em cultivares com características agronômicas semelhantes da CD 213 RR e BRS 255 RR.

A diminuição da população de plantas nas duas cultivares proporcionou menor altura média das plantas e menor número de hastes por planta, fatores que interferem no microclima do dossel das plantas, aumentando o período de molhamento foliar, o que resulta em maior suscetibilidade das plantas a ocorrência de *Phomopsis* nas hastes.

Populações de plantas menores também resultaram em plantas com maior diâmetro do colo, característica correlacionada com a incidência de podridões radiculares para CD 213 RR.

As podridões radiculares ocorrem mesmo em baixa população de plantas, no entanto, nesta condição a intensidade destas doenças é reduzida quando comparada à semeadura em altas populações.

Existe diferença entre cultivares na intensidade de podridões radiculares, mesmo assim, sob baixa população de plantas as cultivares indicam menor suscetibilidade aos fungos patogênicos do solo.

Há diferença entre cultivares no que diz respeito às espécies predominantes de fungos encontrados infectando as raízes das plantas sintomáticas.

A incidência de *P. sojæ* nos grãos colhidos não foi influenciada pelas diferentes populações de plantas, nem tampouco com a incidência da seca da haste nos estádios mais avançados do ciclo da cultura.

De modo geral, não houve diferença de rendimento entre as diferentes populações de plantas analisadas em condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo da soja.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ABNEY, T. S.; RICHARDS, T. L.; ROY, K. W. *Fusarium solani* from ascospores of *Nectria haematococca* causes Sudden Death Syndrome of soybean. **Mycologia**, v.85, n.5, p.801-806, 1993.

ADAMS, P. B.; AYERS, W. A. Ecology of *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, v. 69, p. 896-899, 1979.

AGARWAL, V. K.; SINCLAIR, J. B. **Principles of seed pathology**. Second Edition. Lewis Publishers. CRC Press, Inc. 1997. 539p.

ALMEIDA, A. M. R. Estudo preliminar da sobrevivência de patógenos de soja em resto de cultura coletados nos sistemas de plantio direto e convencional. In: **EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). Resultados de pesquisa da soja 1979/80**. Londrina, 1980.p. 113-115.

ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; TORRES, E.; GAUDÊNCIO, C. A; FARIAS, J. R. B. **Severidade de doenças foliares e radiculares em soja cultivada nos sistemas de semeadura direta e convencional, com rotação ou sucessão**. Anais, Congresso Brasileiro de Soja. Londrina, PR. 1999. pp. 442.

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. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Eds). **Manual de fitopatologia. Volume 2: doenças das plantas cultivadas**. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo, SP. 2005. pp.569-588.

ALVES, R. C.; DEL PONTE, E. M. Requeima da batata. In: DEL PONTE, E. M. (Ed.) **Fitopatologia.net - herbário virtual. Departamento de Fitossanidade. Agronomia, UFRGS**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/agronomia/fitossan/herbariovirtual/ficha>. Acesso em: 02 ago 2007.

BALARDIN, R. S. Doenças da soja. Santa Maria: Gráfica e Editora Pallotti. 2002. 100p.

BALLARÉ, C. L.; SCOPEL, A. L.; SÁNCHEZ, R. A. Plant photomorphogenesis in canopies, crop growth, and yield. **Hort Science**, St. Joseph, v.30, n.6, p.1172-1181, 1995.

BOWEN, C. R.; SCHAPAUGH JR., W. T. Relationships among charcoal rot infection, yield, and stability estimates in soybean blends. **Crop Science** v.29, p. 42-46, 1989.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Lavouras**. Capturado em 9 de outubro de 2008. On line. <http://www.conab.gov.br>

COOK, R. J.; BOSSALIS, M. G.; DOUPNIK, B. Influence of crop residues on plant disease. In OSCHWALD, W. R. (Ed.). **Crop residue management systems**. Madison: American Society of Agronomy / Crop Science Society of América / Soil Science Society of América, 1978. p. 147-163. (Special publication, 31).

COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES. **How a soybean plant develops**. Ames : Iowa State University of Science and Technology, 1994. 20p.

DHINGRA, O. D.; ACUÑA, R. S. **Patologia de sementes de soja**. Viçosa: Editora UFV, 1997. 119p.

DHINGRA, O. D.; KUSHALAPA, A. C. No correlation between angular leaf spot intensity and seed infection in bean by *Isariopsis griseola*. **Fitopatologia brasileira**, v.6, p. 140-152, 1980.

DI STEFANO, J.G.; LOBO JR., M. A construção da planta e o manejo de doenças do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira** v. 28 (Suplemento) p.121-123, 2003.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa da Soja. Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2006**. Londrina, 2005. 220p. (Sistemas de produção / Embrapa Soja).

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa da Soja. Tecnologias de Produção de Soja - 2008**. Londrina, 2007. 220p. (Sistemas de produção / Embrapa Soja).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília : EMBRAPA, 1999. 412p.

ENDRES, V. C. Espaçamento, densidade e época de semeadura. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). **Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados, 1996. p. 82-85. (Circular Técnica, 3).

FREITAS, M. A.; CAFÉ FILHO, C. A.; NASSER, L. C. B. Cultural practices and genetic resistance as factors affecting soybean stem canker and plant yield in the cerrado. **Fitopatologia Brasileira** v.27, p. 290, 2002.

GOULART, A. C. P. Fungos em sementes de soja: detecção, importância e controle. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 72p.

