

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

**EPIDEMIOLOGIA COMPARATIVA ENTRE A
FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E A FERRUGEM
DA FOLHA DO TRIGO**

VIRGÍNIA CRESTANI VIERO

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, abril de 2008

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

**EPIDEMIOLOGIA COMPARATIVA ENTRE A
FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E A FERRUGEM
DA FOLHA DO TRIGO**

VIRGÍNIA CRESTANI VIERO

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Forcelini

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, abril de 2008



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOPATOLOGIA



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

“Epidemiologia comparativa entre a ferrugem asiática da soja e a ferrugem da folha do trigo”

Elaborada por

Virginia Crestani Viero

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Agronomia – Área de Fitopatologia

Aprovada em: 14/04/2008
Pela Comissão Examinadora

Dr. Carlos Alberto Forcellini
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador

Dr. Vilsom Antonio Klein
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia

Dr. José Maurício Cunha Fernandes
Empresa Trigo

Dr. Mauro Antônio Rizzardi
Diretor FAMV

Dr. Marcelo Giovanetti Canteri
Universidade Estadual de Londrina

AOS MEUS AMADOS PAIS: IEDO E MARILENE

Pelo exemplo de amor incondicional,
dedicação, força e persistência...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus... pela vida.

À minha querida irmã Verônica... por tornar meus dias mais felizes e me ensinar o valor da verdadeira amizade.

Ao meu amado Juliano... pela paciência, compreensão, cumplicidade e amor.

À tia Ieda e a Nathi... meus “portos seguros” em Passo Fundo.

À toda a minha família... pelo estímulo e força sempre.

Ao professor Carlos Alberto Forcelini... pela orientação segura, exemplo profissional e, sobretudo, pela amizade.

Ao professor José Maurício Fernandes... pelas preciosas sugestões na elaboração do projeto.

À Universidade de Passo Fundo, em especial ao Programa de Pós-graduação em Agronomia... pela oportunidade de aprimoramento.

À CAPES... pela concessão da bolsa de estudos.

À todos os professores do PPGAgro... pelos ensinamentos e amizade.

À secretária Mari... pela atenção e prestatividade.

Ao Paulo e a Cinara... pela disponibilidade, colaboração e amizade.

À Camila e a Juliana... pelo auxílio na execução de alguns experimentos.

À todos os colegas e amigos do laboratório, em especial, a Mirella, Diego, Vânia, Franciely, Fernanda, Maria Fernanda, Mateus,

Tiago, Luciano, Douglas, Rudinei, Marta, Sandra, Ivete... pelo companheirismo e por tornar essa caminhada mais alegre.

Ao colega Éder...pelo auxílio na estatística.

À colega Gisele... pela disponibilidade, ajuda nas análises estatísticas e, sobretudo, pela amizade.

MEU MUITO OBRIGADA!!!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	12
ABSTRACT	15

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 Soja: produção e importância econômica.....	20
2.2 Ferrugem asiática da soja.....	22
2.2.1 Origem, histórico e distribuição.....	22
2.2.2 Importância econômica.....	23
2.2.3 Etiologia, taxonomia e morfologia do agente causal.....	26
2.2.4 Sintomatologia.....	29
2.2.5 Ciclo biológico e epidemiologia da doença.....	30
2.3 Trigo: Produção e importância econômica.....	31
2.4 Ferrugem da folha do trigo.....	33
2.4.1 Origem e histórico.....	33
2.4.2 Distribuição e importância econômica.....	34
2.4.3 Etiologia, taxonomia e morfologia do agente causal.....	36
2.4.4 Sintomatologia.....	37
2.4.5 Ciclo biológico e epidemiologia da doença.....	38
2.5 Controle das ferrugens.....	40
2.5.1 Controle genético.....	40
2.5.1.1 Resistência genética no controle da ferrugem da folha do trigo.....	40
2.5.1.2 Resistência genética no controle da ferrugem asiática da soja.....	43
2.5.2 Controle químico.....	45
2.5.2.1 Controle químico no manejo da ferrugem da folha do trigo.....	47
2.5.2.2 Controle químico no manejo da ferrugem asiática da soja.....	48
2.5.3 Medidas complementares de controle.....	49

2.6 Aumento da intensidade e dificuldades no controle das ferrugens.....	50
2.7 Epidemiologia.....	54
2.7.1 Epidemiologia comparativa.....	55
2.7.1.1 Porque comparar a ferrugem asiática da soja com a ferrugem da folha do trigo.....	60

