

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE PONTO
CRÍTICO PARA QUANTIFICAÇÃO DE DANOS
CAUSADOS PELO COMPLEXO DE DOENÇAS
FOLIARES EM SOJA**

FERNANDO GERALDO MARTINS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Fitopatologia.

Passo Fundo, março de 2007

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE PONTO
CRÍTICO PARA QUANTIFICAÇÃO DE DANOS
CAUSADOS PELO COMPLEXO DE DOENÇAS
FOLIARES EM SOJA**

FERNANDO GERALDO MARTINS

Orientador: Prof. Dr. Erlei Melo Reis

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Fitopatologia.

Passo Fundo, março 2007

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos e consideração às pessoas e instituições que tornaram possível a realização deste trabalho:

Ao professor, amigo e orientador Engenheiro Agrônomo Dr. Erlei Melo Reis, pelo valioso incentivo e amizade durante o período do curso de mestrado, por ensinar que a pesquisa é algo de valor, constituído de informação que poderá ser útil e entregue à comunidade científica e agrônômica.

Aos professores do curso do mestrado em agronomia, que contribuíram à minha formação profissional, agregando conhecimentos e maneira de perceber e interpretar situações que serão úteis no dia a dia.

Aos funcionários da Faculdade de Agronomia que sempre dispuseram de tempo e atenção nos préstimos e informações quando solicitados.

Aos colegas do Laboratório de Fitopatologia da UPF, em especial à Cinara Cardoso, pela atenção e amizade que cultivamos nestes anos em que estivemos convivendo.

Aos colegas do curso de mestrado, em especial ao colega Éder Moreira pelos préstimos de seu conhecimento e realização das análises estatísticas.

Aos colegas do Departamento Técnico da Cotrijal, que sempre incentivaram e contribuíram de certa forma com apoio e informações que me ajudaram a coletar informações de campo para transformá-las em conhecimento e experiência, em especial ao Auxiliar de Escritório Leonardo Kerber pela dedicação e amizade.

Aos colegas do Centro de Difusão de Tecnologias da Cotrijal, em especial ao Engenheiro Agrônomo Valmir Dapont, que sempre disponibilizou tempo, interesse e dedicação para a condução dos experimentos realizados.

Aos diretores da Cotrijal que contribuíram para que fosse possível participar como aluno regular no curso de mestrado, conciliando vida acadêmica e profissional concomitantemente, em especial ao Diretor de Produção Engenheiro Agrônomo Gelson Melo de Lima, pelo incentivo e acreditar que valeria a pena este investimento.

A UPF por conceder a oportunidade de aprender e aperfeiçoar conhecimentos.

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram para que esta caminhada fosse alçada com sabor de mais uma conquista, nossa conquista.

A Deus

À minha família,

em especial a meus pais Epaminondas Martins (in memorian)

Ermilda Lunardi Martins

minha esposa Mara Elisiane Haupenthal Martins

filhas Larissa Haupenthal Martins

Rafaela Haupenthal Martins

Ofereço e Dedico

“Deus não escolhe os capacitados,
apenas capacita os escolhidos”.

Thomas Huxley

SUMÁRIO

CAPITULO I

DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE PONTO CRÍTICO PARA A QUANTIFICAÇÃO DE DANOS CAUSADOS PELO COMPLEXO DE DOENÇAS FOLIARES NA SOJA	01
RESUMO	01
ABSTRACT	02
1 INTRODUÇÃO.....	03
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	05
2.1 Principais doenças da soja	07
2.2 Métodos para quantificação de danos.....	08
2.2.1 Conceito de dano e perdas.....	08
2.2.2 Quantificação de danos	09
2.3 Métodos fitopatométricos	10
2.3.1 Quantificação de incidência	10
2.3.2 Quantificação de severidade.....	11
2.3.3 Sensoriamento remoto.....	12
2.4 Conceitos gerais de controle de doenças	15
2.5 Princípios de controle de doenças	17
2.6 Controle integrado ou manejo integrado de doenças	17
2.7 Limiar de dano econômico	18
2.8 Momento da aplicação de fungicidas	19
2.8.1 Preventivos	19
2.8.2 Curativos	20
2.8.3 Erradicativos.....	20
2.9 Tratamento de órgãos aéreos	20
2.10 Critérios indicadores para o início e intervalo dos tratamentos nos órgãos aéreos.....	21
2.10.1 Critério preventivo	21
2.10.2 Critério curativo.....	22
2.10.3 Critério erradicativo	22
2.10.4 Critério baseado no estágio fenológico.....	22
2.10.5 Critério baseado no início da doença	23
2.10.6 Limiar de dano econômico	23
2.10.7 Sistemas de aviso	24
2.11 Critérios indicadores disponíveis para o momento adequado para aplicação de fungicidas em soja.....	25
2.11.1 Oídio.....	25

2.11.2 DFC's	25
2.11.3 Ferrugem	26
3 Complexo de doenças da soja	28
3.1 Oídio da Soja.....	28
3.2 Complexo de doenças de final de ciclo	30
3.3 Ferrugem da soja	33
4 Custo de uma aplicação de fungicida na lavoura de soja ...	37
CAPITULO II	
MODELO DE PONTO CRÍTICO PARA A	
QUANTIFICAÇÃO DE DANOS NO PATOSSISTEMA	38
RESUMO	38
ABSTRACT	39
INTRODUÇÃO.....	40
MATERIAL E MÉTODOS	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
CONCLUSÕES	51
CAPITULO III	
MODELO DE PONTO CRÍTICO PARA A	
QUANTIFICAÇÃO DE DANOS CAUSADOS PELO	
PATOSSISTEMA DOENÇAS DE FINAL DE CICLO	
(DFC) EM SOJA.....	52
RESUMO	52
ABSTRACT	53
INTRODUÇÃO.....	55
MATERIAL E MÉTODOS	57
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
CONCLUSÕES	66
CAPITULO IV	
MODELO DE PONTO CRÍTICO PARA A	
QUANTIFICAÇÃO DE DANOS CAUSADOS PELO	
PATOSSISTEMA FERRUGEM DA SOJA	68
RESUMO	68
ABSTRACT	69
INTRODUÇÃO.....	71
MATERIAL E MÉTODOS	74
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	76
CONCLUSÕES	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
Apêndices	92

Apêndice A - Fungicidas recomendados para o controle do oídio (modificada de www.cnpsa.embrapa.br)	93
Apêndice B - Fungicidas recomendados para o controle de doenças de final de ciclo (modificada de www.cnpsa.embrapa.br)	94
Apêndice C - Fungicidas recomendados para o controle da ferrugem da soja (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) (modificada de www.cnpsa.embrapa.br)	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Efeito dos tratamentos no rendimento de grãos da soja (kg.ha-1) na safra agrícola 2003/04 com a cultivar Br-16 em Não Me Toque (RS)	48
Tabela 2 – Funções de dano obtidas para o oídio da soja através de incidência foliar no cultivar Br-16 em Não Me Toque na safra 2003/04.....	49
Tabela 3 – Funções de dano obtidas para o oídio da soja através de severidade foliar no cultivar Br-16 em Não Me Toque na safra 2003/04.....	63
Tabela 4 - Efeito dos tratamentos no rendimento de grãos (kg.ha-1) na cultivar BRS 154, em experimento realizado durante a safra agrícola 2004/05 em Não Me Toque (RS)	64
Tabela 5 – Equações e funções de dano obtidas para o crestamento de cercospora em soja através de incidência foliar no cultivar BRS 154 em Não Me Toque na safra 2004/05	79
Tabela 6 – Equações e funções de dano obtidas para o crestamento de cercospora em soja através de severidade foliar no cultivar BRS 154 em Não Me Toque na safra 2004/05	81

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Precipitação pluvial nos meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março, na área experimental da Cotrijal (Cdtec) em Não Me Toque (RS), durante a safra de soja 2003/04. (Fonte: Detec Cotrijal – Estação Meteorológica Não Me Toque)..... 46
- Figura 2 – curva de progresso do oídio da soja causado por *Erysiphe difusa* no cultivar BR-16 em Não Me Toque, 2003/2004 (I = incidência; T = tempo em dias) (A), curva de progresso de oídio da soja causado por *Erysiphe difusa* no cultivar BR-16 em Não Me Toque, 2003/2004 (S = severidade; T = tempo em dias) (B)..... 47
- Figura 3 – Comparativo de precipitação pluviométrica ocorrida nos meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março na safra agrícola 2004/05 e média de 10 anos em Não Me Toque - RS..... 61
- Figura 4 – Curva de progresso de crestamento de cercospora por *Cercospora kikuchii* no cultivar BRS-154 em Não Me Toque, 2004/2005 (I = incidência; T = tempo em dias). 62
- Figura 5 – Precipitação pluvial nos meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março, na área experimental da Cotrijal (Cdtec) em Não Me Toque (RS), durante a safra de soja 2005/06..... 77
- Figura 6 – Curva de progresso de ferrugem da soja no cultivar CD-219 em Não Me Toque, 2005/2006 (I = incidência foliar; T = tempo em dias)..... 78

**DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE PONTO CRÍTICO
PARA A QUANTIFICAÇÃO DE DANOS CAUSADOS PELO
COMPLEXO DE DOENÇAS FOLIARES NA CULTURA DA
SOJA**

FERNANDO GERALDO MARTINS

RESUMO – Entre os fatores que contribuem para a redução do rendimento da cultura da soja [*Glycine max* (L). Merrill] encontram-se as doenças. O oídio, as doenças de final de ciclo e mais recentemente a ferrugem asiática são as principais envolvidas com a redução do potencial de produção. Objetivou-se neste trabalho, obter relações entre o rendimento de grãos e a intensidade foliar das moléstias. Para isto, instalou-se no Centro de Difusão de Tecnologias da Cotrijal em Não Me Toque nas safras 2003/04, 2004/05 e 2005/06, ensaios para quantificar os danos no rendimento de grãos da soja, atribuídos ao complexo das doenças foliares. Procurou-se gerar informações para racionalizar o manejo químico destas enfermidades. Foram geradas equações das funções de danos que podem ser usadas no cálculo do limiar de dano econômico (LDE). As equações das funções de danos com maiores R^2 obtidas pela análise de regressão permitem o cálculo do limiar de dano econômico (LDE) em diferentes estádios fenológicos da cultura. O LDE pode servir de critério indicador do momento para iniciar o controle químico das doenças alvo. Os danos máximos causados pelas moléstias atingiram 21% para oídio, 40% para as doenças de final de ciclo e 28% para a ferrugem da soja.

Palavras-chave: limiar de dano econômico, controle químico - *Erysiphe diffusa*, *Cercospora kikuchii*, *Phakopsora pachyrhizi*.

**DEVELOPMENT A CRITICAL YIELD MODEL TO
ESTIMATE THE DAMAGE CAUSED BY THE FOLIAR
COMPLEX OF SOYBEAN DISEASES**

ABSTRACT – Among the factors that contribute for the reduction of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] crop yield are the diseases. Among them powdery mildew, the end seasons disease and more recently the asian rust have contributed for the reduction of the yield potential. The main goal of this work was to obtain the relationship between crop grain yield and foliar intensity of the diseases. The work was carried out at the Cotrijal's Technology and Harvest Diffusion Center in Não-Me-Toque, in the 2003/04, 2004/05 and 2005/06 growing seasons. The reduction caused to soybean grain yield, attributed to the complex of leaf diseases, supply information to optimize the use of chemicals in the control of these diseases. As a specific objective, threshold equations of the functions of damages have been generated to accomplish the calculation of economic damage threshold (LDE). The equations of the functions of damage with greater R^2 allowed to estimate the LDE at different phenologic stages of the crop, serving as an approach to indicate the time for chemical control. The maximum damage caused by the disease complex reached 21% for powdery mildew, 40% for the end season diseases and, 28% for the rust.

Key words: economic damage threshold; chemical control; *Erysiphe diffusa*, *Cercospora kikuchii*, *Phakopsora pachyrhizi*.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja [*Glycine max* ((L.) Merrill)] representa atualmente a fonte de renda de maior importância à agricultura brasileira, ocupando uma área cultivada no verão em torno de 85%, refletindo-se diretamente na redução da área com rotação de culturas, principalmente com o milho, responsável pelo grande aporte de matéria seca ao sistema de plantio direto.

A falta de rotação de culturas proporciona condições ideais para o aumento do inóculo de fungos patogênicos à cultura, principalmente parasitas radiculares que para muitas doenças ainda não estão disponíveis cultivares resistentes.

Desde a safra 1996/97, tem sido observado um aumento do complexo das doenças foliares da soja. Inicialmente atribuíam-se danos causados apenas pelo oídio e, posteriormente, reconhecidos e relatados também para as doenças de final de ciclo.

Atualmente a ferrugem da soja é a doença que mais ameaça a sustentabilidade econômica da sojicultura nacional, tanto pela agressividade e intensidade que ocorre nas lavouras sob condições climáticas favoráveis, determinando danos elevados no rendimento de grãos.

Para o controle destas enfermidades, torna-se necessário o manejo integrado, no entanto o uso de fungicidas é ainda o método mais empregado pelos produtores rurais, devido a suscetibilidade dos cultivares a determinados patógenos.

Na maioria dos casos, o uso de fungicidas é praticado de forma empírica e sem conhecimento científico, determinando muitas

vezes aplicações desnecessárias ou em algumas situações tardiamente, não trazendo benefícios ao produtor e elevando o custo de produção.

A estratégia correta para uma tomada de decisão quanto ao momento da aplicação de fungicidas em soja, deve fundamentar-se na análise técnica e econômica da aplicação e o retorno financeiro a ser obtido. Este retorno somente será atingido caso o agente causal for controlado com racionalidade e eficácia.

Este trabalho teve como objetivos: a) gerar o gradiente das doenças e do rendimento de grãos; b) relacionar o rendimento (R) de grãos com a intensidade das doenças causadas por *Erysiphe diffusa*, *Cercospora kikuchii* e *Phakopsora pachyrhizi*; c) quantificar os danos causados nesses patossistemas; d) gerar as funções de dano segundo o modelo de ponto crítico; e) viabilizar o cálculo do limiar de dano econômico como critério racional para o uso de fungicidas na cultura da soja.

Formulou-se a hipótese de que há relação inversa entre a intensidade das doenças e o rendimento de grãos; os danos podem ser mensurados e passíveis de serem quantificados; o limiar de dano econômico poderá constituir-se em um critério racional indicador do momento em que o controle químico da doença se mostra economicamente viável e menos agressivo ao meio ambiente.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A crescente demanda de alimentos, frente à limitação de área cultivada na maioria dos países produtores mundiais de grãos, leva a uma reflexão sobre o grande desafio para técnicos e produtores: aumento populacional x demanda de alimentos.

Neste contexto, a cultura da soja [*Glycine max* (L) Merrill] teve rápida expansão de área no Brasil nos últimos 30 anos, principalmente, devido ao seu alto valor econômico. Com a introdução de cultivares adaptados as mais diversas regiões do país, a geração de novas tecnologias aumentaram a produção de grãos, tornando o Brasil um dos maiores produtores mundiais desta leguminosa.

A alta produção, resultante da safra 2003/04, colocou o Brasil em primeiro lugar na produção de grãos desta oleaginosa, superando inclusive os Estados Unidos, na exportação de soja (IBGE, 2004).

A produção mundial de soja alcançou em média nos últimos três anos 125 milhões de toneladas, concentrada nos Estados Unidos (35% da produção mundial) (REUNIÃO..., 2006) e nos países do Mercosul (Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai).

O Brasil caminha para se tornar um dos maiores provedores de alimentos do mundo, com destaque na produção de grãos e carne. Segundo o estudo “Projeções do Agronegócio: Mundial e Brasil”, divulgado em 2005, pelo Ministério da Agricultura (MAPA), em dez anos o país deve ultrapassar os Estados Unidos na produção de soja.

De acordo com este relatório do MAPA, o Brasil assumirá a maior fatia do mercado mundial de soja. Até 2017, o país será responsável por 34% da produção e praticamente metade das exportações, 46,5%, contra os 27% de produção e 25% de exportações observados atualmente. A participação dos Estados Unidos, que hoje ocupam o primeiro lugar na produção (36%) e nas vendas do grão para o exterior (25,7%), deverá se reduzir para 30% e 24,5%, respectivamente. Conforme o estudo, a produção de soja em todo o mundo alcançará 277 milhões de toneladas na safra 2016/2017. No entanto, o relatório observa que o cultivo do grão se tornará mais concentrado, com Brasil, Estados Unidos e Argentina representando 85% do mercado produtor.

A safra mundial de soja em 2005 foi estimada em 225 milhões de toneladas, sendo que o Brasil produziu nesta safra cerca 61,4 milhões de toneladas (CONAB, 2005), ocupando uma área de 23,5 milhões de hectares. O Rio Grande do Sul participa neste contexto com uma representatividade de 18 % da área brasileira (3,186 milhões de hectares), obtendo-se produtividade média de 2.040 kg.ha⁻¹.

Hoje, a soja é um dos principais produtos de exportação do Brasil, sendo sua proteína largamente utilizada na alimentação animal e seu óleo na alimentação humana. Acrescenta-se a isto o fato da crescente participação na obtenção de outros produtos como adubos, revestimentos, papel, tintas e atualmente como combustível (REUNIÃO, 2006).

As curvas de oferta e demanda mundiais de soja (produção, exportação, importação e esmagamento), interferem

diretamente nos estoques mundiais, influenciando nos preços de mercado que hoje valorizam em 26% (U\$ 223,00.t⁻¹) sobre o preço histórico de U\$ 123,00 por tonelada de grãos, pagos ao produtor rural no balcão de negócios da Cotrijal (preço tomado em 25/02/2007).