GRAU, C. R.; HARTMAN, G.L. Sclerotinia Stem Rot. In: HARTMAN, G.L.; SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. (Eds.) Compendium of soybean diseases. APS Press. The American **Phytopathological**. p. 46-48, 1999.

GREGORY, P. J. Crescimiento y funcionamiento de las raíces. In: WILD, A. (Coord.). **Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel**. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. p.121-175.

HALL, R. Compendium of bean diseases. American Phytopathological Society, 1991.73p.

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

HENNING, A.A. et al. **Manual de identificação de doenças da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 72p.

HERSHMAN, D. E. et al. Influence of planting date and cultivar on soybean Sudden Death Syndrome in Kentucky. **Plant disease**, GREGORY, P.J. Crescimiento y funcionamiento de las raíces. In: WILD, A. (Coord.). **Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel**. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. p.121-175.v.74, n.10, p.761-766, 1990.

KILLEBREW, J. F. et al. Greenhouse and field evaluation of *Fusarium solani* pathogenicity to soybean seedlings. **Plant Disease**, v.72, n.12, p.1067-70, 1988

LUO, Y. et al. Soybean yield loss to sudden death syndrome in relation to symptom expression and root colonization by *Fusarium solani* f. sp. *glycines*. **Plant Disease**, v.84, n.8, p.914-920, 2000.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral das plantas**. São Paulo: ed. Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MCNEW, G. L. The nature, origin and evolution of parasitism. In: HORSFALL, J. G.; DIMOND, A. E. (Eds.) **Plant Pathology**, New York, Academic Press, v.2, p.2-66. 1960.

MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. **Patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife. Editora Universitária UFRPE. 2001, v. Único, p. 183-205.

NAPOLEÃO, R.; CAFÉ FILHO, A. C.; LOPES, C. A.; NASSER, L. C. B. Effect of plant spacing and bean cultivar on white mold and seed sanity. **Summa Phytopathologica** v.32, p. 63-66. 2006.

PAULA JÚNIOR, T.J.; VIEIRA, R.F.; LOBO JÚNIOR, M.; MORANDI, M. A. B.; CARNEIRO, J. E. S.; ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado do mofo branco do feijoeiro. Guia Técnico**. Viçosa, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. 2006.

PIRES, J. L.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.4, n.2, p.183-188, 1998.

REIS, E. M. **Doenças na cultura da soja**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2004. 178p.

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

REIS, E. M.; TOMAZINI, S.L. Viabilidade de esclerócios de *Sclerotinia sclerotiorum* em duas profundidades no solo. **Summa Phytopathologica** v. 31, p.97-99, 2005.

ROY, K. W. et al. Sudden death syndrome: *Fusarium solani* as incitant and relation of *Heterodera glycines* to disease severity. **Phytopathology**, v.79, n.2, p. 191-197, 1989.

RUPE, E. E.; GBUR, J. R. Effect of plant age maturity group and the environment on disease progress of sudden death syndrome of soybean, **Plant Dis.** v. 79, pp. 139–143, 1995.

RUPE, J. C. Frequency and pathogenicity of *Fusarium solani* recovered from soybeans with Sudden Death Syndrome. **Plant Disease**, v.73, n.7, p. 581-584. 1989.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (org). **Sistema Plantio Direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília : EMBRAPA-SPT; Dourados : EMBRAPA-CPAO, 1998. 248p.

SANTOS, H. P.; REIS, E. M. Rotação de culturas em plantio direto. Passo Fundo. Embrapa Trigo. 2001. 212p.

SARAIVA, O. F.; TORRES, E. Manejo dos resíduos da colheita, condicionados por sistemas de preparo do solo. In: **EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Soja** (Londrina, PR). Resultados de pesquisa da Embrapa Soja: 1999. Londrina, 2000. p. 103-104.

SCHWEITZER, L. E.; HARPER, J. E. Effect of Multiple Factor Source-Sink Manipulation on Nitrogen and Carbon Assimilation by Soybean. **Plant Physiol.** v. 1, p. 57-60, 1985.

SEDYAMA, T. et al. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.487-533.

SILVA, M. B. da; VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L.; PAULA JR, T. J. Relação entre a intensidade da antracnose em folhas de feijão e severidade em vagens. **Fitopatologia brasileira 19 (suplemento):** p.341, 1994.

VERNETTI, F.J. **Soja - genética e melhoramento**. Campinas: Fundação Cargill.1983, 991p.

WRATHER, J.A. et al. Effects of tillage, cultivar, and planting date on percentage of soybean leaves with symptoms of Sudden Death Syndrome. **Plant Disease**, v.79, n.6, p.560-562, 1995.

YORINORI, J. T. **Cancro da haste da soja: epidemiologia e controle**. Londrina: Embrapa-Soja. 1996. 75 p. (EMBRAPA CNPSo. Circular Técnica, 14).

YORINORI, J. T. **Sucessos e novos desafios no controle de doenças fúngicas da soja através da resistência genética no Brasil**. Anais, Congresso Brasileiro de Soja, Londrina14). 1999.

ZADOCKS, J.; SCHEIN, R. **Epidemiology and Plant Disease Management**. Oxford University Press. Oxford. 1979, 427 pp.

ZAMBOLIM, L.; CASA, R. T.; REIS, E. M. Sistema plantio direto e doenças em plantas.. **Fitopatologia Brasileira** v. 25, p. 585-595, 2000.