CAPÍTULO II

EPIDEMIOLOGIA COMPARATIVA ENTRE A FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E A FERRUGEM DA FOLHA DO TRIGO: CONTROLE CURATIVO DE INFECÇÕES EM ESTÁGIO DE LATÊNCIA.....	62
Resumo.....	62
Abstract.....	63
1. INTRODUÇÃO.....	64
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	66
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
4. CONCLUSÕES.....	84

CAPÍTULO III

EPIDEMIOLOGIA COMPARATIVA ENTRE A FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E A FERRUGEM DA FOLHA DO TRIGO: RESIDUAL DE APLICAÇÕES PREVENTIVAS DE FUNGICIDAS.....	86
Resumo.....	86
Abstract.....	87
1. INTRODUÇÃO.....	88
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	90
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	95
4. CONCLUSÕES.....	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
CAPÍTULO II		
1	Número de lesões, urédias e esporos produzidos por cm ² de área foliar após aplicações curativas de fungicidas aos sete dias após a inoculação e contabilizados aos 12 dias após a inoculação nos patossistemas <i>P. triticina</i> -trigo e <i>P. pachyrhizi</i> -soja.....	75
2	Área abaixo da curva de progresso do número de urédias (AAPNU) e número de esporos (AAPNE) da ferrugem da folha do trigo e da ferrugem asiática da soja, em dois experimentos...	78
3	Áreas abaixo das curvas de progresso do número de urédias, esporos e esporos germinados da ferrugem da folha do trigo geradas pela interação entre cultivares e tratamentos com fungicidas triazol (tebuconazol) e mistura de triazol + estrobilurina (epoxiconazol + piraclostrobin).....	81
4	Áreas abaixo das curvas de progresso do número de urédias, esporos e esporos germinados da ferrugem asiática da soja geradas pela interação entre cultivares e tratamentos com fungicidas triazol (tebuconazol) e mistura de triazol + estrobilurina (epoxiconazol + piraclostrobin).....	83
CAPÍTULO III		
1	Número de lesões, urédias e esporos produzidos por cm ² de área foliar 20 dias após a aplicação preventiva do fungicida tebuconazol (triazol) e da mistura epoxiconazol + piraclostrobin (mistura) nos patossistemas <i>P. triticina</i> -trigo e <i>P. pachyrhizi</i> -soja.....	98

2	Áreas abaixo das curvas de progresso do número de lesões, urédias e esporos por cm ² , após a aplicação preventiva do fungicida tebuconazol (triazol) e da mistura de epoxiconazol + piraclostrobin (mistura), nos patossistemas <i>P. triticina</i> -trigo e <i>P. pachyrhizi</i> -soja.....	100
3	Áreas abaixo das curvas de progresso do número de urédias e esporos/cm ² da ferrugem da folha, em diferentes cultivares de trigo, em função da aplicação do fungicida tebuconazol (triazol) e da mistura de epoxiconazol + piraclostrobin.....	103
4	Áreas abaixo das curvas de progresso do número de lesões, urédias e de esporos/cm ² da ferrugem asiática, em diferentes cultivares de soja, em função da aplicação do fungicida tebuconazol (triazol) e da mistura de epoxiconazol + piraclostrobin.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
CAPÍTULO II		
1	Relação entre o número de urédias (A e C) ou número de esporos (B e D) e o intervalo em dias entre inoculação e a aplicação curativa dos fungicidas tebuconazol (triazol) e epoxiconazol + piraclostrobin (mistura), para o controle de <i>Puccinia triticina</i> em trigo.....	72
2	Relação entre o número de urédias (A e C) ou número de esporos (B e D) e o intervalo em dias entre inoculação e a aplicação curativa de tebuconazol (triazol) ou epoxiconazol + piraclostrobina (mistura), para o controle de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> em soja.....	73
CAPÍTULO III		
1	Relação entre o número de urédias (A e C) ou número de esporos (B e D) e o intervalo em dias entre a aplicação preventiva dos fungicidas tebuconazol (triazol) e epoxiconazol + piraclostrobin (mistura) e a inoculação de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> em soja.....	96
2	Relação entre o número de urédias ou número de esporos e o intervalo em dias entre a aplicação preventiva dos fungicidas tebuconazol (triazol) e epoxiconazol + piraclostrobin (mistura) e a inoculação de <i>Puccinia triticina</i> em trigo.....	97