A implementação do plantio direto na palha e a falta de uma rotação de culturas (ALMEIDA et al., 1997), têm determinado um aumento na intensidade das doenças na cultura da soja, independente da região fisiográfica em que for cultivada.

Em 1994, as perdas causadas pelas doenças no mundo foram estimadas em mais de 3 bilhões de dólares (WRATHER et al., 1997). No Brasil, na safra 1997/1998, as perdas foram estimadas em 1,3 bilhões de dólares (YORINORI, 2000).

As doenças representam um dos principais fatores que limitam a exploração máxima do potencial da produtividade da cultura, que é mais de 3.600 kg.ha⁻¹ (EMBRAPA, 2002).

2.1 Principais doenças da soja

As doenças foliares da soja antecipam a senescência das plantas, determinam a formação de grãos pequenos e resultam em produtividade significativamente menor (ALMEIDA et al, 1997; YORINORI, 2000; BALARDIN, 2002).

O complexo de doenças foliares da soja no Rio Grande do Sul compreende os seguintes agentes patogênicos:

- *Erysiphe diffusa* (Cooke & Peck) U. Braun & S. Takamatsu;

- *Cercospora kikuchii* (Matsu. & Tomoyasu) Gardner -
Crestamento de Cercospora;
- *Septoria glycines* Hemmi - Septoriose ou mancha parda;
- *Colletotrichum truncatum* (Schw.) Andrus e Moore (Sin.
Colletotrichum dematiun (Pers e Ex Fr.) Groove var *truncata* (Schw.)
Arx.) - Antracnose da soja;
- *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow - Ferrugem
asiática da soja.

2.2 Métodos para quantificação de danos

Vários são os modelos sugeridos para se estimar danos (BERGAMIN FILHO et al., 1996): modelos de ponto crítico, de pontos múltiplos integrais de superfície de resposta e sinecológicos. Todos esses modelos são baseados na lógica incerta da relação injúria-dano (Waggoner & Berger, 1987), apresentando como desvantagens o fato de serem destinados a apenas uma doença, situação rara de se observar no campo, onde podem ser encontradas, simultaneamente, várias doenças em uma mesma planta (ROUSE, 1988).

2.2.1 Conceitos de dano e perdas

Dano é empregado como sendo “qualquer redução na qualidade e na quantidade da produção”, enquanto que perda é atribuída a “toda redução financeira por unidade de área devido à ação de agentes nocivos”, segundo Zadoks (1985).

2.2.2 Quantificação de danos

A quantificação de doenças de plantas (fitopatometria), visa avaliar sintomas causados pelos agentes patogênicos nas plantas e seus sinais, que são as estruturas do patógeno associados aos tecidos doentes (MORAES, 2002).

James (1974) afirma que a medida da intensidade da doença tem o mesmo papel-chave que a diagnose dentro da fitopatologia. De nada adiantaria conhecer o patógeno se não fosse possível quantificar os sintomas por ele causados (AMORIN, 1995).

Os principais objetivos na quantificação de danos, é determinar os danos ou perdas no rendimento que os patógenos podem ocasionar, determinando-se a época ideal de controle através do progresso da doença ou de epidemias (curvas de desenvolvimento da doença).

Modelos tradicionais de quantificação de danos são obtidos, variando-se a quantidade de doença em diferentes parcelas e correlacionando a severidade com a produção. O dano pode, assim, ser obtido por regressão linear simples, onde a intensidade de doença é a variável independente e a redução de produtividade a variável dependente. A equação que correlaciona doença e dano é denominada função de dano (ZADOKS, 1985).

Essa equação permite em programas de manejo de doenças de plantas, o cálculo do limiar de dano econômico (LDE) porque estima a redução na produção para cada valor de severidade. Nestas condições, pode-se determinar com segurança o momento para o controle químico econômico de uma doença.

As funções de dano têm sido utilizadas com êxito em cereais de inverno (REIS et al, 2000), mas são escassas em leguminosas devido ao complexo mecanismo de formação da produção nestas espécies (GAUNT, 1987).

Para quantificar os danos causados pelas doenças, são necessárias estimativas confiáveis de reduções na produção ocasionadas pelos patógenos. Quantificar os prejuízos constitui-se num pré-requisito para o manejo adequado de doenças.

Segundo Zadoks (1985), injúria é qualquer sintoma visível e mensurável causado por organismos nocivos. Produção é o produto mensurável de valor econômico da colheita de uma cultura. Dano pode conduzir a perda, mas não necessariamente, porque, muitas vezes, os mecanismos determinantes do preço podem interferir.

2.3 Métodos fitopatométricos

A quantificação, medida da doença ou fitopatometria, são técnicas utilizadas para determinar a quantidade da doença nos órgãos atacados, seja pela percentagem de área atingida (severidade) ou proporção de indivíduos ou órgãos atacados (incidência). A unidade em cada uma destas ações patométricas, são determinados em valores percentuais.

2.3.1 Quantificação da incidência

É o método quantitativo mais comum de medição, obtendo-se o mesmo através da contagem de plantas ou órgãos

doentes, através do número e/ou percentagem (frequência) de folhas, folíolos, frutos, ramos infectados, sem levar em conta a quantidade de doença em cada planta ou órgão individualmente.

Segundo Bergamin Filho (1995), a quantificação de doenças pela incidência é simples, preciso e de fácil obtenção; nas fases iniciais é um parâmetro satisfatório, não servindo como referência quando a intensidade tornar-se muito alta (> 80%), uma vez que pode diminuir a clareza quanto a sua relação com o grau de área atingida pelo organismo fitopatogênico.

Apresenta como vantagem a rapidez, resultados confiáveis independentemente do avaliador e pode ser usado na elaboração de curvas de progresso da doença. Como desvantagem pode-se citar a conclusão duvidosa com a severidade em fases mais avançadas da epidemia.

2.3.2 Quantificação da severidade

A severidade retrata a intensidade da doença, uma vez que estima a área afetada; quantificá-la, porém, é uma tarefa difícil, por ser subjetiva e imprecisa.

É um método quantitativo e qualitativo que procura determinar a porcentagem do tecido doente, através de sintomas ou sinais visíveis, pela medição direta da área afetada, utilizando-se medidores de área em computador (DISPRO e DISTRAIN – quantificação de doenças foliares de cereais), chaves descritivas, escalas diagramáticas e sensores remotos.

Apresenta como vantagem a expressão real do dano causado pelos patógenos e confere maior fidelidade à intensidade da doença. Como desvantagem pode-se citar o aspecto mais trabalhoso na avaliação, subjetividade e dependente do avaliador.

Segundo Bergamin Filho & Amorim (1996), para a maioria das doenças foliares, a relação entre incidência e severidade é menos evidente. Essas características só tem sido estabelecidas para baixa severidade, o que se explica porque, no início de uma epidemia, a doença cresce principalmente no espaço, através do aumento da incidência. Quando a incidência atingir 100%, não haverá mais crescimento espacial e, a partir daí, a evolução da doença em função do tempo se dará pelo aumento da severidade.

Tanto incidência quanto a severidade podem expressar a intensidade da doença, variando sua correlação quando são analisadas doenças que atacam plantas inteiras (murchas ou viroses) ou quantidade de doença em órgãos definidos (pústulas de ferrugem na folha).

2.3.3 Sensoriamento remoto

É a quantificação de doenças baseados na solar refletida pelas folhas, através de técnicas que utilizam fotografias aéreas (infravermelho) e radiômetros de múltiplo espectro, usado para medir a refletância da folhagem.

Técnicas de sensoriamento remoto, têm sido utilizadas para avaliar doenças. O sensoriamento remoto é um método de obtenção e interpretação de medidas de um objeto sem o contato físico

entre o aparelho medidor e o objeto. O método mais conhecido é aquele que utiliza um radiômetro portátil de múltiplo espectro para quantificar a intensidade de radiação incidente e refletida.

Vários fatores podem interferir nos dados espectrais, tais como quantidade de pigmentos (clorofila), ângulo das folhas, textura da superfície das folhas, doenças e outros estresses, estágio de crescimento das plantas, condição de cultivo, ângulo do sol e outras condições mensuráveis. O nitrogênio e a água exercem grande influência na característica espectral do dossel. Diferenças no crescimento e no desenvolvimento entre cultivares podem também mascarar efeitos de doenças em baixa intensidade (CANTERI et al, 1996).

Segundo Bergamin Filho & Amorin (1996), uma alternativa de minimizar a variação e viabilizar o uso de medidas de refletância no manejo de doenças é o uso da parcela controle, para comparações instantâneas com determinada situação de produção. O uso da refletância na fitopatologia deve priorizar estudos em material vegetal com dossel sadio, primeiramente, e suplementados com dosséis com diferentes níveis de severidade.

A vegetação sadia reflete intensamente o infravermelho; já a vegetação submetida a estresse reflete o infravermelho em menor intensidade (CANTERI, 1998).

Segundo Canteri (1998), não houve um comprimento de onda ou índice vegetativo com boa correlação com a severidade da doença, quando estudou relações entre as características derivadas da área foliar, rendimento, medidas de refletância e severidade da

doença, tendo como alvo o patossistema mancha angular do feijoeiro [(*Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris)].

Este método pode ser utilizado em determinadas faixas de refletância, carecendo entretanto mais informações para indicar com precisão as medidas que expressam a severidade sob condições de campo, visto vários pontos que interferem na emissão de ondas radiométricas em folhas saudáveis.

Leites et al. (2001) demonstraram a viabilidade do uso de radiômetro na quantificação de danos causados pela ferrugem da folha do trigo, observando que houve relações próximas estimadas pelo R^2 entre a severidade e a refletância espectral, confirmando observações de Canteri (1998) onde a maior refletância ocorreu nos casos de maior severidade da doença.

Outras técnicas podem ser usadas nas avaliações de intensidade de doenças (MORAES, 1999), podendo ser: a) medição direta dos sintomas: contagem do número de lesões, diâmetro e cálculo da área infectada por folíolo; b) medição visual dos sintomas: fotocélula humana (olho), no qual para este tipo de medição considera-se a Lei de Weber-Fechner, da qual a acuidade visual é proporcional ao logaritmo da intensidade de estímulo, descrevendo 12 graus de intensidade com valores percentuais (0 a 100%).

Usando estes princípios, as medições visuais da intensidade das doenças podem ser feitas através de chaves descritivas, chaves de intensidade, diagrama padrões (JAMES, 1971) ou escalas diagramáticas, exemplificadas nos anexos.

2.4 Conceitos gerais de controle de doenças

Desde os primórdios da agricultura, a Fitopatologia preocupou-se em enfatizar o caráter econômico no controle de doenças, definindo como “a prevenção dos prejuízos de uma doença” (WHETZEL et al., 1925), sendo admitido em graus variáveis (parcial, lucrativo, completo, absoluto, etc), mas aceito válido somente como lucrativo para fins práticos (WHETZEL et al, 1929) citados por Kimati & Bergamin Filho (1995).

Fawcetti & Lee (1926), consideravam que na prevenção e controle das doenças deveriam ser levados em consideração a eficiência dos métodos empregados e o custo dos tratamentos, sendo que os métodos utilizados deveriam custar menos que os prejuízos causados pela doença.

Numa concepção biológica, controle pode ser definido como a redução na incidência ou severidade de uma doença (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1928). A concepção biológica é fundamental, pois é difícil o controle das doenças sem o conhecimento da sua etiologia, condições climáticas e culturais que favorecem sua evolução e das características das relações patógeno-hospedeiro, além da eficiência dos métodos de controle.

O conceito econômico, e biológico estão relacionados, pois a prevenção das doenças leva à diminuição dos danos e eventualmente das perdas.

A sistematização dos métodos de controle até então conhecidos, e citados por Kimati & Bergamim (1995) baseados nos princípios de Whetzel, agruparam-nos em quatro princípios biológicos

gerais: exclusão - é a prevenção à entrada de um patógeno em uma área ainda não infectada; erradicação - é a eliminação de um patógeno em uma área já introduzida com o mesmo; proteção - é a interposição de uma barreira protetora entre a superfície suscetível da planta e o inoculo do patógeno antes de ocorrer a deposição; imunização - é o desenvolvimento de plantas imunes ou resistentes à entrada do inoculo em uma área.

Com o tempo, a terapia foi introduzida como prática associada a redução do patógeno, na qual visa restabelecer a sanidade da planta em que o patógeno já estabeleceu uma relação parasítica.

Assim, a exclusão interfere na disseminação, a erradicação na fonte de inóculo e sobrevivência, a proteção na inoculação e germinação, a imunização na penetração e colonização e a terapia na colonização e reprodução.

Os princípios de Whetzel nas relações patógeno-hospedeiro, associam-se a fatores que interferem no triângulo epidemiológico de doenças no hospedeiro e no patógeno, não ficando claro ações do ambiente que interfere neste processo.

Em vistas disso, mudanças sugeridas por Marchionatto (1949) citadas por Bergamin Filho et al., (1996), estabelecem medidas de controle visando alterações em modificações do ambiente, denominado de regulação. De fato, umidade, temperatura, características de solo não se encaixam no princípio de proteção.

Outras medidas podem ser agrupadas no princípio da evasão, conferidas pelo plantio em épocas onde o patógeno não está ou presente ou em quantidades ineficientes.

2.5 Princípios de controle de doenças

Os princípios de controle fundamentam-se principalmente em cima de conceitos de epidemiologia, pois atuam decisivamente na relação do triângulo da relação patógeno – hospedeiro – ambiente, impedindo ou retardando o desenvolvimento seqüencial dos eventos da relação do ciclo patógeno-hospedeiro.

Os princípios de controle de doenças e o modo de atuação de cada um deles [adaptado de Roberts & Boothroyd, (1984)], podem utilizar três estratégias para minimizar o efeito das doenças: a) eliminar o inóculo inicial da doença ou retardar o seu aparecimento; b) diminuir a taxa de desenvolvimento da doença; c) encurtar o período de exposição da cultura ao patógeno.

2.6 Controle integrado ou manejo integrado de doenças

A integração de métodos de controle é a premissa básica dos princípios de Whetzel, levando a conclusão que as medidas de controle visam interromper ou desacelerar integradamente, a relação do ciclo patógeno-hospedeiro, interferindo no triângulo da doença.

Embora controle de doença seja uma terminologia bastante conhecida, Almeida & Yorinori (1997) afirmaram que a lógica mais convincente seria sua substituição por manejo de doença, uma vez que: a) controle implica num grau impossível de dominância; b) controle leva a uma visão falha do sistema de controle quando a doença volta ao nível de dano; c) controle leva ao esquecimento que as medidas são para reduzir o dano e não para eliminar o organismo

causal; d) manejo implica em manter o dano ou prejuízo abaixo do nível econômico, sugerindo um constante ajuste o sistema; e) manejo, baseado no conceito de limiar de dano econômico, enfatiza a minimização do dano, estando menos sujeito a mal-entendidos.

2.7 Limiar de dano econômico

O conceito de LDE refere-se a menor população do agente causal que causa dano econômico (ZADOKS, 1985). Mundford & Norton (1984) definem LDE como sendo o nível de ataque de um organismo nocivo no qual o benefício do controle iguala o seu custo.

A aplicação prática dos sistemas de manejo integrado depende de estudos sobre o LDE e de considerações sobre custo/benefício para cada patossistema (CANTERI, 1998).

Como o valor do LDE não é fixo, dever ser calculado anualmente, em função da variação do preço do produto (grãos específicos) e do custo de controle (fungicida + aplicação). Para cálculo do LDE, utiliza-se como base a fórmula de Munford & Norton (1984), modificada e aplicada para doenças (REIS et al., 2000): $ID = [Cc/Pp * Cd] * Ec$; onde, ID = intensidade da doença; Cc = custo de controle; Pp = preço da tonelada do produto; Cd = coeficiente de dano (obtido nas equações de função de dano) e Ec = eficácia de controle do fungicida a ser aplicado.

Há dois outros limiares a serem entendidos, pertinentes à filosofia de manejo integrado de doenças de acordo com Zadoks & Schein (1979): a) o Limiar de Ação que é definido como a severidade da doença em que medidas de controle devem ser tomadas para evitar

que LDE seja excedido; b) Limiar de Aviso, que tem por objetivo dar tempo aos produtores para prepararem seus equipamentos e produtos a serem comprados, caso específico quando se utiliza o controle químico. Para produtos sistêmicos o Limiar de Ação é mais alto, enquanto que para produtos convencionais mais baixos.

A reaplicação do fungicida deverá ser feita sempre, de modo que o LDE não seja ultrapassado durante o desenvolvimento da cultura.

2.8 Momento da aplicação de fungicidas

Os fungicidas podem ser classificados como preventivos, curativos e erradicativos (HEWIT, 1998), conforme as subfases da infecção em que o fungicida atua, compreendidas pela deposição, germinação dos esporos, penetração do tubo germinativo e início da colonização do hospedeiro.

2.8.1 Preventivos

Tem ação protetora ou de pré-penetração, inibindo a germinação e impedindo a penetração do fungo nos tecidos da planta hospedeira.

2.8.2 Curativos

Tem ação confinada à pós-infecção, sendo que nestes casos, já ocorreu a penetração e ainda não são observados os sintomas (pré-sintoma).

2.8.3 Erradicativos

Tem ação no estágio de pós-sintoma, como na ação inibitória do crescimento micelial dos oídios ou das estruturas dos fungos causadores de ferrugens. A cura refere-se somente a morte do fungo, não ocorrendo a recuperação dos tecidos atacados.

2.9 Tratamento de órgãos aéreos

Consiste na pulverização periódica de fungicidas protetores e/ou curativos/erradicativos em folhas, ramos e frutos para prevenir a infecção ou paralisar a colonização (REIS et al., 2007).