**EPIDEMIOLOGIA COMPARATIVA ENTRE A FERRUGEM
ASIÁTICA DA SOJA E A FERRUGEM DA FOLHA DO TRIGO**

**VIRGÍNIA CRESTANI VIERO¹ & CARLOS ALBERTO
FORCELINI²**

RESUMO – A soja está entre as principais culturas do agronegócio brasileiro. Sua produção, contudo, pode ser afetada por várias doenças, entre elas a ferrugem asiática, constatada em níveis epidêmicos no Brasil desde o ano de 2001. Como os cultivares são suscetíveis, o controle químico tem sido largamente utilizado. As aplicações de fungicida são geralmente preventivas ou então erradicantes. Entretanto, pouco se sabe sobre o papel das infecções latentes na epidemiologia da ferrugem asiática da soja, assim como o seu controle pela aplicação de fungicidas. Outro ponto importante diz respeito ao período de proteção conferido por aplicações preventivas, que pode variar entre produtos e cultivares, mas é importante para a definição de esquemas de controle. Essas questões foram objeto de estudo em experimentos realizados na Universidade de Passo Fundo, em 2006 e 2007. Como se trata de um patossistema novo em nossas condições, decidiu-se por comparar a ferrugem asiática da soja com a ferrugem da folha do trigo, já mais conhecida, o que poderia facilitar a validação dos dados e a compreensão dos resultados por técnicos e

¹Engenheira Agrônoma., mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia. vcviero@hotmail.com

²Orientador, Eng. Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF – forcelini@upf.br

produtores. Os experimentos foram realizados em câmaras de crescimento com controle de temperatura e fotoperíodo. Foram utilizados quatro cultivares de soja (CD 213RR, CD 214RR, CD 219RR e BRS 154) e quatro de trigo (BRS Angico, Fundacep Nova Era, Ônix e Safira). Para testar aplicações curativas, as plantas foram inoculadas com os respectivos patógenos (*Phakopsora pachyrhizi* e *Puccinia triticina*) e, um a sete dias após, pulverizadas com um fungicida triazol (tebuconazol) e uma mistura de triazol + estrobilurina (epoxiconazol + piraclostrobin). O número de lesões, de urédias, de esporos e a germinação dos mesmos foram as variáveis quantificadas. O controle da ferrugem do trigo foi possível até quatro dias após a inoculação pelo triazol e cinco dias pela mistura. Esse período foi reduzido para um e dois em soja. As infecções não controladas evoluíram até a produção de esporos, em ambos os patossistemas. Contudo, a mistura contendo estrobilurina apresentou ação anti-esporulante sobre *Puccinia triticina*, fato ainda não relatado. A reduzida capacidade de cura das infecções latentes da ferrugem asiática em soja reforça a importância do manejo preventivo da doença. Este, então, foi analisado em três experimentos, dois com soja e um com trigo. As plantas foram pulverizadas com os mesmos fungicidas e, após, inoculadas com suspensões de esporos dos respectivos patógenos até 20 dias. Em relação à ferrugem da soja, houve proteção de 100% nos primeiros 14 dias para a mistura e até 20 dias para o triazol. No caso da ferrugem do trigo, houve formação de lesões em todas as inoculações, porém a formação de esporos foi significativamente menor nas plantas tratadas com a mistura de triazol

+ estrobilurina. O comportamento dos fungicidas e o período de proteção diferiram entre os patossistemas e cultivares.

Palavras-chave: infecções latentes, período de proteção, aplicações preventivas, *Phakopsora pachyrhizi*, *Puccinia triticina*.

**COMPARATIVE EPIDEMIOLOGY BETWEEN ASIAN RUST
OF SOYBEANS AND WHEAT LEAF RUST**

**VIRGÍNIA CRESTANI VIERO¹ & CARLOS ALBERTO
FORCELINI²**

ABSTRACT – The soybean is one of the most important commodities in the Brazilian agribusiness. Its production, however, has been affected by several diseases, especially the Asian rust which had presented outbreaks in Brazil since 2001. Because the soybean cultivars are susceptible to rust, the control of this disease is largely based on applications of fungicide, either preventively or eradically. However, little is known about the role of latent infections on this disease epidemiology and its control. Another important control issue is the time of plant protection provided by the preventive sprays of fungicides, which may vary among cultivars and active ingredients, but it is necessary to define the control strategies. Such important questions were in several experiments conducted at the Universidade de Passo Fundo in 2006 and 2007. Because Asian rust is a new disease in Brazil, a comparative study was conducted with the wheat leaf rust in order to validate the data and to make the results more easily understood by consultants and growers. All trials were conducted in growth chambers with control of temperature and

¹Engenheira Agrônoma., mestrande do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia. vcviero@hotmail.com

²Orientador, Eng. Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF – forcelini@upf.br

luminosity and included eight cultivars, four of soybeans (CD 213RR, CD 214RR, CD 219RR, and BRS 154) and four of wheat (BRS Angico, Fundacep Nova Era, Ônix, and Safira). In the curative trials, the plants were first inoculated with the pathogens (*Phakopsora pachyrhizi* e *Puccinia triticina*) and then sprayed with a triazol fungicide (tebuconazol) and a mix of triazol + strobilurin (epoxiconazol + pyraclostrobin) at daily intervals. The evaluations included countings of disease lesions and uredia, fungal spores, and spore germination. The wheat leaf rust was controlled up to four days after inoculation by the triazol and five days by the mixture. On soybeans, this period was shorter as one day for the triazol and two days for the mixture. The non-controlled infections resulted in spores for both pathosystems. The mixture of triazol and strobilurin reduced sporulation of *Puccinia triticina*, which has not been reported before. The low curative control of the latent infections reinforce the importance of managing soybean rust through protective applications of fungicides. This question was evaluated in other three experiments where the plants were sprayed once with the same fungicides and later inoculated with spore suspensions of the respective pathogens, for a period of 20 days. The spray applications provided a 100% protection of 14 (mixture) to 20 days (triazol) on soybeans. All inoculations resulted in lesion formation on wheat, but there were much lesser spores on plants sprayed with the mixture. The performance of the tested fungicides and the period of plant protection varied significantly between the pathosystems and cultivars.

Key-words: latent infections, time of plant protection, preventive sprays, *Phakopsora pachyrhizi*, *Puccinia triticina*.

CAPÍTULO I

A FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E A FERRUGEM DA FOLHA DO TRIGO

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é considerada a mais importante fonte de proteína e óleo vegetal, em função da qualidade e do baixo custo de produção (GODOY & CANTERI, 2004a). É o quarto grão mais produzido mundialmente e o primeiro no Brasil (RECOMENDAÇÕES, 2007b; CONAB, 2008).

Dentre os inúmeros fatores que limitam a exploração do máximo potencial produtivo dessa oleaginosa, destacam-se as doenças, sendo a ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sid. & P. Syd., a principal. Apesar de recente no Brasil, demonstrou ser uma patologia extremamente agressiva pela rapidez de disseminação e pelo montante de perdas e danos que vem causando desde as primeiras epidemias. Atualmente está presente em praticamente todas as regiões produtoras brasileiras podendo causar danos de até 100% caso medidas de controle eficientes não sejam adotadas.

Existem diversas estratégias de manejo que, se utilizadas conjuntamente, são capazes de amenizar o impacto da ferrugem asiática sobre a cultura da soja. Entretanto, as mais eficazes são o controle genético e o químico. Diante da disponibilidade limitada de

cultivares com resistência ao fungo, o emprego de fungicidas se torna a principal opção.

No campo, as aplicações de fungicidas têm sido realizadas de maneira preventiva, ou seja, antes da verificação visual dos sinais do patógeno, ou erradicativa, quando dos sintomas já visíveis. Não têm sido consideradas, contudo, as infecções já instaladas no tecido vegetal, porém assintomáticas, e escassos são os trabalhos que abordam o papel de tais infecções na epidemiologia da doença e no desempenho dos fungicidas.

Estudos dessa natureza demandam inoculações controladas. Em virtude de ser uma doença recente e as técnicas não serem completamente dominadas, experimentos preliminares demonstraram variabilidade nos resultados. Como estratégia para o balizamento e entendimento de tais resultados, foi utilizado o estudo comparativo com um patossistema igualmente importante, porém mais conhecido: a ferrugem da folha-trigo.

A opção pela ferrugem da folha, causada pelo fungo *Puccinia triticina* Erikss., como patossistema balizador se deu em função do crescimento em importância dessa patologia na atualidade. Importância essa que se deve ao rápido surgimento de novas raças do fungo capazes de vencer a resistência genética das plantas ou de se tornarem insensíveis a algumas moléculas fungicidas. Além disso, esse é um patossistema que facilita o entendimento da dinâmica da ferrugem asiática da soja por parte do produtor e da assistência técnica que há tempos conhece e convive com essa patologia nos cultivos de trigo.

Com o objetivo de elucidar questões como: até que momento após o estabelecimento da infecção o controle curativo ainda é possível; qual o período de proteção conferido por aplicações preventivas de fungicidas; e como se comportam esses processos na presença de fungicidas com diferentes mecanismos de ação, experimentos foram conduzidos, visando, sobretudo, a otimização do controle químico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Soja: produção e importância econômica

De acordo com a Food and Agricultural Organization of United Nations (FAO, 2008), a produção mundial de soja, em 2005, foi de 214,3 milhões de toneladas de grãos sendo os Estados Unidos o maior produtor, detendo uma fatia de 39,2% (84 milhões de toneladas) do total produzido na safra 2005/2006. O Brasil é o segundo colocado, com uma produção de 52,7 milhões de toneladas de soja (24,6% do volume produzido), seguido pela Argentina e China com 38,3 (17,9%) e 17,4 (8,1%) milhões de toneladas, respectivamente.