O tratamento de órgãos aéreos tem por objetivo reduzir a fonte de inóculo, evitar ou prevenir a infecção dos órgãos ou tecidos do hospedeiro e paralisar o processo de colonização do patógeno.

O programa de controle sempre deve considerar todo o patossistema ocorrente na região, observando-se o estágio fenológico da cultura, os danos atribuídos do agente causal, o custo da aplicação do controle químico e o espectro de ação do fungicida a ser utilizado.

2.10 Critérios indicadores para o início e intervalo dos tratamentos nos órgãos aéreos

Segundo Reis (2007), estão disponíveis várias opções quanto à tomada de decisão para aplicação de fungicidas visando o controle das doenças de origem fúngica nos órgãos aéreos das culturas. Podem os mesmos ter uma base empírica (observações ou experiências) ou científica.

2.10.1 Critério preventivo

Quando ocorre a desvalorização comercial do produto final, comprometendo sua qualidade ou aparência como no caso de produtos da olericultura ou frutíferas, o controle pode ser de caráter preventivo. Nesse caso, as pulverizações obedecem a calendário preestabelecido com base na duração da ação residual do fungicida utilizado e no crescimento da planta.

No caso de aplicações preventivas, utiliza-se o fungicida antes da infecção, ou seja, ainda não ocorreu a infecção, sendo portanto, a quantidade da doença considerada zero nos órgãos ou tecidos hospedeiros.

Nas culturas anuais, as aplicações preventivas muitas vezes são realizadas em estádios antecipados (vegetativos), ocasionando em algumas situações várias aplicações de acordo com a intensidade ou pressão de inoculo que venha a ocorrer.

2.10.2 Critério curativo

Consiste na aplicação do fungicida quando já ocorreu a infecção, mas não há presença de sintomas (HEWITT, 1998); nesse caso, aplica-se o fungicida para causar a morte do fungo no interior dos tecidos, o qual deixa de se desenvolver.

2.10.3 Critério erradicativo

Segundo Hewitt (1998), critério erradicativo é quando se procede à aplicação dos fungicidas na presença dos sintomas aéreos, tratando-se, portanto, de uma aplicação pós-infecção e pós-sintoma. Alguns fungicidas matam o fungo nesta fase, sem deixá-lo esporular, entretanto, ao se aplicar o fungicida dever-se-ia saber quanto da doença ocorre naquele momento da cultura, pois pode haver o risco de se ter ultrapassado o limiar de ação (LA) e de não se saber se o controle é preventivo, curativo ou erradicante.

2.10.4 Critério baseado em estágio fenológico da cultura

Os programas que utilizam o critério de aplicações baseadas no estágio fenológico da cultura, dependem do auxílio de escalas fenológicas para melhor definir a utilização dos fungicidas.

Nestes casos não se leva em consideração à quantidade de doença, por isso, podendo ser preventivo, curativo ou erradicante, uma vez que não considera a presença ou ausência do patógeno e sua intensidade. Em qualquer situação, dever-se-ia saber quanto da doença

está presente no momento da aplicação, necessitando, portanto, de monitoramento sistemático para se ter noção da intensidade da doença-alvo do controle (HOFFMANN, 2003).

Este tipo de programa é largamente utilizado em culturas como as frutíferas, não sendo seu uso recomendado para a cultura da batata por não se dispor de dados e pesquisa suficientes.

2.10.5 Critério baseado no início da doença

“Início” é um termo indefinido ou subjetivo, visto que qualquer intensidade pode ser tomada como início (REIS et al., 2007). O início da doença deve ter um valor numérico que pode ser determinado por metodologia científica.

O método patométrico, mais sensível em fitopatometria, é a incidência em indivíduos, depois em órgãos e por último em folíolos (REIS et al., 2007). Um exemplo numérico de início de doença é o limiar de ação (LA), proposto por Reis & Casa (2001).

2.10.6 Limiar de dano econômico

É definido como a intensidade de doença que causa perdas iguais ao custo de controle (REIS et al., 2001), não sendo portanto estático, havendo necessidade de calcular-se o mesmo todas as safras porque ocorre a interferência de valores mutáveis na fórmula de Munford & Norton (1984).

Este critério tem como vantagem a indicação racional do momento no qual o produtor deve utilizar o fungicida no controle da

doença, uma vez que o LDE expressa através do coeficiente de dano o equilíbrio entre o custo do controle e a taxa de retorno a partir da qual a doença pode causar danos.

Conforme os fundamentos apresentados por Zadocks (1979) e Munford & Norton (1988) o melhor critério indicador do momento para o controle econômico de uma doença pelo emprego de fungicidas é o LDE.

2.10.7 Sistemas de aviso

Ainda são pouco utilizados no Brasil, tanto pela falta de disponibilidade de equipamentos, pela confiabilidade bem como pela resistência dos produtores em aceitar novas tecnologias.

Esses sistemas podem ser utilizados como critério indicador do momento para o início e intervalo das aplicações, os quais têm aplicação prática principalmente em olericultura e fruticultura (REIS, 2004).

Os sistemas de aviso são fundamentados na presença, no tempo e no espaço dos três fatores determinantes das doenças: patógeno, hospedeiro e ambiente favorável. Poucos sistemas de aviso baseiam-se no monitoramento do inóculo relacionando-o com o início do desenvolvimento da doença (REIS et al., 2007).

Tais modelos, têm como base os requerimentos climáticos para a multiplicação do inóculo e para a infecção (REIS, 2004).

Estes sistemas hoje estão disponíveis para a cultura da batata, tomateiro, cenoura, cebola, videira, macieira, soja (ferrugem) etc, (REIS, 2004).

A grande vantagem deste sistema é alertar ou avisar o produtor para o melhor momento da aplicação do fungicida, destacando-se também a economia de mão-de-obra, número de aplicações e menor poluição do ambiente.

2.11 Critérios indicadores disponíveis para o momento adequado para aplicação de fungicidas em soja

2.11.1 Oídio

Em cultivares suscetíveis, as recomendações fixam para o controle do oídio como LA uma severidade foliar de 40 a 50% para a região central do Brasil (YORINORI, 2002) e 20% para a região sul (REUNIÃO..., 2000). Este último critério foi estabelecido baseado em experiências no estado do Paraná, por suspeitar-se que o valor de severidade inicialmente proposta era muito alto. Estes valores de referência não foram obtidos através de critérios científicos não considerando os danos e perdas como observado no cálculo do LDE.

2.11.2 Doenças de final de ciclo (DFC)

O critério indicativo para o controle das DFC não é baseado na ocorrência ou na intensidade da doença, tomando como base apenas ao estágio fenológico da cultura. A ocorrência de uma doença não está atrelada ao estágio fenológico.

Atualmente se recomenda o uso de fungicidas entre os estádios fenológicos R4 e R5.3 (REUNIÃO..., 2000). Há resultados

(BALARDIN, 2002) que demonstram que aplicações mais cedo (R1 a R4) tem apresentado incrementos no rendimento de grãos.

Por ser um critério atrelado ao estágio fenológico, podem ocorrer situações nas quais a aplicação poderá ser feita sem a ocorrência da doença alvo do controle. A ocorrência de uma doença, em geral não depende do estágio fenológico, mas sim da suscetibilidade do cultivar, da presença do inóculo, da agressividade/virulência do agente causal e das condições climáticas (REIS - informação pessoal). Se a doença não esta presente no momento da aplicação, gera-se custos.

Tentando solucionar estes inconvenientes diversos autores propuseram sistemas de pontuação como critério indicador do momento para o controle químico das DFC em soja (HOFFMANN, 2003). Os fatores relacionados com a ocorrência e intensidade das DFC, são considerados, e a cada um atribuído valores numéricos relativos a sua importância. Hoffmann (2003) propôs mudanças e validou o sistema no Rio Grande do Sul, oferecendo mais segurança quanto ao retorno econômico a ser observado na aplicação dos fungicidas.

2.11.3 Ferrugem

Para a ferrugem da soja ainda não se dispõem de critérios bem definidos, recomendando-se atualmente o uso de fungicidas no surgimento das primeiras lesões, a partir do florescimento (REUNIÃO..., 2004). O critério “início” é muito relativo, uma vez que pode variar segundo a interpretação pessoal e, portanto ser muito

subjetivo. É necessário, entretanto relatar, que em virtude da agressividade e evolução do ataque da ferrugem da soja, torna-se necessário o monitoramento constante e acompanhamento na lavoura para o controle químico, correndo-se o risco de entrar após o limiar de ação.

Mesmo diante deste contexto, aplicações preventivas (sem critério) têm sido realizadas para o controle de ferrugem da soja, associando as mesmas ao estágio do florescimento da cultura. Entretanto como visto anteriormente, esta condição pode induzir à aplicações desnecessárias, podendo diminuir o efeito prolongado de controle da doença (residual do fungicida), onde muitas vezes a aplicação de fungicidas é feita sem a presença de sintomas da doença.

3 Complexo de doenças da soja

3.1 Oídio da soja

O oídio da soja (*E. diffusa*) considerado até poucos anos como doença secundária para a cultura (Sinclair & Backman, 1989), passou a partir de 1996 a ter importância devido à intensidade elevada de sua ocorrência, distribuindo-se em ampla área geográfica (YORINORI, 2002).

O fungo é um Ascomiceto da Ordem Erysiphales, Família Erysiphaceae. A principal forma de sobrevivência é infectando plantas voluntárias (ALEXOPOULOS, 1996).

A classificação da família Erysiphaceae, baseia-se na morfologia do patógeno na fase teleomórfica, a morfologia do cleistotécio e seus apêndices, número de ascos por cleistotécios e número de ascósporos por asca (TAKAMATSU et al., 1998).

Através de realização de análise filogenética molecular de estrutura miceliana encontrada sobre a superfície foliar de soja propôs-se uma nova classificação do agente causal do oídio da soja. Os resultados da análise concluíram que trata-se de *Erysiphe* em [*Glycine max* (L) Merrill], sendo o estágio perfeito provavelmente de *E. diffusa* (Sinônimo, *Microsphaera diffusa*) (TAKAMATSU et al., 1998).

Os agentes causadores de oídio são assim denominados por apresentarem sobre seus hospedeiros, uma massa branca pulverulenta proveniente do micélio e da cadeia de conídios que se

desenvolvem profusamente na superfície foliar (ALEXOPOULOS, 1996).

Esses fungos biotróficos, raramente causam a morte do hospedeiro, mas utiliza os seus nutrientes para sobreviverem, diminuindo com isto a taxa fotossintética e aumentando a respiração e transpiração, diminuindo com isto o potencial de desenvolvimento e produção (AGRIOS, 1998).

Segundo Yorinori (2000), nos casos mais severos os danos de rendimento de grãos atingiram patamares de 40%. O cultivo de áreas extensas com cultivares que não apresentam resistência genética à moléstia, são apontados como um dos fatores preponderantes a ocorrência do oídio nas áreas de soja de forma epidêmica (FORCELINI et al., 2002).

A ocorrência da moléstia deve-se ao fato de que, não existem até o momento cultivares resistentes. A resposta genética não é efetiva, apresentando grande variabilidade de reação entre as cultivares, principalmente pelo elevado número de raças que este fungo apresenta.

Os sintomas característicos da doença podem variar de clorose, ilhas verdes, manchas ferruginosas, desfolha acentuada a combinações destes sintomas. Entretanto é a formação da estrutura branca pulverulenta do fungo sobre a superfície foliar que a doença é reconhecida (ALMEIDA et al., 1997).

A infecção causada pelo oídio, é favorecida por temperatura em torno de 20°C (MIGNUCCI, 1977), média a alta umidade relativa do ar (50 a 90%). Estas condições ocorrem no início do estágio reprodutivo, sendo esta a fase de maior suscetibilidade. A

duração do ciclo desta doença sob condições climáticas favoráveis é cerca de sete a dez dias (PICININI & FERNANDES, 1998).

A recomendação de controle para *E. diffusa* poderá ser feita quando a incidência foliolar do oídio atingir o limiar de ação (LA). Para isso sugere-se amostrar 20 plantas tomadas ao acaso em dada situação diferencial da lavoura, removendo-se os folíolos centrais da haste principal, evitando amostrar as bordas da lavoura. O LA pode ser calculado de acordo com Reis et al., (2001) e Reis et al., (2002) e aplicar os fungicidas quando o LA for atingido. Os fungicidas recomendados para o controle de oídio da soja constam nos anexos.

3.2 Complexo de doenças de final de ciclo

As doenças de final de ciclo caracterizam-se por reduzirem a qualidade e germinação dos grãos colhidos, fator este atribuído pela redução da área fotossintética da planta, induzindo a mesma a senescência. Estes danos podem ser maiores caso ocorram associadas a outras enfermidades

O crestamento foliar de cercospora [(*Cercospora kikuchii* (Matsu. & Tomoyasu) Gardner)], mancha parda ou septoriose (*Septoria glycines* Hemmi) e a antracnose [(*Colletotrichum truncata* (Schein) Andrus & Moore)], são usualmente denominadas como doenças de final de ciclo (DFC). Sob condições favoráveis de chuvas periódicas e temperaturas de 22 a 30°C no período reprodutivo da soja, estas doenças podem reduzir o potencial de rendimento em mais de 25% (EMBRAPA, 2002).

Desequilíbrios nutricionais e baixa fertilidade do solo também estão correlacionados segundo Balardin (2002), principalmente associados em áreas com baixos índices de nutrientes no solo ou de reduzida fertilização de potássio, podendo muitas vezes acelerar a desfolha antes mesmo de atingir o completo desenvolvimento dos grãos. Nestes casos, percebe-se o aumento de vagens falhadas, causados pela desfolha no terço superior da planta, ocasionando a formação de grãos reduzidos e baixo peso que influenciam diretamente na produtividade final.

Entre as principais medidas de controle destas doenças, destacam-se: o uso de sementes saudáveis, o tratamento de semente com fungicidas, doses e veículos eficientes, a aplicação de fungicidas no período do início do florescimento até o enchimento de grãos, associados a uma rotação adequada de espécies não suscetíveis, contribuem na redução do potencial de inóculo (SINCLAIR & BACKMAN, 1989).

Embora a resistência genética seja a forma mais econômica e eficaz para o controle de doenças, não se dispõem ainda de cultivares resistentes, sendo o controle químico uma das alternativas para o controle das DFC.

Inúmeros trabalhos já realizados apontam para a viabilidade econômica do controle químico, porém os resultados obtidos são em função do local, clima, cultivar, potencial da cultura, época de semeadura, fungicida e época de aplicação (YORINORI, 1997; PICININI & FERNANDES, 1998).

Diversos trabalhos foram desenvolvidos onde tem se procurado avaliar os princípios ativos, doses e momentos de aplicação

(ANDRADE et al., 1995), todavia, a eficácia e período de proteção conferido pelos produtos carecem de maiores informações.

Um dos aspectos mais importantes na racionalização do controle químico em soja é o momento indicado para iniciar o controle químico com o uso de fungicidas. Segundo Balardin (2002), resultados de pesquisa demonstraram que a aplicação durante ou após o estágio reprodutivo R5 (enchimento do grão) limita a resposta ao tratamento e reduz as diferenças existentes entre os fungicidas.

Por outro lado, a antecipação da aplicação para estádios anteriores ao R4 (início da formação do grão) potencializa a resposta, possibilita a obtenção de rendimentos maiores e permite melhor desempenho dos fungicidas, uma vez que tanto a quantidade de doença a ser controlada como os danos por elas já provocados são menores (FORCELINI et al., 2002).

Isto tem tido reflexo nas orientações da pesquisa quanto ao posicionamento do tratamento destas doenças, as quais mudaram de R4-R6 em 1997 (REUNIÃO..., 1997) para R4-R5.5 em 1999 (REUNIÃO..., 1999), R4-R5.3 em 2001 (REUNIÃO..., 2001) e R2-R5.3 em 2002 (REUNIÃO..., 2002). Deve-se considerar, entretanto, que na recomendação do controle químico é necessário levar em conta a presença e a quantidade da doença, visto serem indicadores fundamentais para obter-se resultado econômico positivo esperado. Por isso, talvez os melhores critérios indicadores sejam o sistema de pontuação e o LDE.

A aplicação de fungicidas baseado em estádios fenológicos apresenta como desvantagem de que em muitas vezes não haver necessidade de controle.

Dentre os critérios para o controle de doenças de final de ciclo (DFC), sugere-se o limiar de ação (LA) determinado segundo o sistema de pontuação desenvolvido por Reis & Hoffmann (2002). Este sistema considera a precipitação pluvial, o potencial de inóculo (presença/ausência de restos culturais), níveis de potássio no solo, ciclo do cultivar, tratamento de sementes e etc.. Os fungicidas recomendados para o controle das DFC estão listados nos anexos.

3.3 Ferrugem da soja

A ferrugem da soja é, comumente, denominada de ferrugem asiática ou ferrugem australasiana e, ferrugem sul-americana considerando-se o local de descrição das espécies do agente causal. A forma asiática é causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow, descrita pela primeira vez no Japão em 1902.

No continente americano foi descrita, primeiramente, no Paraguai na safra 2001 (MOREL, 2001) e no Rio Grande do Sul, na safra 2002 (REIS et al., 2002). A forma sul-americana é denominada *Phakopsora meibomiae* Arthur.

A sintomatologia é bem distinta dos sintomas conhecidos em relação, as ferrugens dos cereais de inverno. As frutificações não tão evidentes sem uso de lentes de aumento (sintomas iniciais), são denominadas lesões e não pústulas como nas demais ferrugens, ocorrendo a necrose do tecido foliar e em cada lesão podem existir várias pústulas (YORINORI, 2002).

A manifestação mais comum da doença é observada como áreas foliares cloróticas, de forma poligonal, coloração bronzeada a

marrom, tamanho com cerca de 0,5 mm², podendo, as lesões ficarem escuras na medida que envelhecerem. Na medida que as lesões aumentam, promovem amarelecimento foliar prematuro e a abscisão foliar, devido à densidade das mesmas (YORINORI, 2002).

Os sintomas da ferrugem da soja podem ser facilmente confundidos com pústulas bacterianas causados por [*Xanthomonas axonopodis* pv *glycines* (*Xag*)]. A abertura da uredínia e a presença dos uredíniosporos facilita a diferenciação entre ambas (Embrapa, 2002).

Em observações feitas na Nigéria, a desfolha precoce reduziu o rendimento em 28 e 52%; no Zimbábue de 60 a 80%; na África do Sul de 10 a 80% e na Austrália de 60 a 80%. Danos de até 91% foram citados em Taiwan, mesmo em cultivares tolerantes à ferrugem. No Paraguai, Morel (2001) cita danos de 50%.

Algumas funções de danos foram desenvolvidas por Hartman et al. (1991), em Taiwan. As equações foram geradas pela aplicação de fungicidas em diferentes doses e em diferentes estádios fenológicos de dois cultivares do hospedeiro. A função mais significativa foi expressa como $y = 113,32 - 0,83 x$ ($R^2 = 0,93$), onde y é a porcentagem de rendimento em parcelas protegidas com fungicidas, e x é a porcentagem da área foliar infectada. Essas equações ou funções de dano permitem seu uso no cálculo do limiar de dano econômico.

O controle químico com fungicidas é até o momento, o principal método de controle, sendo que diversos produtos mostraram eficácia no controle da doença (MACHADO et al., 2003).

A Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul (REUNIÃO..., 2004) recomenda o uso dos fungicidas de forma preventiva senso Hewitt (1998). Caso a aplicação seja feita precocemente, mais de uma aplicação serão necessárias para conter o avanço da doença.

Outras medidas recomendadas como estratégias são, cultivares precoces, semeaduras na época inicial de semeadura para a região, evitando cultivares de ciclos longos.

A pesquisa tem criado cultivares mais precoces, cabendo aos técnicos a responsabilidade de recomendar um calendário adequado de semeadura.

A resistência genética ainda não apresenta materiais de bom nível de resistência, devendo-se o fato pelo recente aparecimento da doença e também pelo patógeno possuir diversas raças com genes múltiplos de virulência (SINCLAIR & HARTMAN, 1995), o que dificulta a obtenção de cultivares resistentes.

A importância da doença, e a falta de informações, determinam a necessidade de se quantificar os danos potenciais e o momento mais adequados para a aplicação dos fungicidas, visando tornar as pulverizações mais eficazes e evitar as desnecessárias quando utilizado os critérios preventivo e de estágio fenológico.

Os prejuízos financeiros calculados pela CEPEA – ESALQ (2007), demonstram que lavouras de soja em que foram feitas quatro aplicações de fungicidas para conter o avanço da doença na safra 2005/06, tiveram desembolso em mais de R\$ 49,00.ha⁻¹ acima da venda comercial do produto.

O controle da ferrugem asiática poderia seguir, como nas demais doenças citadas, como critério indicador do momento para a aplicação de fungicidas o LDE.

Desta forma, percebe-se que a própria recomendação (REUNIÃO, 2006), deveria revisar o conceito de aplicação preventiva atrelada ao estágio reprodutivo, uma vez que não é o estágio fenológico definido que determina o surgimento e intensidade das doenças em plantas.

Sugere-se como critério para o controle de ferrugem asiática da soja o LDE. Para o seu cálculo, deve-se seguir a mesma metodologia de amostragem sugerida para o oídio. Utilizando-se o cálculo do LDE sugerido por Reis (2007), pode-se utilizar a função de dano $R = 1000 - 1,42 I$, na qual para cada 1000 kg de soja produzidos pode haver uma redução no rendimento de grãos de $1,42 \text{ kg.ha}^{-1}$ para cada 1% de incidência foliolar da ferrugem. Detalhes do cálculo podem ser obtidos no trabalho de Reis et al. (2002). Os fungicidas registrados e recomendados para o controle da ferrugem estão listadas nos anexos.

4 Custo de uma aplicação de fungicida na lavoura de soja

No cálculo do custo de uma aplicação de fungicida, deve-se considerar o trator utilizado na aplicação, o custo por hora de trabalho (CTE – capacidade técnica efetiva), capacidade operacional em número de hectares trabalhados, custos operacionais e fixos (vida útil, horas.ano⁻¹, depreciações, seguro, juros, manutenção, combustível), operador (3,6 salários mínimos por mês), o pulverizador utilizado, o amassamento (dano de 3% sobre o potencial de produção) e o custo do fungicida a ser utilizado. Estes valores podem sofrer alterações a cada safra, principalmente pelas variações dos preços dos fungicidas e indicadores econômicos que interferem neste cálculo.

Atualmente o custo estimado para uma aplicação via terrestre é de R\$ 64,50.ha⁻¹, enquanto uma aplicação via aérea é de R\$ 47,50.ha⁻¹, sem considerar o custo do fungicida que pode oscilar dependendo do princípio ativo entre R\$ 32,00 a R\$ 45,00.ha⁻¹, observando-se as doses recomendadas (Departamento Técnico Cotrijal – fevereiro 2007). Na média, considerando-se as flutuações de preços verificadas no mercado agrícola, estima-se que uma aplicação de pulverização via terrestre oscila em torno de 1,8 até 2,4 sacos de soja.ha⁻¹.

Considerando-se os preços atuais da soja praticados pela Cotrijal (R\$ 28,00 pela saca de 60 kg), os preços hoje de uma aplicação terrestre + fungicida, oscilaria em torno de R\$ 85,00.ha⁻¹ (preço base tomado balcão da Cotrijal em 28/02/2007).

CAPÍTULO II

MODELO DE PONTO CRÍTICO PARA ESTIMAR OS DANOS NO PATOSSISTEMA OÍDIO EM SOJA

FERNANDO GERALDO MARTINS

RESUMO – Foi conduzido durante a safra de soja 2003/2004 no Centro de Difusão de Tecnologias da Cotrijal em Não Me Toque/RS, utilizando-se a cultivar BR-16 visou-se estabelecer a relação entre o rendimento de grãos da soja e a intensidade foliar do oídio da soja causado por *Erysiphe diffusa*. Para gerar o gradiente da doença foi utilizado o fungicida tebuconazole nas doses de 0, 300, 400 e 500 ml.ha⁻¹, aplicando-se cada dose uma, duas e três vezes. Observou-se a periodicidade semanal das avaliações, que iniciaram após o tratamento realizado no estágio fenológico R1. Em cada ação patométrica foram removidas as ramificações laterais das plantas, destacando-se apenas os folíolos centrais da haste principal, utilizando-se quatro plantas por parcela. Determinou-se em cada avaliação a incidência foliolar e a severidade da doença, bem como o rendimento de grãos das parcelas. O maior rendimento foi de 3.198 kg.ha⁻¹ (R), com uma diferença a maior de 21% em relação ao tratamento testemunha, com severidade (S) final de 17%. O Limiar de dano econômico calculado foi de 25% de severidade na safra de soja 2003/04, determinadas pela equação $R = 1000 - 2,746 (S)$.

Palavras-chave: *Erysiphe diffusa*, gradiente da doença, limiar de dano econômico

CRITICAL YIELD MODEL TO ESTIMATE THE DAMAGE CAUSED BY POWDERY MILDEW IN SOYBEAN

ABSTRACT – A field experiment was carried out in the 2003/2004 soybean growing season in the Center of Diffusion of Technologies of the Cotrijal in Não-Me-Toque, RS with the soybean cultivar Br-16, susceptible to powdery mildew. The objective was to establish the relationship between the grain yield and the foliar intensity of powdery mildew caused by *Erysiphe diffusa*. To generate the disease gradient the tebuconazole fungicide was used in the rates of 0, 300, 400 and 500 ml.ha⁻¹, applying each dose once, twice and three times. A weekly periodicity interval for the evaluations was observed beginning after the fungicide spray treatment performed in the phenologic stage R1. In each assessment the lateral branches were removed, and just the central leaflet of the main stem were sampled, utilizing four plants per plot. It was evaluated the leaflet incidence and severity. The highest grain yield was 3,198 kg.ha⁻¹, with a differential of 21% in relation to the check treatment with a final severity (S) of 17%. The calculated economic damage threshold was 25% for the leaflet for severity for the prevailing conditions in the 2003/04 soybean growing season. The damage function equations were $R = 1000 - 2,746 (S)$ (where, R = grain yield; and S leaflet severity).

Key words: *Erysiphe diffusa*, disease gradient, economic damage threshold

INTRODUÇÃO

A cultura da soja é afetada por diversas doenças, causadas por fungos, bactérias, vírus e nematóides. O aumento da ocorrência destas moléstias tem causado danos significativos na produção de grãos desta oleaginosa (ALMEIDA et al, 1997).

A diminuição da área de rotação de culturas envolvendo a soja, frente a um mercado instável de milho, fazem com que as doenças desta cultura se manifestarem com elevada intensidade (ALMEIDA et al., 1997).

O oídio da soja, causado por *Erysiphe diffusa* [(Cooke & Peck) U. Braun & S. Takamatsu], foi por muitos anos, considerada uma doença de importância secundária à cultura da soja, por relacionar-se apenas como uma porta de entrada para as demais doenças, conhecida em condições brasileiras até a safra de 1996 (EMBRAPA, 1996).

No Brasil, Gazzoni & Yorinori (1995) apud Silva (2002), citam danos de até 30%. Recentemente Silva (2002) relatou danos em cultivares de soja moderadamente suscetíveis de 5%, em cultivares suscetíveis de 7 a 10% e nos altamente suscetíveis podendo atingir valores de 10 a 15% no rendimento de grãos. Balardin (2002) relata que os danos podem ser de 20,31% no cultivar BR – 16 e de até 24,51% no cultivar RS 7 – Jacuí. Os autores citados não se referem a funções de dano obtidas em seus trabalhos.

Os sintomas/sinais podem variar desde clorose, desfolha acentuada ou combinações destes sintomas, sendo a formação da

massa branca pulverulenta sobre a superfície das folhas a mais evidente.

O desenvolvimento do oídio ocorre em temperaturas de 18 a 24°C (MIGNUCCI et al., 1977), associados às condições de umidade relativa do ar entre 50 a 90% (ALMEIDA et al., 1977; SINCLAIR & BACKMAN, 1989).

Os critérios utilizados para recomendar-se o controle químico, estão baseados na intensidade foliar, tendo como base o limiar de ação de 20% de severidade (REUNIÃO..., 2002).

Num trabalho pioneiro no Brasil, Agostini et al, (1999), estabeleceram a correlação entre o rendimento de grãos de soja e a severidade do oídio. A função de dano obtida foi $R = 2.348 - 15,6 S$, com $R^2 = 0,76$ e $P < 0,0001$. Neste caso, o coeficiente de dano (Cd) é de $15,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, ou seja, que para um rendimento de $2.348 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, cada 1% de severidade determina uma redução no rendimento de $15,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

O método de avaliação foliar da doença através da severidade é subjetivo, dificultando desta forma uma padronização pelo avaliador, uma vez que a determinação do percentual de área afetada é pessoal, e dependerá, da experiência individual e precisão ocular. Desta maneira, os valores poderão variar para cada avaliador, o que determinaria uma certa imprecisão na quantificação da doença (BERGAMIN FILHO & AMORIN, 1996; REIS, et al., 2002).

A incidência foliolar oferece confiabilidade maior, uma vez que o simples conhecimento da sintomatologia define a presença ou não da doença, ficando fácil sua determinação em percentuais de plantas ou órgãos atacados.

O uso de fungicidas para o controle de oídio da soja é recomendado desde a fase vegetativa até o início da floração (REUNIÃO..., 2001), objetivando conter a evolução do patógeno sobre a área foliar do hospedeiro.

O presente trabalho teve como objetivos: (a) determinar a taxa de progresso da intensidade foliar do oídio da soja; (b) gerar o gradiente da doença e do rendimento de grãos; (c) estabelecer a relação entre o rendimento de grãos com a intensidade foliar do oídio; e (d) com o coeficiente de dano obtido calcular o limiar de dano econômico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no município de Não Me Toque, região fisiográfica do planalto riograndense, localizado a 28° 28' 23'' de latitude S e 52° 47' 58'' de longitude O, a 503 metros de altitude. O experimento foi conduzido na safra 2003/04, instalados em semeadura direta sob rotação de culturas com milho, antecedido de palha de aveia rolada dessecada com glyphosate. As parcelas constaram de 7 linhas espaçadas a 0,45m com 5 metros de comprimento. O delineamento experimental foi constituído de blocos ao acaso com três repetições.

O experimento constou de dez tratamentos, assim compreendidos: a) tratamento A: no estágio inicial de florescimento da soja (estádio fenológico R1); b) tratamento B: aplicações com fungicida realizada em R1, e uma segunda aplicação do mesmo fungicida aplicado com intervalo de 20 dias após a primeira aplicação;

c) tratamento C: aplicação realizada no início do florescimento (R1), segunda aplicação 20 dias após a primeira e uma terceira aplicação 20 dias após a segunda; d) tratamento D: parcela testemunha ou tratamento zero, onde não foi utilizado fungicida no controle de doenças. A cada um destes tratamentos, utilizou-se o fungicida tebuconazole na dose de 300, 400 e 500 ml.ha⁻¹ para cada um dos tratamentos especificados acima (tratamentos A, B e C).

Na semeadura, foi utilizada a cultivar de soja BR-16 por ser suscetível ao oídio da soja, sendo a mesma realizada no dia 07/11/2003 na densidade de 85 kg.ha⁻¹ com população de 32 plantas.m², após realização da dessecação da cobertura de inverno.

Foram utilizadas adubações de N, P e K, de acordo com análise de solo, sendo as condições de campo mantidas normais quanto a umidade do solo.

Para a aspersão do fungicida, foi utilizado um pulverizador costal manual de precisão, sob pressão constante de 30 lb.pol⁻² gerada por gás carbônico, constituído de barra de pulverização equipado com pontas do tipo TJ60-110.03 que espaçadas a 0,50m entre si, geraram um volume de pulverização de 160 l.ha⁻¹.

A medição da severidade do oídio no experimento, foi quantificada segundo metodologia sugerida por Reis et al. (2001), considerando-se sintomática a planta que apresentou sintomas típicos da massa branca pulverulenta provocada pela esporulação do fungo *E. diffusa*. Foram amostradas quatro plantas por parcela, utilizando-se as linhas 2 e 6 para este procedimento, evitando-se as bordaduras da parcela.

As avaliações foram realizadas semanalmente após o início da primeira aplicação do fungicida, sendo removidas as ramificações laterais de cada planta, destacando-se apenas os folíolos centrais da haste principal. Na amostra foi determinada a severidade e a incidência foliolar. A produtividade dos grãos foi determinada pela colheita das linhas centrais da parcela (3, 4 e 5) em área representativa de 3 m², sendo as amostras colhidas e posteriormente trilhadas com determinação da umidade corrigida para 13%; as pesagens de cada amostra foram ajustadas para uma área de 1,0 ha.

Os dados foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o procedimento PROC GLM (General Linear Models Procedure) do programa estatístico SAS 6.0 (Statistic Analysis System) (SAS, 1995), obtendo-se também a significância do modelo pelo teste F a 5% de probabilidade (P<0,05), a estimativa do intercepto da reta (b), o coeficiente angular (a) e o coeficiente de determinação (R²), o qual este último possibilitou calcular o coeficiente de correlação (r) para cada equação. Em seguida as equações foram ajustadas em funções de dano e expressas para uma lavoura com estimativa de rendimento em 1.000 kg de grãos.ha⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Predominou neste experimento, caracterizado pela sintomatologia típica da presença da massa branca pulverulenta sobre a superfície do hospedeiro, o fungo *E. diffusa*, causador do oídio da soja.

Os fatores determinantes para a ocorrência desta doença, foram as condições climáticas caracterizadas pela baixa disponibilidade hídrica nos meses de Janeiro até Março/04, acompanhados de baixa luminosidade causadas pela nebulosidade e molhamento foliar caracterizados de orvalho (observação pessoal). Outro fator atribuído a esta condição favorável ao ataque de oídio nesta safra foi a alta suscetibilidade do cultivar BR 16, ao patógeno.

As demais doenças que compõem o patossistema soja, não tiveram condições de ocorrência de forma epidêmica, justificados pelas condições ambientes desfavoráveis a sua ocorrência.

As condições pluviais (Figura -1) ocorridas na safra, levaram a antecipação do estágio fenológico R1 (início de florescimento) caracterizados por Fehr e Caviness (1981), determinados principalmente pelo estresse hídrico verificado no período, ocasionando um déficit de 90% no volume pluvial se comparados a média histórica de 10 anos de ocorrência de chuvas na região fisiográfica.

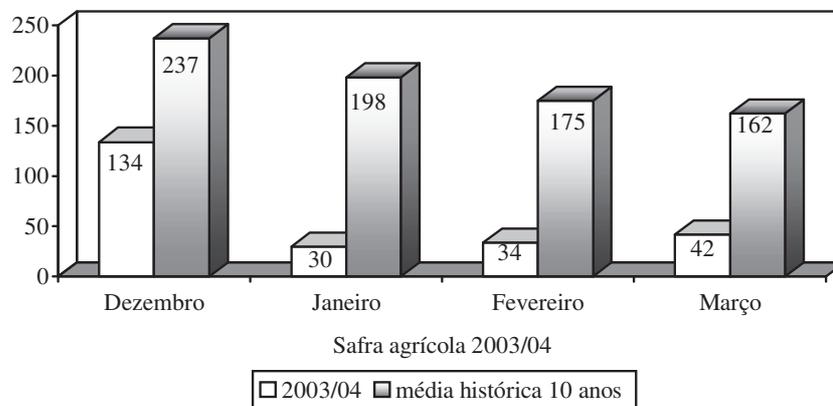


Figura 1 – Precipitação pluvial nos meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março, na área experimental da Cotrijal (Cdetec) em Não Me Toque (RS), durante a safra de soja 2003/04. (Fonte: Detec Cotrijal – Estação Meteorológica Não Me Toque).