Segundo dados do United States Department of Agriculture (USDA, 2008), os Estados Unidos também lideram as exportações mundiais de soja. Foram 30,1 milhões de toneladas exportadas. O segundo e terceiro colocados são o Brasil e Argentina com 25,9 e 7,2 milhões de toneladas, respectivamente. Contudo, segundo projeções do próprio USDA, o Brasil, já na safra 2008/2009,

podará superar os Estados Unidos em volume de exportações do produto.

A Conab (2008) estima a produção brasileira em 135,8 milhões de toneladas de grãos para a safra 2007/2008, sendo a soja o grão produzido em maior quantidade e com maior expressão econômica (42,8% da produção de grãos nacional). É seguida pelo milho (39,3%), arroz (8,8%) e trigo (2,8%), sucessivamente. A produção nacional de soja na safra 2005/2006, de acordo com a mesma fonte, foi de 55,03 milhões de toneladas em 22,75 milhões de hectares sendo que, dos 16 estados produtores do grão, o líder é o Mato Grosso, com 16,7 milhões de toneladas (30,3% do volume produzido), vindo, na seqüência, Paraná (9,6 milhões de toneladas) e Rio Grande do Sul (7,8 milhões de toneladas).

A exploração econômica do potencial de rendimento da oleaginosa, que é de 4.000 Kg ha⁻¹, dificilmente é alcançada. O rendimento médio mundial tem sido de 2.200 Kg ha⁻¹ (JULIATTI, 2005). Dentre os principais fatores que limitam o rendimento, a lucratividade e o sucesso da produção de soja destacam-se as doenças (YORINORI, 1986; JULIATTI, 2005). Os danos e as perdas causados pelas doenças dependem da frequência de ocorrência e da intensidade (incidência e severidade), governadas, principalmente, pelas condições climáticas predominantes na região de cultivo e pelo tipo de prática de cultivo adotada pelo produtor (CASA & REIS, 2004).

Aproximadamente 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus já foram constatadas no Brasil. Esse número continua aumentando com a expansão da soja para novas

áreas e como consequência da monocultura. As perdas anuais de produção por doenças são estimadas em 15% a 20%, entretanto, algumas dessas podem ocasionar perdas de quase 100%, caso medidas de controle não sejam implementadas (ALMEIDA et al., 2005). É o caso da ferrugem asiática que, apesar de ter sido constatada, em níveis epidêmicos, recentemente no Brasil, tem sido considerada uma das doenças mais destrutivas e a que causa maiores danos em várias espécies de plantas da família Fabaceae (REIS & BRESOLIN, 2004), e, por isso, será o objeto do presente estudo.

2.2 Ferrugem asiática da soja

2.2.1 Origem, Histórico e Distribuição

Sob a denominação comum de “ferrugem da soja” estão envolvidas duas espécies de fungo: uma que causa a ferrugem asiática ou ferrugem australasiana e a outra, a ferrugem sul-americana, considerando-se o local de descrição das espécies dos fungos agentes causais. A forma asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd., foi descrita pela primeira vez na Ásia, centro de origem da soja, mais especificamente no Japão, em 1902, num hospedeiro da família Fabaceae denominado de *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb (REIS et al., 2006). Por volta de 1914, surgiu em caráter epidêmico em vários países no sudoeste da Ásia. Em 1990, foi registrada na África. Em janeiro de 1998, foi constatada em Uganda,

Kenia e Ruanda. Em março de 2001 foi detectada na África do Sul, e, em 2002, atingiu caráter epidêmico (REIS & BRESOLIN, 2004).

No continente americano, a ferrugem asiática foi descrita primeiramente no Paraguai, na safra 2000/2001. Posteriormente, no mesmo ano, foi encontrada no oeste e norte do Paraná, no Brasil. Na safra seguinte (2001/2002), a doença estava presente nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso, perfazendo aproximadamente 60% da área plantada de soja do Brasil (YORINORI, 2004a). Na mesma safra, foi detectada na Argentina (Rossi apud REIS et al., 2006). Na safra 2002/2003, quase 100% da área de soja nacional foi afetada (YORINORI et al., 2003), além da Bolívia e Uruguai (REIS et al., 2006). Na Colômbia, a ocorrência da ferrugem se deu a partir de 2004 (REIS et al., 2006) e, em novembro do mesmo ano, o USDA (2006) confirma o primeiro foco da doença nos Estados Unidos.