Essas condições favoreceram o aparecimento inicial dos sintomas já na fase vegetativa da cultura, mesmo que em baixa intensidade. A presença da doença começou a ser verificada a partir da realização da primeira aplicação, feita no início do florescimento, observando-se posteriormente intervalos de sete dias para novas determinações.

Os dados permitiram determinar a taxa de progressão da epidemia, indicando neste experimento severidade inicial de 9% (sete dias após a primeira aplicação) da área foliolar coberta com sintomas da doença. Este valor ocorreu na parcela testemunha ou tratamento zero, justamente para comparar a evolução da doença com os demais tratamentos.

Para a cultivar BR-16, a severidade máxima observada foi de 17% no tratamento testemunha (Figura 2), apresentando uma evolução crescente após a primeira aplicação

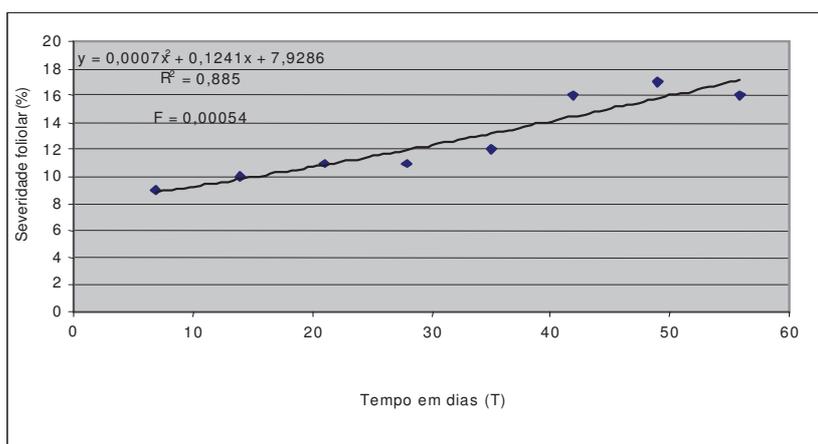


Figura 2 – Curva de progresso do oídio da soja causado por *Erysiphe diffusa* no cultivar BR-16 em Não Me Toque, 2003/2004 Severidade (S) foliolar e Tempo em dias (T).

O fungicida após as aplicações iniciais controlou eficazmente a doença, mas pela pressão do inóculo, verificou-se re-infecção após 20 dias da realização dos primeiros tratamentos, caracterizando-se desta forma o término do período de proteção conferido pelo fungicida.

O efeito resultante dos tratamentos empregados (Tabela - 1), demonstrou que as aplicações resultaram no aumento do rendimento de grãos (R) comparados ao tratamento testemunha,

conferindo um diferencial de 21% no incremento da produtividade final do melhor rendimento obtido.

Tabela 1 – Efeito dos tratamentos no rendimento de grãos da soja ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na safra agrícola 2003/04 com a cultivar Br-16 em Não Me Toque (RS)

Tratamentos	Doses de tebuconazole ($\text{ml}\cdot\text{ha}^{-1}$)				Média
	0	300	400	500	
(A) florescimento	2.640 D	2.898 BC	3.198 A	2.898 BC	2.908 a
(B) florescimento + 20 dias	2.640 D	3.180 A	3.120 A	2.898 BC	2.972 a
(C) florescimento + 20 dias + 20 dias	2.640 D	2.718 CD	3.096 AB	2.520 D	2.778 b
Média	2.640	2.932	3.138	2.772	

CV (%): 3,98

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade ($p<0,05$).

Em relação aos tratamentos, observou-se que a dose empregada de $400 \text{ ml}\cdot\text{ha}^{-1}$ com aplicação somente no florescimento (tratamento A), foi suficiente para refletir positivamente no rendimento de grãos, superando inclusive aonde se pulverizou a mesma dose com duas aplicações (tratamento B).

O tratamento B na dose de $300 \text{ ml}\cdot\text{ha}^{-1}$ foi viável tecnicamente, uma vez que não apresentou diferença estatística dos tratamentos anteriormente citados, superando em rendimento o mesmo tratamento com duas aplicações na dose de $400 \text{ ml}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Observou-se que as doses maiores associadas ao número de aplicações, resultaram em áreas cloróticas necrosadas (fitotoxicidade), causadas pelo tebuconazole, não sendo possível estabelecer correlação direta desta característica com a redução na produtividade das parcelas.

Com as funções de dano obtidas para a intensidade do oídio da soja na cultivar BR-16 na safra 2003/04 (Tabela - 2) em diferentes estádios fenológicos, calculou-se segundo a equação de Munford & Norton (1984), o LDE, cujo valor considera o equilíbrio entre o custo de controle e o rendimento suficiente para evitar perdas ao produtor.

Tabela 2 – Funções de dano obtidas para o oídio da soja através de severidade foliolar no cultivar BR-16 em Não Me Toque na safra 2003/04

Estádio Fenológico*	Equações	Funções	R ²	R	Prob.
R1	Y = 2429,6 – 16,504 x	R= 1000 – 6,793 S	0,5815	-0,763	0,00393
R4	Y = 2530,6 – 9,3789 x	R= 1000 – 3,706 S	0,0492	-0,222	0,48818
R5.1	Y = 2549 – 9,5026 x	R= 1000 – 3,728 S	0,5232	-0,723	0,00784
R5..3	Y = 2258,5 – 2,0557 x	R= 1000 – 0,91 S	0,0359	-0,189	0,55528
R5.5	Y = 2330,5 – 4,4664 x	R= 1000 – 1,916 S	0,1803	-0,425	0,1689
R6	Y = 2352,2 – 5,2517 x	R= 1000 – 2,233 S	0,2743	-0,524	0,08052
R7	Y = 2365,3 – 6,4947 x	R= 1000 – 2,746 S	0,6124	-0,783	0,00262

* fonte: XXXIV Reunião de Pesquisa de soja da Região Sul – 25 a 27 de julho de 2006 – Pelotas/RS [RITCHIE et al., 1996 (adaptado por J. T. Yorinori, 1996)].

Utilizou-se a fórmula e os seguintes parâmetros para o cálculo do LDE:

$$ID = [C.c. / (P.p. * Cd)] * Ec, \text{ onde:}$$

ID = intensidade da doença para início do controle;

Pp = preço da tonelada de soja R\$ 476,00 t⁻¹

C.c. = custo do controle R\$ 85,00 (aplicação terrestre + fungicida);

C.d. = coeficiente de dano 0,006;

E.c. = eficiência do controle 85%

Rp = rendimento potencial

Procedendo-se o cálculo obteve-se um LDE para oídio da soja de 25% S nas condições ocorrentes na safra 2003/04. Utilizou-se a função de dano estimada para 1.000 kg de grãos de $y = 1000 - 2,746 S$ com $R^2 = 0,61$.

Comparando-se com os dados de Agostini et al.(1999), onde o C.d. foi de 0,036 com $R^2 = 0,7024$, observa-se que com a atualização dos dados referentes aos valores mutáveis da fórmula de cálculo para o LDE (P.p e C.c.), a ID seria de 4% de severidade. Este valor corresponderia os valores absolutos se correlacionados à função de dano definida na fase R1 deste experimento.

A recomendação oficial da pesquisa da soja para a região sul do Brasil, preconizando o tratamento químico para o oídio quando forem observados 20% de severidade da doença, difere do valor aqui obtido.

Os danos causados pelo oídio foram de 21%, considerando-se o cultivar suscetível ao patógeno BR-16. O valor de redução da produtividade é muito próximo aos relatados por Balardin (2004) na cultivar de soja RS7-Jacuí, de característica também suscetível a esta enfermidade, citando danos de 17%.

Em regiões do Paraná, os danos podem variar de 10% (YORINORI, 2000) até 30% (SILVA, 2002).

O oídio, apesar de ser facilmente controlado pelo fungicidas, deve ser controlado de modo a se manter a severidade inferior a 25%, evitando desta forma danos no potencial de rendimento.

Sugere-se que mais trabalhos de pesquisa sejam feitos para gerar equações de danos que sejam comparadas as aqui obtidas, de modo a refletirem os danos com maior confiabilidade.

CONCLUSÕES

Concluiu-se pelos resultados obtidos no presente trabalho, que:

a) a metodologia empregada permitiu gerar a taxa de progresso da doença;

b) constatou-se a relação inversa entre a taxa de progresso da doença e o rendimento de grãos, causando danos de 21% entre o maior rendimento obtido através dos tratamentos e a parcela testemunha ou tratamento zero;

c) com as equações de dano obtidas, calculou-se um limiar de dano econômico para a cultura da soja no controle de *Erysiphe diffusa*, ficando o mesmo estimado nas condições em que foram realizados, em 25% de severidade para o início do controle da doença, obtidos através da função de dano definida em $y = 1000 - 2,746 S$ com $R^2 = 0,6124$, para estimativa de rendimento de grãos em $1000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$;

d) o limiar de dano econômico pode ser utilizado com confiabilidade para se determinar o início do controle químico do oídio na cultura da soja.

CAPÍTULO III

MODELO DE PONTO CRÍTICO PARA A QUANTIFICAÇÃO DE DANOS CAUSADOS PELO CRESTAMENTO DE CERCOSPORA EM SOJA

FERNANDO GERALDO MARTINS

RESUMO – Em ensaio conduzido na safra de soja 2004/05 no Centro de Difusão de Tecnologias da Cotrijal em Não Me Toque/RS, utilizando-se a cultivar BRS 154, procurou-se estabelecer a relação entre o rendimento de grãos da soja e a intensidade foliar do crestamento de cercospora em soja causada por *Cercospora kikuchii*. Para gerar o gradiente da doença foi utilizado como ferramenta de pesquisa o controle químico com o fungicida tebuconazole nas doses de 0, 300, 400 e 500 ml.ha⁻¹, aplicando-se cada dose uma, duas e três vezes. Observou-se a periodicidade semanal nas avaliações, que iniciaram após o tratamento realizado no estágio fenológico R1. Em cada ação patométrica foram coletadas quatro plantas por parcela, removendo-se as ramificações laterais e destacando-se os folíolos da haste principal. Avaliou-se a incidência e a severidade foliolar da doença. O maior rendimento de grãos (R) obtido foi de 1.740 kg.ha⁻¹, com um diferencial de 40% em relação ao tratamento testemunha que apresentou uma incidência final (I) de 43%. O Limiar de dano econômico obtido para o controle da doença alvo foi de 4% de incidência foliolar para as condições verificadas na safra de soja

2004/05, determinado pelas funções de dano expressas em $R = 1000 - 27,153 I$.

Palavras-chave: *Cercospora kikuchii*, controle químico, limiar de dano econômico.

DEVELOPMENT OF A CRITICAL YIELD POINT MODEL TO ESTIMATE THE DAMAGE CAUSED BY THE CERCOSPORA BLIGHT IN SOYBEAN.

ABSTRACT – A field experiment was carried out in the 2004/05 soybean growing season in the Center of Diffusion of Technologies of the Cotrijal in Não-Me-Toque, RS, using the soybean cultivar BRS 154. To generate disease and yield gradients to establish the relationship between grain yield and the foliar intensity of the Cercospora blight caused by *Cercospora kikuchii* were the goal of the present work. The disease gradient was generated using the tebuconazole fungicide at the rates of 0, 300, 400 and 500 ml.ha⁻¹ each applied once, twice and three times. A weekly periodicity interval for the evaluations was observed beginning after the fungicide spray treatment performed in the phenologic stage R1. In each assessment the lateral branches of the plants were removed, and just the central leaflets of the main stem were sampled, utilizing four plants per plot. It was evaluated the leaflet incidence and severity. The highest yield (R) obtained was of 1,740 kg.ha⁻¹, with a difference of 40% in relation to the check treatment, with the largest incidence (I) of 43%. The economic damage threshold obtained for the control of disease was

4% incidence determined by the damage function $R = 1000 - 27,153 I$.

Key Words: *Cercospora kikuchii*, chemical control, economic damage threshold

INTRODUÇÃO

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é afetada por diversas doenças, causadas por fungos, bactérias, vírus e nematóides. O aumento da ocorrência destas moléstias tem ocasionado danos significativos na produção de grãos desta oleaginosa (ALMEIDA, 1997).

A soja é considerada a mais importante fonte de proteína e óleo vegetal no mundo, em função da qualidade e do baixo custo de produção. O desenvolvimento de novas cultivares, adaptadas aos Trópicos e a geração de novas tecnologias contribuiu para que o Brasil aumentasse sua produção, com valor estimado na safra 2006/07 em 56,7 milhões de toneladas em uma área de 20,6 milhões de hectares (CONAB, 2007).

No ano de 1994, os prejuízos devido as doenças, nos dez países maiores produtores de soja, foram estimados em três bilhões de dólares (WRATHER et al., 1997). No Brasil, as perdas foram estimadas em 1,3 bilhão de dólares (YORINORI, 1992).

Fungos como *Colletotrichum truncatum* (Schw.) Andrus & Moore (Agente causal da antracnose), *Septoria glycines* Hemmi (Agente causal da mancha-parda) e *Cercospora kikuchii* (Mats. & Tommo.) Gardner (Agente causal do crestamento de cercospora) e espécies de *Phomopsis* [*Diaporthe phaseolorum* (Cke. & Ell.) Sacc. var. *sojae* (Lehman) Wehm. *Phomopsis sojae* Lehman e *Phomopsis longicolla* Hobbs (JACCOUD FILHO, 1996) (Agente causal da seca da haste e da vagem e deterioração da semente) causaram perdas de quase 700 milhões de dólares nos dez países maiores produtores de

soja, das quais 70% foram observados no Brasil (WHRATER et al., 1997).

A mancha-parda, o crestamento de cercospora e a antracnose, são conhecidas conjuntamente como doenças de final de ciclo (DFC) (EMBRAPA, 2002), por ocorrerem com maior severidade no final do estágio de enchimento de grãos da soja.

Entre as principais medidas de controle, estão a utilização de sementes sadias, tratamento de sementes com fungicidas, doses e veículos de cobertura eficientes, aplicação de fungicidas entre o florescimento e o enchimento de grãos e a rotação de culturas com espécies vegetais não suscetíveis (SINCLAIR & BACKMAN, 1989).

Em condições favoráveis de ambiente podem reduzir o rendimento em mais de 20%, o que pode equivaler a um dano anual em cerca de quatro milhões de toneladas de soja no país (EMBRAPA, 2002).

As doenças de final de ciclo são observadas principalmente na fase de enchimento dos grãos, surgindo pequenas manchas pardas com halo amarelado (*S. glycines*), crestamento castanho-escuro (*C. kikuchii*) ou manchas castanho escuro nas nervuras adaxial das folhas ou manchas escuras nos legumes (*C. truncatum*).

A desfolha prematura com as vagens ainda verdes diminui o ciclo da cultivar e acelera a maturação, antes mesmo do completo enchimento dos grãos, resultando desta forma em redução da produtividade (SINCLAIR & BACKMAN, 1995).

O método de controle mais econômico é o desenvolvimento de materiais com resistência genética, mas nem

sempre a pesquisa consegue com agilidade disponibilizar os mesmos para os produtores, seja por dificuldades de incorporar genes de resistência a determinadas doenças, bem como a alta variabilidade genética de alguns patógenos (YORINORI, 2000).

A aplicação de fungicidas tem resultado em incrementos no rendimento de grãos, estando atreladas à fenologia da planta, uma vez que as DFC começam a manifestar-se sintomaticamente a partir do florescimento da soja associado à precipitação pluvial elevada no período (BALARDIN, 2002).

Atualmente recomenda-se o uso de fungicidas no controle de DFC em soja a partir do estágio fenológico R1 até R5.3 (REUNIÃO..., 2006).

O presente trabalho teve como objetivos: (a) determinar a taxa de progresso da intensidade foliar do crestamento de cercospora; (b) gerar o gradiente da doença e o rendimento de grãos; (c) estabelecer a relação entre o rendimento de grãos com a intensidade foliar do crestamento de cercospora gerando equações segundo o modelo de ponto crítico; e (d) com o coeficiente de dano obtido possibilitar o cálculo do limiar de dano econômico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no município de Não Me Toque, região fisiográfica do planalto riograndense, localizado a 28° 28' 23'' de latitude S e 52° 47' 58'' de longitude O, a 503 metros de altitude. O experimento foi conduzido na safra 2004/05, instalados em semeadura direta e em rotação de culturas com milho, antecedido de

palha de aveia rolada dessecada com glifosto. As parcelas constaram de sete linhas espaçadas a 0,45m com 5 metros de comprimento. O delineamento experimental foi constituído de blocos ao acaso com três repetições.

Foram comparados dez tratamentos, equivalentes ao início de controle com fungicida, assim compreendidos: a) aplicação no estágio inicial de florescimento da soja (estádio fenológico R1); b) aplicações com fungicida realizada em R1, e uma segunda aplicação do mesmo fungicida aplicado com intervalo de 20 dias após a primeira aplicação; c) aplicação realizada no início do florescimento (R1), segunda aplicação 20 dias após a primeira e uma terceira aplicação 20 dias após a segunda; d) tratamento testemunha, onde não se empregou fungicida ao controle de doenças. Nos tratamentos, utilizou-se o fungicida tebuconazole na dose de 300, 400 e 500 ml.ha⁻¹ para cada um dos tratamentos especificados acima (tratamentos A, B e C).

Na semeadura, utilizou-se a cultivar BRS-154, sendo a mesma realizada no dia 20/11/2004 na densidade de 80 kg.ha⁻¹ com população de 28 plantas.m⁻², após realização da dessecação da cobertura de inverno.

Utilizou-se adubações de N, P e K, de acordo com análise de solo, sendo as condições de campo mantidas normais quanto a umidade do solo.

Para a aspersão do fungicida, foi utilizado um pulverizador costal manual de precisão, sob pressão constante de 30 lb.pol² gerada por gás carbônico, constituído de barra de pulverização equipado com ontas do tipo TJ60-110.03 que espaçadas a 0,50m entre si, geraram um volume de pulverização de 160 l.ha⁻¹.

A incidência do crestamento de cercospora foi quantificada segundo metodologia sugerida por Reis et al. (2001), considerando-se sintomática o folíolo que apresentou sintomas típicos de coalescência de lesões e crestamento foliar causados por *C. kikuchii*. Foram amostradas quatro plantas por parcela, utilizando-se as linhas 2 e 6 para este procedimento, evitando-se as bordaduras da parcela.

As avaliações foram realizadas semanalmente após o início da primeira aplicação do fungicida, sendo removidas as ramificações laterais de cada planta, destacando-se apenas os folíolos centrais da haste principal. Foram contados os folíolos com os sintomas da doença, calculando-se, em relação ao número total de folíolos avaliados, a incidência foliolar.

A produtividade dos grãos foi determinada pela colheita das linhas centrais da parcela (3, 4 e 5) em área representativa de 3 m², sendo as amostras colhidas e posteriormente trilhadas com umidade corrigida para 13%; o rendimento foi expresso em kg.ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o procedimento PROC GLM (General Linear Models Procedure) do programa estatístico SAS 6.0 (Statistic Analysis System) (SAS, 1995), obtendo-se também a significância do modelo pelo teste F a 5% de probabilidade (P<0,05), a estimativa do intercepto da reta (b), o coeficiente angular (a) e o coeficiente de determinação (R²), o qual este último possibilitou calcular o coeficiente de correlação (r) para cada equação. Em seguida as equações foram ajustadas em funções de dano e expressas para uma lavoura com estimativa de rendimento em 1.000 kg de grãos.ha⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste experimento verificou-se a predominância do crestamento foliar de cercospora, doença causada pelo fungo *Cercospora kikuchii*.

A doença manifestou-se através de sintomas do tipo manchas foliares com halo amarelado menos pronunciados que ao coalescerem, promoveram a queda das folhas. Os sintomas descritos anteriormente, foram identificados após o uso da irrigação, indicando a necessidade de chuvas no período reprodutivo da soja para a manifestação do patógeno específico deste experimento.

Segundo informações pessoais obtidas com Reis (2007), o mesmo observou em análises laboratoriais da UPF, que em isolamentos de patógenos enviados nas amostras de folhas de soja, que na fase reprodutiva da cultura dificilmente constatou-se a presença de *Septoria glycines*, registrando-se na maioria dos casos *C. kikuchii* e *Colletotrichum truncatum*.

A presença predominante do patógeno *C. kikuchii* atribuiu-se à irrigação implementada na área experimental, sendo que nas condições ambientais naturais (Figura - 3) não houve condições da manifestação desta doença.

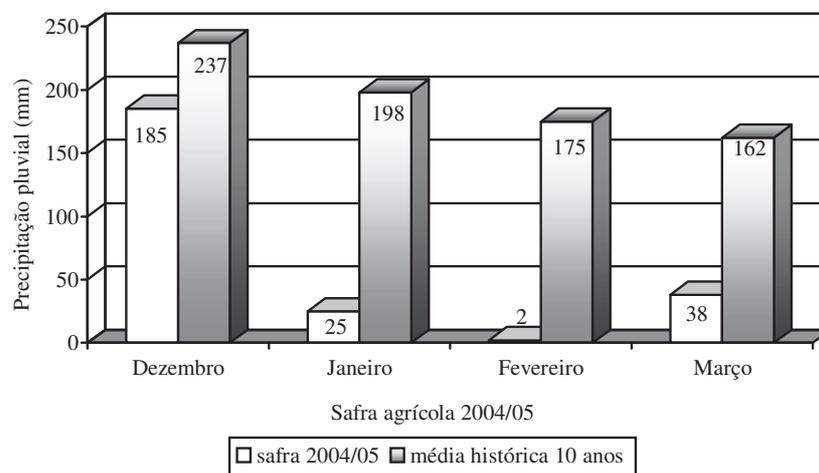


Figura 3 – Comparativo de precipitação pluvial ocorrida nos meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março na safra agrícola 2004/05 e média de 10 anos em Não Me Toque - RS.

Observou-se que esta condição climática verificada, foi desfavorável a ocorrência da doença, visto ser exigência, associar-se precipitações pluviais ao estágio reprodutivo da cultura como sendo as condições determinante para a ocorrência de epidemias.

A irrigação foi empregada à taxa de 7,0 mm diários, condição esta adotada por relatos de Doorenbos & Kassan (1994), que afirmam que esta quantidade de água é necessária para o bom desenvolvimento e formação dos grãos da soja no período reprodutivo da cultura, situação esta verificada sob condições médias de evapotranspiração e condições de capacidade de campo adequadas.

A taxa de progresso da doença foi determinada a partir da primeira aplicação do fungicida nas parcelas e avaliadas a cada sete dias de intervalo (Figura - 4), indicando 43% de incidência final.

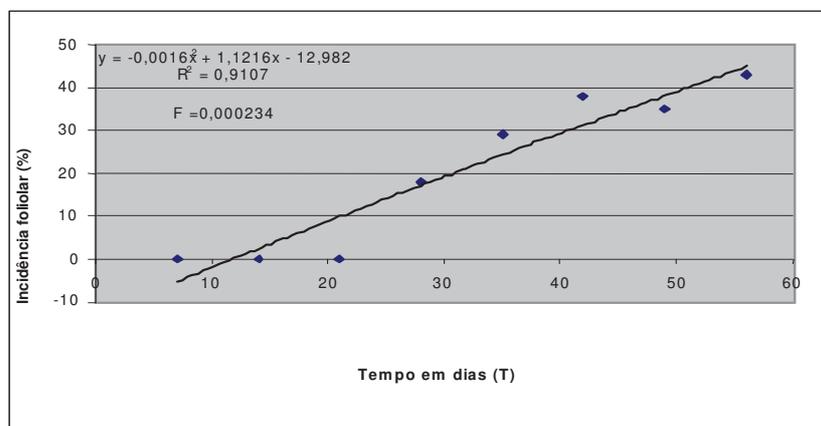


Figura 4 - Curva de progresso do cretamento de cercospora causados por *Cercospora kikuchii* no cultivar BRS-154, instalado no experimento em Não Me Toque durante a safra agrícola 2004/2005, sendo I = incidência; T = tempo em dias.

A taxa de progresso acima descrita, foi verificada na parcela testemunha para expressar a evolução da doença nas condições empregadas ao experimento.

As aplicações iniciais do fungicida foram realizadas sem a presença dos sintomas da doença, uma vez que o tratamento inicial indicava o estágio reprodutivo R1 para os tratamentos a serem empregados no experimento. Sob as condições de irrigação, a doença manifestou-se a partir do estágio reprodutivo R5.3. (FEHR & CAVINESS, 1984).

O efeito resultante dos tratamentos no rendimento dos grãos (Tabela - 3), propiciou um incremento máximo de 40% na produtividade relativo à testemunha.

Tabela 3 – Efeito dos tratamentos no rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na cultivar BRS 154, em experimento realizado durante a safra agrícola 2004/05 em Não Me Toque (RS)

Tratamentos	Doses de tebuconazole ($\text{ml}\ \text{ha}^{-1}$)				Média
	0	300	400	500	
(A) florescimento	1.240 E	1.320 CD	1.458 BC	1.380 CD	1.349 b
(B) florescimento + 20 dias	1.240 E	1.458 BC	1.740 A	1.638 AB	1.519 a
(C) florescimento + 20 dias + 20 dias	1.240 E	1.276 CD	1.500 BC	1.456 BC	1.368 b
Média	1.240	1.351	1.566	1.491	

CV (%): 6,72

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

A melhor resposta no rendimento (R) de grãos foi quando aplicou-se o fungicida tebuconazole na dose de $400\ \text{ml}\cdot\text{ha}^{-1}$ no florescimento da soja (estádio R1) com a repetição de mais uma aplicação do mesmo ativo no intervalo de 20 dias, diferindo-se estatisticamente dos demais tratamentos.

A fitotoxicidade atribuída às doses maiores, quando do uso de tebuconazole na fase reprodutiva da soja, não foram observadas no campo, atribuindo-se esta condição ao volume pluvial empregado pela irrigação.

Obtidas as funções de dano (Tabela - 4) para o crestamento de cercospora através da incidência foliolar, calculou-se o LDE para se determinar o momento racional para o início do controle desta enfermidade.

Tabela 4 – Equações e funções de dano obtidas para o crestamento de cercospora em soja através de incidência foliar (I) no cultivar BRS 154 em Não Me Toque na safra 2004/05

Estádios Fenológicos	Equações	Funções	R ²	r	Prob.
R5.3*	Y = 1460,1 – 39,646 x	R = 1000 – 27,153 I	0,756	-0,87	0,00023
R5.5	Y = 1399,6 – 14,143 x	R = 1000 – 10,105 I	0,617	-0,785	0,00248
R6	Y = 1361,6 – 10,857 x	R = 1000 – 7,974 I	0,633	-0,796	0,00197

* Fonte: XXXIV Reunião de Pesquisa de soja da Região Sul – 25 a 27 de julho de 2006 – Pelotas/RS [RITCHIE et al., 1996 (adaptado por J. T. YORINORI, 1996)].

Utilizou-se a fórmula e os seguintes parâmetros para o cálculo do LDE:

$$ID = [Cc / [P.p. * Cd)] * Ec, \text{ onde:}$$

ID = intensidade da doença para início do controle;

Pp = preço da soja R\$ 476,00 t⁻¹

Cc = custo de uma aplicação/ha R\$ 85,00 (aplicação terrestre + fungicida);

Cd = coeficiente de dano 0,0815 (para um Rp de 3,0 t);

Ec = eficiência do controle 85%.

Rp = rendimento potencial de 3,0 t/ha

$$ID = 85 / (476 * 0,0815) * 0,85 = 1,9I$$

Utilizou-se para este cálculo a função R = 1000 – 27,153 I, com o valor mais significativo R² = 0,756. Neste caso o cálculo do LDE foi baseado num rendimento de grãos de 1000 kg de grãos por hectare.

O maior rendimento obtido no experimento (tratamento B na dose de 400 ml.ha⁻¹), pode ser explicado pela pressão da doença que ocorreu a partir do estágio fenológico R5.3, estágio este no qual as aplicações inclusas no tratamento

No campo, em lavouras comerciais, não se observou retorno econômico benéfico da aplicação de fungicidas na safra 2004/05. Isso pode ser explicado principalmente pela ocorrência de estresse hídrico verificado na região criando condição desfavorável ao desenvolvimento das DFC. Esse fato é mais uma evidência de que a ocorrência e intensidade das DFC não dependem do estágio fenológico da cultura, mas sim de outros fatores determinantes de doenças (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996).

Os resultados, comparados aos relatados por Balardin (2002), confirmam as mesmas observações, na qual a precipitação pluvial acima da normal, determina uma resposta significativa dos fungicidas no controle das DFC na cultura da soja. Esta também é uma evidência de que este grupo a ocorrência e intensidade das DFC é mais dependentes de outros fatores do que do estágio fenológico.

A antecipação do controle para o estágio R1, encontram neste experimento algumas indagações que devem ser pertinentes no momento da decisão do uso de controle químico quando o alvo for DFC em soja, ou seja: caso não ocorram precipitações pluviais no estágio reprodutivo da cultura durante a safra, os tratamentos podem não ser viáveis economicamente, visto não ter probabilidade de incrementos no rendimento de grãos.

Para otimizar o controle de *C. kikuchii* em soja, sugere-se implementar a cultura preferencialmente em áreas de rotação, para

reduzir o potencial de inóculo, visto que, como prática isolada não foi suficiente para eliminar a presença do patógeno na área. Da mesma forma é necessário monitorar-se a precipitação pluvial durante todo o ciclo da cultura, visto que, pelo baixo índice expresso pelo LDE neste experimento, aumenta-se o risco da decisão tomada em um único critério indicador para o início do controle químico.

O equilíbrio nutricional da planta e o manejo do sistema de produção, são apontados por Hoffmann (2003) como auxílio para a tomada de decisão e riscos aos quais a soja pode ser atacada pelas DFC, na qual criou-se um sistema de pontuação de notas para expressar qual a possibilidade da intensidade da doença se manifestar.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

a) observou-se que o aumento da taxa de progresso de *Cercospora kikuchii* somente ocorreu após a utilização de irrigação às parcelas constantes neste experimento;

b) os danos de 40% foram significativos no rendimento final de grãos, confirmando-se a relação inversa entre a taxa de progresso de doença e a produtividade das parcelas;

c) com as equações de dano obtidas, obteve-se um LDE de 4% de incidência foliolar para determinar o início do controle de *C. kikuchii* em soja, na safra 2004/05;

d) as antecipações de controle químico para o início do florescimento (baseada em estágio fenológico) sem a presença sintomatológica da doença (aplicações preventivas), podem

determinar aplicações desnecessárias (Custo de R\$ 85,00/ha/aplicação) aumentando o custo de produção, uma vez que, se não ocorrerem chuvas no período reprodutivo, a doença não aumenta de intensidade;

e) o uso do LDE como ferramenta isolada para a tomada de decisão para o controle de DFC em soja é muito arriscada, devendo-se utilizar também, a sistemática de pontuação, sugeridas por Hoffmann (2003).

CAPÍTULO IV

MODELO DE PONTO CRÍTICO PARA A QUANTIFICAÇÃO DE DANOS CAUSADOS PELO PATOSSISTEMA FERRUGEM EM SOJA

FERNANDO GERALDO MARTINS

RESUMO – Ensaio de campo foi conduzido na safra de soja 2005/06 no Centro de Difusão de Tecnologias da Cotrijal em Não Me Toque/RS, utilizando-se a cultivar CD 219 teve como objetivo gerar o gradiente da ferrugem e do rendimento de grãos da soja e estabelecer a relação entre o rendimento e a intensidade foliolar da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). Para gerar o gradiente da doença foi utilizado como ferramenta o fungicida tebuconazole nas doses de 0, 300,400 e 500 ml.ha⁻¹ do produto comercial, aplicando-se cada dose uma, duas e três vezes. Observou-se a periodicidade semanal das avaliações, que iniciaram após o tratamento realizado no estágio fenológico R1. Em cada ação patométrica foram removidas as ramificações laterais das plantas, destacando-se apenas os folíolos centrais da haste principal, utilizando-se quatro plantas por parcela. Determinou-se a incidência foliolar e a severidade da doença, bem como o rendimento de grãos. O maior rendimento foi de 3.120 kg.ha⁻¹ (R), com um diferencial de 28% em relação à testemunha com incidência foliolar final de 89%. O Limiar de dano econômico (LDE) calculado foi de 7% de incidência para as condições ocorridas na safra de soja 2005/06, expressa pela função de dano $R = 1000 - 8,2174 (I)$.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*, controle químico, limiar de dano econômico

DEVELOPMENT OF A CRITICAL YIELD POINT MODEL TO ESTIMATE THE DAMAGE CAUSED BY THE PATHOSYSTEM ASIAN RUST IN SOYBEAN

ABSTRACT – A field experiment was carried out in the 2005/06 soybean growing season in the Center of Diffusion of Technologies of the Cotrijal in Não Me Toque RS, using the cultivars CD 219. To generate disease gradient and grain yield to establish the relationship between the grain yield and foliar intensity of the rust (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow) were the objectives of this work. The fungicide tebuconazol was used at the rates of 0, 300, 400 and 500 ml.ha⁻¹ of the commercial product, being applied each rate once, twice and three times to generate disease gradient. Disease assessment was performed at weekly intervals that began after the treatment applied in the phenologic stage R1. In each pathometric determination the lateral branches of the plants were removed in four plants sampled per plot. All central leaflets of the main stem were removed and evaluated disease incidence and severity. The highest grain yield was 3.120 kg.ha⁻¹ (R), with a calculated damage of 28% in relation to the check treatment with a final incidence (I) of 89%. The economic damage threshold (LDE) calculated was 7% of leaflet incidence expressed by the damage function $R = 1000 - 8,2174 (I)$.

Key Words: asian soybean rust, chemical control, economic damage threshold.

INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a cultura agrícola de maior expressão econômica ao Brasil. A área cultivada com soja na safra 2004/05 foi de 22,3 milhões de hectares, com produção de 61,4 milhões de toneladas e produtividade de 2,75 t/ha (CONAB, 2005).

A cultura desta oleaginosa é atacada por inúmeras doenças fúngicas, bacterianas, virais e nematoses. Dentre as doenças fúngicas merece destaque a ferrugem asiática, causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow considerada a moléstia mais destrutiva da cultura com danos que podem chegar a 80% (CALDWELL & LAING, 2002).

A primeira constatação da ferrugem asiática na América do Sul foi feita por Morel em 2001, e no Rio Grande do Sul, na safra 2002 (Reis et al., 2002). Nos Estados Unidos, o maior produtor mundial de soja, em Outubro de 2004 foi detectado os primeiros focos de ferrugem da soja segundo fontes do USDA (2004).

Nas últimas três safras brasileiras de soja, a ferrugem asiática se fez presente na maioria das regiões produtoras (Yorinori, 2002 e 2004).