2.2.2 Importância econômica

Dano, de acordo com Bergamin Filho & Amorim (1996), refere-se a qualquer redução na qualidade e na quantidade da produção e perda é a redução financeira por unidade de área.

A ferrugem asiática da soja reduz a atividade fotossintética pela destruição dos tecidos foliares, causando desfolha prematura e redução do ciclo. A queda prematura das folhas não permite a plena formação dos grãos (SINCLAIR & BACKMAN, 1989). Sempre que a doença inicia o processo infectivo logo no início do estágio reprodutivo (R_1/R_2) da soja, é observado aumento significativo nos

danos, embora a ocorrência da doença em estádios fenológicos mais avançados da planta também possa acarretar reduções consideráveis em rendimento (BALARDIN, 2004). Quando a doença atinge a soja na fase de formação das vagens ou início da granação, pode causar aborto e queda das mesmas (YORINORI & PAIVA, 2002). O efeito cumulativo da ferrugem sobre a produção se traduz em menor peso das sementes e na redução do número de vagens e sementes (SINCLAIR & BACKMAN, 1989).

A importância da ferrugem asiática pode ser avaliada pela sua rápida expansão e pelo montante de perdas que tem causado (YORINORI et al., 2004). Balardin (2004) afirma que o dano devido a incidência da doença tem variado desde 10% até 90%. Sinclair & Hartman (1999) relataram danos em decorrência da ferrugem asiática de 10 a 40% na Tailândia, 10-90% na Índia, 10-50% no sul da China, 23-90% em Taiwan e 40% no Japão.

No Brasil, na safra 2001/2002, com base em relatos e levantamentos de perdas e comparações com dados de área da Conab de junho de 2003, verificou-se que a ferrugem causou redução de 569.200 toneladas de grãos, o equivalente a 125,513 milhões de dólares (HENNING & GODOY, 2006). Esse fato é atribuído ao despreparo dos produtores para enfrentar a doença e a aplicações tardias de fungicidas (YORINORI et al., 2004). Na safra 2002/2003, ainda em função do despreparo da assistência técnica e dos produtores e de aplicações tardias de fungicidas atribuídas à falta de produto no mercado e, ou, ao excesso de chuva que impossibilitou a pulverização, os danos chegaram a 3.351.392 toneladas, correspondendo a uma perda de 737,453 milhões de dólares (HENNING & GODOY, 2006).

Na safra 2003/2004, a seca na região Sul e Mato Grosso do Sul fez com que a severidade da doença fosse baixa, não resultando em prejuízos. Entretanto, nas regiões Centro-Oeste e Norte, o excesso de chuvas associado à escassez de fungicidas no mercado e à presença constante de inoculo oriundo do cultivo de soja na entressafra sob irrigação, fez com que a ferrugem ocorresse mais cedo nas lavouras, dificultando o seu controle. Nessa safra, a redução na produção de soja por ferrugem foi estimada em 4.592.728 toneladas e as perdas (considerando os danos pela doença e os custos de controle) em 2,085 bilhões de dólares (HENNING & GODOY, 2006). Em 2004/2005, a doença foi relatada em praticamente todas as regiões produtoras, mas, devido à seca do mês de fevereiro, não causou prejuízos, a não ser no Mato Grosso, onde o principal agravante foi o cultivo ininterrupto da soja em áreas irrigadas sob pivô central para a produção de sementes na entressafra (HENNING & GODOY, 2006). Na safra 2005/2006, o dano estimado em função da ferrugem foi de 1.500.000 de toneladas de grãos o que equivale a uma perda (incluindo os danos e custos de controle) de 1,75 bilhões de dólares (ROESSING, 2006). A redução de grãos provocada pela ferrugem asiática da soja correspondeu aproximadamente 4,5% da safra brasileira de soja em 2006/2007, o que equivale a 2.670.000 de toneladas de grãos com um custo total de 2,19 bilhões de dólares (GODOY et al., 2008). Somando-se, o impacto da ferrugem asiática da soja no Brasil, nas últimas seis safras, foi de 12,1 milhões de toneladas de grãos gerando um prejuízo estimado de 6,9 bilhões de dólares.

2.2.3 Etiologia, taxonomia e morfologia do agente causal

Os primeiros estudos feitos na década de 80 consideravam uma única espécie e várias populações de *Phakopsora* como agente causal da ferrugem asiática. Bromfield, Melching e Kingslover (1980), em estudos de patogenicidade comparando populações de *Phakopsora*, realizaram inoculações em soja e demonstraram que populações provenientes do Ocidente tinham, por característica, menor agressividade e virulência, lesões de áreas necróticas extensivas, com nenhuma ou uma a duas uredínias (reação do tipo RB). As populações provenientes da Ásia produziram lesões com mais de duas uredínias, sem áreas necróticas (reação do tipo TAN). Todos os autores, até o ano de 1992, apenas encontraram diferenças fisiológicas entre os isolados provenientes do hemisfério oriental e ocidental, sendo assim consideravam que a espécie *P. pachyrhizi* estaria presente em ambos os hemisférios apresentando populações com comportamento fisiológico distinto (CARVALHO JR. & FIGUEIREDO, 2000).