Relatos da safra 2005/06 apontam, por exemplo, que no Centro Oeste brasileiro ocorreram diversas situações de ocorrência da ferrugem, desde lavouras que receberam duas até cinco aplicações de fungicida. Este número elevado pode ser atribuído a falta de critério cientificamente definido para indicar o momento da primeira aplicação (HOFFMANN, 2003). Na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, na safra 2001/2002, os danos atribuídos à ferrugem atingiram até 48% (BALARDIN, 2002). No mesmo período, no

Brasil, os danos variaram de 30 a 75% em lavouras comerciais (YORINORI, 2004). O dano elevado deve-se à rápida e severa desfolha que a doença causou nas plantas, interrompendo o processo de enchimento de grãos. Em casos de severidade elevada, se a doença ocorrer na fase de formação dos legumes, estes também podem cair, elevando o percentual de danos (YORINORI, 2004).

Atualmente, os cultivares disponíveis no Brasil não apresentam resistência à ferrugem, sendo o controle químico, por isso, largamente empregado.

O controle genético não apresenta nível satisfatório de resistência, devido a recente presença desta doença no cenário agrícola nacional, mas principalmente por *P. pachyrhizi* possuir diversas raças com genes múltiplos de virulência. Esta variabilidade patogênica, determinam quebra de resistência em cultivares que já possuem esta característica.

Genes de resistência à ferrugem, denominados de Rpp₁, Rpp₂, Rpp₃ e Rpp₄ já foram identificados em linhagens selvagens de soja, abrindo a possibilidade para o desenvolvimento de resistência em cultivares comerciais.

Outras medidas que auxiliam no manejo da doença são a utilização de cultivares de ciclo mais curto e a realização de semeaduras no início do período recomendado (BALARDIN, 2002; REIS & BRESOLIN, 2004; YORINORI, 2004).

A identificação da doença precocemente também é importante para uma correta diagnose do problema. Entretanto, a ferrugem pode ser facilmente confundida com outras doenças como o crestamento bacteriano, pústula bacteriana e mancha parda .

A diferença básica da ferrugem é a erupção das uredíneas fáceis de serem identificadas com lupa de >20 aumentos, diferenciando-se das demais ferrugens pela cor da esporulação, penetrar o hospedeiro diretamente pela epiderme e originar lesões necróticas contendo várias urédias.

Para recomendar o uso de fungicidas de forma segura e confiável, viabilizando técnica e economicamente sua aplicação, é necessário saber o custo do controle químico. Segundo Alceu Richetti (2006), o custo correspondente a uma aplicação de fungicida pode variar de 5 a 7% do custo total de produção, correspondendo ao valor médio de 1,8 a 2,7 sacas de soja à preços praticados no balcão de comercialização.

Estes valores se comparados aos atuais, revelam um acréscimo no custo de produção para 3,4 sacas de soja, principalmente este relacionado ao aumento no óleo combustível.

Um critério opcional indicativo do momento para a aplicação de fungicidas é o limiar de dano econômico (LDE). Os danos causados por uma doença podem ser expressos através de funções matemáticas. Equações de danos, para a ferrugem da soja, foram desenvolvidas por Hartman et al. (1991), em Taiwan, sendo a função mais significativa expressa como $y = 113,32 - 0,83 x$ ($R^2 = 0,93$), onde y é a porcentagem de rendimento em parcelas protegidas com fungicidas, e x é a porcentagem da área foliar infectada, geradas pela aplicação de fungicidas em diferentes doses e estádios fenológicos. Hartman, Wang e Tchanz (1991) relatam que a severidade da ferrugem aumenta durante o estágio fenológico de enchimento de grãos.

O presente trabalho teve como objetivos: (a) determinar a taxa de progresso da intensidade foliar da ferrugem da soja; (b) gerar o gradiente da doença e o rendimento de grãos; (c) estabelecer a relação entre o rendimento de grãos com a intensidade foliar da moléstia gerando equações segundo o modelo de ponto crítico; e (d) com o coeficiente de dano obtido possibilitar o cálculo do limiar de dano econômico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no município de Não Me Toque, região fisiográfica do planalto riograndense, localizado a 28° 28' 23'' de latitude S e 52° 47' 58'' de longitude O, a 503 metros de altitude. O experimento foi conduzido na safra 2004/05, instalados em semeadura direta sob rotação de culturas com milho, antecedido de palha de aveia rolada dessecada com glifosato. As parcelas constaram de sete linhas espaçadas a 0,45m com 5 metros de comprimento. O delineamento experimental foi constituído de blocos ao acaso com três repetições.

Foram comparados dez tratamentos, equivalentes ao início de controle com fungicida, assim compreendidos: a) tratamento A: no estágio inicial de florescimento da soja (estádio fenológico R1); b) tratamento B: aplicações com fungicida realizada em R1 e uma segunda aplicação do mesmo fungicida aplicado com intervalo de 20 dias da primeira aplicação; c) tratamento C: aplicação realizada no início do florescimento (R1), segunda aplicação 20 dias após a primeira e uma terceira aplicação 20 dias após a segunda; d)

tratamento D: parcela testemunha ou tratamento zero, onde não foi utilizado fungicida ao controle de doenças. A cada um destes tratamentos, utilizou-se o fungicida tebuconazole na dose de 300, 400 e 500 ml.ha⁻¹ para cada um dos tratamentos especificados acima (tratamentos A, B e C).

Na semeadura, utilizou-se a cultivar CD 219, sendo realizada no dia 22/11/2005 na densidade de 55 kg.ha⁻¹ com população de 12 plantas.m², após realização da dessecação da cobertura de inverno.

Foram utilizadas adubações de N, P e K, de acordo com análise de solo, sendo as condições de campo mantidas normais quanto a umidade do solo.

Para a aspersão do fungicida, foi utilizado um pulverizador costal manual de precisão, sob pressão constante de 30 lb.pol² gerada por gás carbônico, constituído de barra de pulverização equipado com pontas do tipo TJ60-110.03 que espaçadas a 0,50m entre si, geraram um volume de pulverização de 160 l.ha⁻¹.

A incidência da ferrugem da soja verificada no experimento, foi quantificada segundo metodologia sugerida por REIS et al. (2001), considerando-se sintomática o folíolo que apresentou erupções de pústulas da ferrugem, identificadas pelo uso de lupa de aumento > 20x, bem como, com auxílio do aparelho Scope de projeção de imagem com 200x de aumento na tela do computador, ficando assim claramente evidenciado a sintomatologia da doença, causada por *P. pachyrhizi*. Foram amostradas quatro plantas por parcela, utilizando-se as linhas 2 e 6 para este procedimento, evitando-se as bordaduras da parcela.

As avaliações foram realizadas semanalmente após o início da primeira aplicação do fungicida, sendo removidas as ramificações laterais de cada planta, destacando-se apenas os folíolos centrais da haste principal. Foi determinada a incidência foliolar em cada época de avaliação.

A produtividade dos grãos foi determinada pela colheita das linhas centrais da parcela (3, 4 e 5) em área representativa de 3,0 m², sendo as amostras colhidas e posteriormente trilhadas com a umidade corrigida para 13%; os dados são apresentados em kg.ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o procedimento PROC GLM (General Linear Models Procedure) do programa estatístico SAS 6.0 (Statistic Analysis System) (SAS, 1995), obtendo-se também a significância do modelo pelo teste F a 5% de probabilidade (P<0,05), a estimativa do intercepto da reta (b), o coeficiente angular (a) e o coeficiente de determinação (R²), o qual este último possibilitou calcular o coeficiente de correlação (r) para cada equação. Em seguida as equações foram ajustadas em funções de dano e expressas para uma lavoura com estimativa de rendimento em 1.000 kg de grãos.ha⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ferrugem da soja foi predominante no experimento, visto as condições climáticas não terem propiciado condições para as demais doenças foliares da cultura terem ocorrido (Figura - 5).

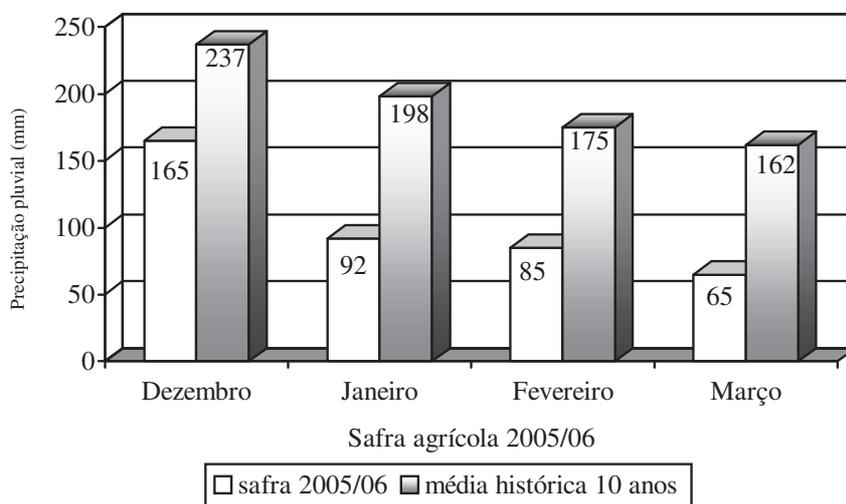


Figura 5 – Precipitação pluvial nos meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março, na área experimental da Cotrijal (Cdtec) em Não Me Toque (RS), comparando-se a safra de soja 2005/06 e a média de 10 anos ocorridas no mesmo período.

A frequência de chuvas verificadas no final de mês de Fevereiro e início de Março, associadas a temperaturas amenas (faixa de 22°C) noturnas com presença de orvalho matinal, propiciaram condições para a ocorrência da ferrugem da soja no estágio R5.4. deste experimento.

A taxa de progresso da doença foi determinada a partir do início da primeira aplicação dos tratamentos, avaliações iniciadas em R1 (FEHR & CAVINESS, 1984) e repetidas a cada sete dias de intervalo (Figura 6).

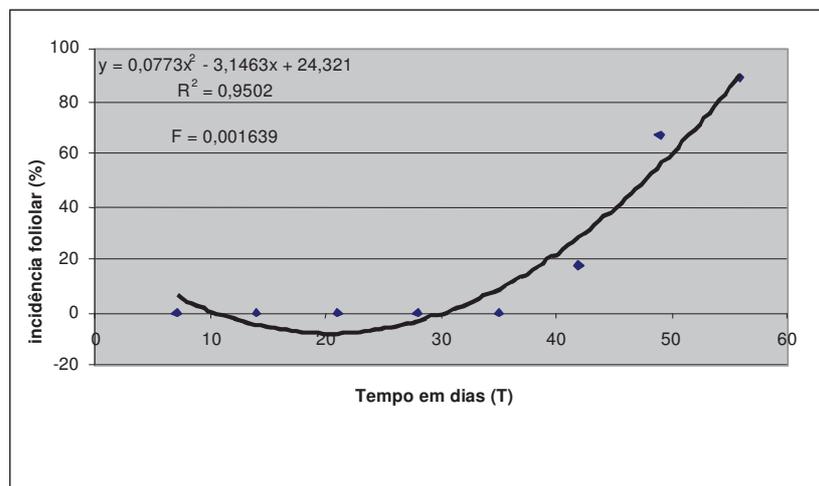


Figura 6 – Curva de progresso da ferrugem da soja no cultivar CD-219 em Não Me Toque, 2005/2006.

A incidência inicial da doença ocorreu no estágio R5.3, não evoluindo nos primeiros dias após sua detecção, devido a um período climático desfavorável, principalmente devido a falta de molhamento foliar.

Após a retomada da evolução da doença, constatou-se no tratamento testemunha uma incidência foliar final de 68%, num período compreendido de 14 dias apenas, o que revela a agressividade da doença.

Este relato ressalta a importância da detecção do patógeno no seu início, visto que a agressividade pode tornar-se preocupante, principalmente se ocorrer em estágios mais precoces da cultura (Vn).

Percebeu-se a desfolha rápida do terço inferior da planta, motivados claramente pela falta de deposição de produtos nesta área,

fundamentados hoje pela necessidade de ampliar estudos na área de tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, principalmente no que refere-se a pontas de pulverização com boa penetração no dossel das plantas. Esta penetração também deve-se atentar ao número de gotas produzidas por estas pontas, sendo perfeitamente identificados através de papéis hidrossolúveis a diferença existente entre as mesmas.

O efeito resultante dos tratamentos (Tabela - 5) aplicados ao experimento demonstrou que o uso de tebuconazole propiciou incrementos no rendimento de grãos e foi eficaz no controle da doença.

Os danos atribuídos a situação caracterizada neste experimento, foi de 28% se comparados ao melhor rendimento de grãos obtido com a parcela testemunha.

Observou-se que nas parcelas de menor rendimento a diferença básica que afetaram o rendimento final foi a qualidade dos grãos produzidos.

Tabela 5 - Efeito dos tratamentos no rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na cultivar CD 219, em experimento realizado durante a safra agrícola 2004/05 em Não Me Toque (RS)

Tratamentos	Doses de tebuconazol				Média
	0	300 ml.ha ⁻¹	400 ml.ha ⁻¹	500 ml.ha ⁻¹	
(A) florescimento	2.430 E	2.656 DE	2.958 B	2.640 CD	2.671 a
(B) florescimento + 20 dias	2.430 E	2.40 DE	3.120 A	2.898 BC	2.772 a
(C) florescimento + 20 dias + 20	2.430 E	2.716 CD	2.676 DE	2.520 DE	2.586 b
Média	2.430	2.670	2.918	2.686	

CV (%): 3,98

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

As doses maiores produziram sintomas de fitotoxicidade, acentuando-se na dose de 500 ml.ha⁻¹, principalmente quando verificada em mais de uma aplicação, condição esta empregada nos tratamentos B e C. Esta fitotoxicidade foi devida principalmente por temperaturas elevadas durante o dia, com baixa umidade relativa e insolação direta.

O critério indicador para o início de controle da ferrugem da soja é de 5% de incidência segundo a Reunião de pesquisa da soja da região sul (2006), critério este baseado em observações pessoais, portanto de fundamentação empírica, uma vez que ao mesmo processo não levou-se em consideração cálculos dos custos do controle e os danos ou perdas causados pela doença.

Embora eficiente quando bem aplicados, os fungicidas aumentam o custo de produção, requerendo para tanto conhecimento dos princípios ativos a serem utilizados nos momentos de ocorrência da doença, associados à forma como os mesmos serão aplicados (tecnologia de aplicação) e o momento para o controle.

De acordo com as equações de dano desenvolvidas neste experimento (Tabela - 6), calculou-se o LDE para a ferrugem da soja na safra 2005/06.

Tabela 6 - Equações e funções de dano obtidas para ferrugem da soja através da incidência foliar em três avaliações para a cultivar CD 219. Não-Me- Toque,RS, Safra 2006

Estádio fenológico*	Equações	Funções	R ²	r	Prob.
R5.4	Y = 2588,9 – 21,274 x	R= 1000 – 8,2174 I	0,743	-0,862	0,0003
R5.5	Y = 2514,6 – 12,452 x	R= 1000 – 4,9519 I	0,663	-0,814	0,0012
R6	y = 2442,5 – 8,229 x	R= 1000 – 3,3691 I	0,40	-0,633	0,0272

fonte: XXXIV Reunião de Pesquisa de soja da Região Sul – 25 a 27 de julho de 2006 – Pelotas/RS [RITCHIE et al., 1996 (adaptado por J. T. Yorinori, 1996)].

Utilizou-se a fórmula e os seguintes parâmetros para o cálculo do LDE:

$$ID = [C.c. / [P.p. * Cd)] * Ec, \text{ onde:}$$

ID = intensidade da doença para início do controle;

Pp = preço da soja, R\$ 476,00 t⁻¹

Cc = custo do controle, R\$ 85,00 (aplicação terrestre + fungicida);

Cd = coeficiente de dano, 0,021;

Ec = eficiência do controle de 90%.

Como exemplo de cálculo do LDE foi utilizado-se a função $R = 1000 - 8,2174 I$ ($R^2 = 0,743$). O valor obtido foi ID de 7% de incidência foliar.

Evidenciou-se neste trabalho que o controle da ferrugem depende de dois fatores fundamentais: identificação precoce da doença, independente de estágio fenológico, e a implementação rápida do controle químico após esta identificação. Para isso, pode ser utilizado o critério do LDE viabilizado neste trabalho.

O LDE não é ferramenta única como critério indicador do momento para o início do controle da ferrugem da soja., necessitando a mesma sempre estar acompanhada de sistemas de aviso baseado em modelos climáticos, que visem principalmente prever a ocorrência de períodos críticos de infecção e evolução da enfermidade no campo.

CONCLUSÕES

Os resultados aqui obtidos permitem concluir-se que:

- a) as avaliações periódicas da intensidade da doença permitiram gerar a curva de progresso da ferrugem da soja;
- b) gerou-se o gradiente da doença e estabeleceu-se a relação inversa com o rendimento de grãos, estimando danos de 28% se comparados o maior rendimento obtido com aplicação de fungicida à parcela testemunha;
- c) gerar a equação da função para uso no cálculo do LDE;

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1 - As aplicações de fungicidas visando ao controle do complexo de doenças foliares da cultura da soja, podem ser realizadas baseadas no critério LDE;

2 - É importante a diagnose precoce e segura das doenças, para que as aplicações sejam realizadas no LA, uma vez que nesse valor o controle é mais eficiente.

3 - É importante a utilização do controle químico racional baseado em critério científico, alternando-se grupos químicos e adotando controle cultural (rotação de culturas, ciclo dos cultivares, época de semeadura, espaçamento, adubação, níveis de potássio no solo, entre outras), fatores estes que contribuirão no controle eficaz do patógeno e redução no potencial de inóculo.