A taxonomia do fungo, agente causal da ferrugem da soja, foi esclarecida em 1992, em um trabalho de Ono et al. apud Furtado (2007), que demonstrou ocorrer duas espécies do gênero *Phakopsora* em plantas de soja: a *P. pachyrhizi*, proveniente da região Australasiana, e a *P. meibomiae* (Arthur) Arthur, endêmica nas Américas. A principal diferença entre as duas espécies de *Phakopsora* está no teliosporo: *P. pachyrhizi* possui teliosporos organizados em duas a sete camadas, as paredes dos esporos são marrons amarelo pálidas, com espessura mais ou menos uniforme de um mm ou apenas

engrossadas acima e, com até três mm de espessura nas células das camadas apicais. *P. meibomiae* apresenta teliosporos organizados em uma a quatro camadas, raramente cinco, os esporos tem paredes de coloração canela a castanho claras, com 1,5 a 2 mm de espessura, mas com células da camada apical com espessura de até seis mm. Portanto, a diferença mais marcante que separa morfologicamente as duas espécies está na espessura das paredes das células da camada apical dos teliosporos, sendo que *P. pachyrhizi* possui na camada apical teliosporos com paredes distais menos engrossadas e *P. meibomiae* possui na camada apical teliosporos com paredes distais mais espessas (Ono et al. apud FURTADO, 2007).

No Brasil, apesar da ferrugem asiática ocorrer de maneira epidêmica somente a partir de 2001, Deslandes constatou, no ano de 1979, a doença, em Lavras, Minas Gerais, primeiramente em soja perene (*Phaseolus wightii*) e feijão de Lima (*Phaseolus lunatus* var. *macrocarpus*) e, posteriormente, em soja (*Glycine max*). Baseado nos hospedeiros concluiu ser da espécie *P. pachyrhizi*. Contudo, segundo Carvalho Jr. e Figueiredo (2000), a espécie que ocorria naquela época era *P. meibomiae*, nativa das Américas.

O fungo *P. pachyrhizi* pertence à classe dos Basidiomycetes, ordem Uredinales, família Phakopsoraceae e ao gênero *Phakopsora* (REIS et al., 2006).

Um fungo do grupo das ferrugens, segundo Alexopolus et al. (1996), pode produzir cinco diferentes estágios em seu ciclo de vida: picnial, aecial, uredinial, telial e basidial. Entretanto, segundo Green apud Reis et al. (2006), *P. pachyrhizi* só tem sido descrito nos últimos três estádios citados.

As urédias em forma de pústulas desenvolvem-se em lesões angulares e liberam uredinosporos através de um poro central (REIS & BRESOLIN, 2004). Os uredinosporos, esporos assexuais responsáveis pelas epidemias de ferrugem, são sésseis, obvóides (15-24 x 18-34 μm) e diminuta e densamente equinulados. As paredes são uniformemente espessas com cerca de um μm . Sua coloração varia de amarelo-parda a hialinos, possuindo, em média, seis poros germinativos (SINCLAIR & HARTMAN, 1999; REIS et al., 2006). Um maior número de uredínias desenvolve-se na face inferior em relação à face superior das folhas da planta (REIS & BRESOLIN, 2004). Ao descrever o processo infeccioso, Bromfield apud Reis & Bresolin (2004), afirma que os uredosporos germinam emitindo um tubo de germinação com um apressório em sua extremidade sendo a penetração direta através da cutícula para dentro da célula epidérmica não necessitando de estômatos ou ferimentos o que torna a infecção mais rápida e fácil. Esse é um fenômeno atípico quando comparado, por exemplo, às ferrugens dos cereais de inverno que tem sua penetração via estômatos (REIS & BRESOLIN, 2004; REIS et al. 2006). Sob condições ambientais apropriadas (10 a 15°C durante a noite), o fungo paralisa a produção de uredínias e de uredinosporos e passa a produzir télias com teliosporos (estruturas de sobrevivência), entretanto, não se tem informação da sua importância no desenvolvimento da doença (REIS & BRESOLIN, 2004).