4 - Simultaneamente ao controle químico, esforços devem ser despendidos para a busca da melhoria da eficiência no controle como a melhoria na tecnologia de aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINI, V. A.; VIEIRA, R. S.; TOZZO, F. & FORCELINI, C. A. Avaliação de fungicidas para o controle de oídio *Microspheera diffusa*, em soja. In: Mostra de Iniciação Científica, 9^a, *Resumo*: Passo Fundo: UPF,1999. p. 164.
- AGRIOS, G. N. *Plant Pathology*. 4 th ed. San Diego: Academic Press, 1997, p. 43 - 62.
- ALEXOPOLUS, C. J.; MIMS, C. W. & BLACKWELL, C. M. *Introductory Mycology*. 4 th ed. New York: Eastern LTDA. 1996, 862p.
- ALMEIDA, A.M.R., FERREIRA, L.P., YORINORI, J.T., SILVA, J.F.V. & HENNING, A.A. Doenças da soja. In: KIMATI, H., AMORIM, L., BERGAMIM FILHO, A., CAMARGO, L.E.A. & REZENDE, J.A.M. (Eds). *Manual de Fitopatologia Vol 2: Doenças de plantas cultivadas*. São Paulo: Agronômica Ceres. 1997. p. 642-664.
- AMORIM, L. *Avaliação de Doenças*. In: BERGAMIN FILHO, A., KIMATI, H. & AMORIM, L. (ed.) *Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1995, v.1, cap. 32, p. 645-671
- ANDRADE, P.J.M., ASMUS, G.L. & CAVALCANTI, A. G. Resposta de seis variedades de soja à aplicação aérea de fungicidas para o controle de doenças de final de ciclo. *Fitopatologia Brasileira*, v. 20, p.358. 1995.
- BALARDIN, R.S. Danos causados por doenças de final de ciclo na cultura da soja. In: Encontro brasileiro sobre doenças da cultura da soja, 2^o, *Resumo*: Passo Fundo: Aldeia Norte, 2002 p. 61 – 70.
- BERGAMIN FILHO, A.; LOPES, D. B. *Avaliação dos danos causados por doenças de plantas*. Revisão Anual de Patologia de Plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres 1995. v.3, p. 133-184.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. *Doenças de plantas tropicais: Epidemiologia e controle econômico*. São Paulo: Ceres, 1996. 299p.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. *Manejo de fitopatossistemas: conceitos básicos*. In: BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM L. *Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996.

CALDWELL, P. & LAING, M. *Soybean rust – A new disease on the move*. 2002. Capturado na internet (site: <http://www.aphis.usda.gov>).

CEPEA: título disponível em: esalq.usp.br/agromensal/soja.htm.

CONAB: título disponível em: *Previsão e acompanhamento da safra 2006/07*. Quinto levantamento. www.conab.gov.br. 2007

CANTERI, M. G., DALLA PRIA, M., AMORIM, L., BERGAMIN FILHO, A. Uso de radiômetro de múltiplo espectro para quantificar danos. *Fitopatologia Brasileira*. v. 21 p. 350, 1996.

CANTERI, M. G. *Uso de medidas da área foliar sadia e refletância no manejo da mancha angular do feijoeiro*. Piracicaba, 1998. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros” - Universidade de São Paulo.

DORENBOS, J.; KASSAM, A. H. *Efeito da água no rendimento das culturas*. Campina Grande: UFPB. FAO. Estudos: Irrigation and drainage, 194., Crop response to watter. FAO. Roma, 1979.

DOSS, B. D.; PEARSON, R. W.; ROGERS, H. T. *Effect of soil water stress at various growth stages on sc* *Agronomy Journal*, Revista Brasileira de Agrometereologia. V6, n.2, p.297-299, 1974.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Tecnologia de produção da soja – Região Central do Brasil, 2003. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste; Embrapa Soja/ Sistemas de Produção 1, 2002.

FEHR, W. R. & CAVINESS, C. E. *Stage of soybean development*. 12p. (Iowa State University: Cooperative Extension Service. Special report, 1980).

FORCELINI, C.A.; LOPES, A.L.; BORTOLIN, D. & WEBBER, R. *Resposta de cultivares de soja ao controle químico de doenças foliares em diferentes épocas de aplicação*. Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul. Atas e Resumos: Cruz Alta: Fundcep, 2002. p. 100.

FREDERICK, R. D.; SCHNEIDER, C. L.; PETERSON, G. L.; BONDE, M. R. *Detection and discrimination of the soybean rust pathogens *Phakopsora pachyrhizi* and *Phakopsora vittricola* using PCR (abstr.)* *Phytopatology*. n 90, (Supply): 325.

GAUNT, R. E. A mechanistic approach to yield loss assessment based on crop physiology. In: Teng, P. S. (Ed.) *Crop loss assessment and pest management*. APS Press, 1987. p. 150-159.

GAZZONI, D. L. & YORINORI, J. T. *Manual de identificação de pragas e de doenças da soja*. Brasília, EMBRAPA-SPI, 1995.

HARTMAN, G. L.; WANG, T. C.; TCHANZ, A. T. *Soybean rust development and the quantitative relationship between rust severity and soybean yield*. *Plant disease*, v. 75, p.596-600, 1991.

HEWITT, H. G. *Fungicidas in crop protections*. CAB International, San Diego p.221. 1998. Chapter 4. Fungicide Performance.

HOFFMANN, L. L. *Controle de oídio e doenças de final de ciclo em soja*. Tese (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade de Passo Fundo. 2002.

HOFMANN, L. L.; *A incidência de fungos associadas com doenças de final de ciclo em soja*, *Fitopatologia Brasileira*, v.24 , p. 290, 2003.

JAMES, W.C. *A Manual of assessment keys of plant diseases*. Canadá Department of Agriculture Publication, N° 1458, 1971, 74p.

JAMES, W.C. & TENG, P.S. *The quantification of production constraints associated with plant diseases*. Applied Biology 4: 201-267. 1979.

JAMES, W.C., JENKINS, J.E.E. & JEMMETT, J.L. *The relationship between leaf blotch caused by Rhynchosporium secalis and losses in grain yield of spring barley*. In: Annals of Applied Biology, London, 1968, v. 62 273-288.

KIMATI, H.; BERGAMIN FILHO, A. *Princípios gerais de controle*. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. (Eds.). *Manual de fitopatologia: princípios e conceitos*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1995. p.692 - 709

MACHADO, A. Q.; CASSETARI NETO, D.; BONFANTI, J., HANEL, A.; MIGUEL, P. E., ANDARDE JR., E. R. *Avaliação do controle químico da ferrugem da soja no Estado do Mato Grosso*. Fitopatologia Brasileira, v. 28, p.S316, 2003 (suplemento).

MARCHIONATTO J.B., (1934). Las formas de conservación invernal de las “sarnas” del peral y del manzano. Revista argentina de Agronomía, Tomo 1: pag. 245- 247, 1994.

MIGNUCCI, J. S.; LIM, S. M. & HEPPELRY, P. R. *Effects of temperature on reaction of soybean seedlings to powdery mildew (Microsphaera diffusa)*. Plant Disease, v. 61, n. 2, p. 122-124, 1977.

MORAES, S. A. *Monitoramento das doenças foliares do amendoim e avisos climáticos para indicar a pulverização com fungicidas*. O Agrônomo, v.51, p23 - 32, 1999.

MOREL, W. *Roya de la soja*. Comunicado técnico – Reporte Oficial. Série Fitopatologia nº1 – Junho de 2001. Ministério de Agricultura y Ganaderia. Subsecretaria de Agricultura. Dirección de Investigación Agrícola. Centro de Investigación Agrícola (CRIA) Capitan Miranda, Itapúa, Paraguay.

MUNFORD, J. D. & NORTON, G. A. *Economic of decision making in pest management*. Annual Review Entomology v.29: 157 -174. 1984.

OGLE, H. J.; BYTH, D. E.; McLEAN, R. *Effect of rust (Phakopsora pachyrhizi) on soybean yield and quality in South-eastern Queensland*. Aust J. Agric. Res. 30:883-893. 1979.

PICININI, E. C. & FERNANDES, J. M. Controle de oídio e de doenças do final de ciclo na cultura da soja no ano agrícola de 1997/98. In: Embrapa Trigo. Soja, Resultados de Pesquisa 1997/1998. Passo Fundo: Embrapa Trigo, Documentos 51, 1998 p. 169-89.

PICININI, E. C. & FERNANDES, J. M. Controle de oídio e de doenças de fim de ciclo na cultura da soja, cultivar BR-16, no ano de 1997; Ensaio 1, Carazinho, RS. In: Embrapa Trigo. Soja, Resultados de Pesquisa 1997/1998. Passo Fundo: Embrapa Trigo, Documentos 51, 1998 p. 190-98.

REIS, E. & FORCELINI, C. A. *Manual de fungicidas: Guia para o controle de doenças de plantas*. Passo Fundo. Gráfica e Editora Pe. Berthier. 1994, p.111.

REIS, E.M.; CASA, R.T.; HOFFMANN, L.L. & MENDES, C.M. *Effect of leaf rust on wheat grain yield*. Fitopatologia 25:67-71. 2000.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; MICHEL, C. *Ocorrência de epidemia da ferrugem da soja no Rio Grande do Sul na safra 2001/2002*. Fitopatologia brasileira (suplemento). 2002.

REIS, E. M., HOFFMANN, L. L. & BLUM, M. M. C. *Modelo de ponto crítico para estimar os danos causados pelo oídio em cevada*. Fitopatologia Brasileira. v.14, p.74-78, 2002.

REIS, E. M. & BRESOLIN, A. C. R. *Ferrugem da Soja: revisão e aspectos técnicos*. In: REIS, E. M. & BORGES, L. D. (eds.) Doenças na cultura da soja. Passo Fundo, Aldeia Norte Editora, 2004.

Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 25., 1997, Passo Fundo. Recomendações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 1997/98. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997. p. 130.

Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 27., 1999, Chapecó. Recomendações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 1999/2000. Chapecó: Epagri, 1999.

Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 29., 2001, Porto Alegre. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2000/2001. Porto Alegre: Fepagro, 2001. p. 138.

Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 30., 2002, Cruz Alta. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2002/03. Cruz Alta: Fundacep, 2002.

Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 32., 2004, Passo Fundo. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2000/01. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004.

ROBERTS, D. A.; BOOTHROYD, C. W. *Na introduction to the principles of plant pathology*. In: ROBERTS, D. A.; BOOTHROYD, C. W. *Fundamentals of plant pathology*. 2nd ed. New York: W. H. Freeman, 1984.

ROUSE, D. I. *Use of crop growth-models to predict the effects of disease*. Annual Review of Phytopathology. University of Wisconsin, 1988.

SILVA, O. C. Dano e controle do complexo de doenças foliares da soja. II Encontro brasileiro sobre doenças da cultura da soja 20 a 21 de agosto de 2002, Aldeia Norte Editora – Passo Fundo p. 55 - 59, 2002.

SINCLAIR, J. B.; HARMAN, G. L. *Management of Soybean Rust*. Soybean Rust Workshop. Proceedings of the... College of Agricultural, consumer and Environmental Sciences, Urbana, 9-11 August, 1995.

SINCLAIR, J.B.; BACKMAN, P.A. eds. *Compendium of soybean diseases*. 3. ed. St. Paul: APS Press, 1989. p. 106.

TAKAMATSU, S., HIRATA, T. & SATO, Y. 1998. *Análise filogenética e estruturas secundárias preditas e transcritos internos do rDNA dos fungos causadores de oídios (Erysiphaceae)*. - Mycoscience 39:441 - 453.

TENG, P. S. & JOHNSON, K. B. *Analysis of epidemiological components in yield loss assessment*. In: KRANZ, J. & ROTEM, J. (ed.). *Experimental techniques in plant disease epidemiology*. Springer-Verlag, Hidelberg. 1988.

YORINORI, J. T. *Ferrugem da soja: ocorrência no Brasil e estratégias de manejo*. In: REIS, E. M. & BORGES, L. D. (eds.) *Doenças na cultura da soja*. Passo Fundo, Aldeia Norte Editora, 2004.

ZADOKS, J. C.; SCHEIN, R. D. *Epidemiology and plant disease management*. New York: Oxford University Press, 1979.

YORINORI, J.T. Management of foliar fungal diseases in soybean in Brazil. In: Copping, L.G.; Green, M.B. & Rees, R.T. eds. *Pest management in soybean*. London: Elsevier Applied Sciences, 1992. p. 185-95.

YORINORI, J.T. *Doenças fúngicas e anomalias da cultura da soja*. Londrina: Embrapa Soja, 2000. p. 61.

YORINORI, J.T. *Ferrugem da soja*. Londrina: Embrapa Soja, 2002.

YORINORI, J. T. *Ferrugem asiática da soja (Phakopsora pachyrhizi): ocorrência no Brasil e estratégias de manejo*. II Encontro brasileiro sobre doenças da cultura da soja. 20 e 21 de Agosto de 2002. Aldeia Norte Editora.

ZADOKS, J. C. & SCHEIN, R. D. *Epidemiology and plant disease management*. Oxford: Oxford University Press, 1979.

ZADOKS, J. C. *On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory*. Annual Review of Phytopathology, v.23, p. 455-473, 1985.

ZAMBOLIM, L. , VALE, F. X. ; COSTA, H. *Controle integrado de doenças de hortaliças*. Visconde do Rio Branco, Suprema Gráfica e Editora, 1997. 122p.

WAGGONER, P. E. & BERGER, R. D. *Defoliation, disease and growth*. Phytopathology. 1987.

WHETZEL, H.H.; HESLER, L.R.; GREGORY, C.T.; RANKIN, W.H. *Laboratory outlines in plant pathology*. Philadelphia: W.B. Saunders, 1925.

WHETZEL, H.H. *The terminology of phytopathology*. Proc. Int. Congr. Plant Sciences, v.2, 1929.

WIESE, M. V. *Compendium of wheat diseases*. 2nd ed. St. Paul. The American Phytopathological Society, 1987. p85.

WRATHER, J.A.; ANDERSON, T.R.; ARSYAD, D.M.; GAI, J.; PLOPER, L.D.; PORTA-PUGLIA, A.; RAM, H.H.; SCIMBATO, G. L. Soybean disease loss estimates for the Southern United States during 1992 and 1993. *Plant Disease*, St. Paul, v.81, n.1, p.107-110, 1997.

APÊNDICE

APÊNDICE - I

Fungicidas recomendados para o controle do oídio (modificada de
www.cnpso.embrapa.br)

Nome comum	Dose/ha		Agrupamento ³
	g de i.a. ⁻¹	l ou kg de p.c. ⁻²	
Azoxistrobina + ciproconazol	60 + 24	0,30	**
Carbendazim	250	0,50	*
Difenoconazole	37,5	0,15	**
Fluquinconazol	62,5	0,25	**
Flutriafol	50	0,40	**
Miclobutanil	62,5 - 125	0,25 - 0,50	**
Piraclostrobina + epoxiconazol	66,5 + 25	0,50	**
Tabuconazol	100	0,50	**
Tiofanato metílico	300 - 400	0,60 - 0,80	*
Trifloxistrobina + ciproconazol	56,2 + 24	0,30	**

¹ g i.a. - gramas de ingrediente ativo.

² l ou kg de p.c. - litros ou quilogramas de produto comercial

³ agrupamento realizado com base nos ensaios em rede para doenças da soja, safras 2003/04 e 2004/05.

(**) maior que 70% de controle; (*) de 60 a 70% de controle.

APÊNDICE - II

Fungicidas recomendados para o controle de doenças de final de ciclo
(modificada de www.cnpso.embrapa.br)

Nome comum	Dose/ha	
	g de i.a. ⁻¹	l ou kg de p.c. ⁻²
Azoxistrobina	50	0,20
Azoxistrobina + ciproconazol	60 + 24	0,30
Carbendazim	250	0,50
Difenoconazole	50	0,20
Flutriafol	100	0,80
Piraclostrobina + epoxiconazol	66,5 + 25	0,50
Tabuconazol	150	0,75
Tabuconazol	50	0,50
Tabuconazol	50	0,40
Tiofanato metílico	300 - 400	0,60 - 0,80
Tiofanato metílico + futriafol	300 + 60	0,60
Trifloxistrobina + ciproconazol	56,2 + 24	0,30

¹ g i.a. - gramas de ingrediente ativo.

² l ou kg de p.c. - litros ou quilogramas de produto comercial

APÊNDICE - III

Fungicidas recomendados para o controle da ferrugem da soja
(*Phakopsora pachyrhizi*) (modificada de www.cnpsa.embrapa.br)

Nome comum	Dose/ha		Agrupamento ³
	g de i.a. ⁻¹	l ou kg de p.c. ⁻²	
Azoxistrobina	50	0,20	*
Azoxistrobina + ciproconazol	60 + 24	0,30	***
Ciproconazol + propiconazole	24 + 75	0,30	***
Difenoconazole	50	0,20	*
Epoconazol	50	0,40	**
Fluquinconazol	62,5	0,25	*
Futriafol	62,5	0,50	***
Miclobutanil	100 - 125	0,4 - 0,5	**
Piraclostrobina + epoxiconazol	66,5 + 25	0,50	***
Tebuconazol	100	0,50	***
tetraconazol	50	0,50	***
Tiofanato metílico + flutriafol	300 - 60	0,60	***
Trifloxistrobina + ciproconazol	56,2 + 24	0,30	***

¹ g i.a. - gramas de ingrediente ativo.

² l ou kg de p.c. - litros ou quilogramas de produto comercial

³ agrupamento realizado com base nos ensaios em rede para doenças da soja, safras 2003/04 e 2004/05.

(***) - maior do que 86% de controle; (**) - 80 a 86% de controle e (*) 60 a 79% de controle.