2.2.4 Sintomatologia

Os sintomas causados pela ferrugem da soja são denominados de lesões, não de pústulas, como nas demais ferrugens, porque ocorre a necrose do tecido foliar e cada lesão pode apresentar várias pústulas. Sintomas iniciais da doença são áreas foliares cloróticas, de forma poligonal por causa da delimitação imposta pelas nervuras. Posteriormente, adquirem coloração castanha a marrom-escura (REIS et al. 2006). Sobre as lesões pode-se observar uma ou mais urédias (foram contadas até 16 em uma lesão, conforme REIS et al., 2006) que se rompem liberando os uredinosporos através de um poro central. As lesões tendem para um formato angular e podem atingir 2 a 5 mm de diâmetro. Podem aparecer em pecíolos, vagens e caules, porém, são mais abundantes nas folhas, principalmente na face inferior, onde podem ocupar extensas áreas. As lesões estão frequentemente associadas ao amarelecimento foliar e, em altas densidades, resultam em desfolha prematura (SINCLAIR & HARTMAN, 1999).

São reconhecidos dois tipos de sintomas da ferrugem: tipo Tan e RB, que se caracterizam por lesões com grande produção de esporos no primeiro, onde as pústulas são amareladas, ocorrendo em material suscetível, e, no segundo, as lesões apresentam-se com ausência ou pequena produção de uredosporos e coloração marrom-avermelhada, delimitada pelas nervuras, ocorrendo em material com reação de resistência (FURLAN, 2005).

2.2.5 Ciclo biológico e epidemiologia da doença

Como um fungo biotrófico, *P. pachyrhizi* depende de plantas hospedeiras vivas para sobreviver e se multiplicar, portanto, não é transmitido pela semente, restos culturais ou por material processado como torta de farelo de soja (YORINORI, 2004b; JACCOUD-FILHO et al., 2007). A presença de hospedeiros alternativos e plantas voluntárias é crucial para o desenvolvimento e sobrevivência do patógeno, funcionando como “ponte verde” entre as estações de cultivo quando o hospedeiro principal, no caso a soja, não está no campo (JACCOUD-FILHO et al., 2007). Mais de 95 espécies de plantas de 42 gêneros da família Fabaceae são relatadas como hospedeiras do fungo (CARVALHO & FIGUEIREDO, 2000; JULIATTI, 2005; PASTOR-CORREALES et al., 2008). Segundo Reis et al. (2006), quando se elabora uma lista de hospedeiros de um dado fitopatógeno, alguns pontos devem ser levados em consideração: (a) a diagnose correta do agente causal e (b) para ter importância epidemiológica na sobrevivência e disseminação de um fitoparasita, no hospedeiro citado, deve ocorrer a infecção e esporulação natural. Baseado nesse pressuposto, no Brasil, os hospedeiros com constatação da ferrugem asiática são: soja comum (*Glycine max*), feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) e Kudzú (*Puereria lobata*) (JACCOUD FILHO & DABUL, 2006; REIS et al., 2006; PASTOR-CORREALES et al., 2008).

O principal tipo de inóculo da ferrugem são os uredosporos. Esses esporos assexuais são pequenos e leves, sendo removidos das urédias presentes nas folhas infectadas quando se

encontram com a superfície seca. Uma vez removidos, são transportados a longas distâncias pelo vento, podendo ser depositados em lavouras próximas ou distantes da fonte de inóculo inicial ou primária. Por isso, a remoção e disseminação ocorrem principalmente durante o dia, quando a superfície foliar está seca (REIS et al., 2006).

Os esporos depositados na superfície da folha, na presença de água líquida e de temperatura favorável iniciam o processo de germinação (REIS et al., 2006). Estudos em ambiente controlado, conduzidos no Brasil, demonstraram que a temperatura ótima para a germinação do fungo situa-se entre 15 e 25°C, com um período mínimo de molhamento foliar de 6 horas, aumentando a eficiência da infecção com 8 a 12 horas de molhamento (ALVES et al. 2006). A progressão da doença é inibida sob baixa frequência pluviométrica associada a temperaturas ou superiores a 30°C ou inferiores a 15°C (BALARDIN, 2004).

Sob condições ambientais ótimas, aos cinco dias após a inoculação, manifestam-se os sintomas de clorose das folhas. Após 7 a 9 dias da inoculação, ocorre o aparecimento das primeiras urédias, 9 a 10 dias inicia a liberação dos uredíniosporos de dentro das urédias, sendo que este evento poderá perdurar durante um período de 3 semanas. Novas urédias poderão surgir dentro das lesões até 7 semanas após o surgimento dos primeiros sintomas (UGALDE, 2005).

2.3 Trigo: produção e importância econômica

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é, globalmente, a segunda cultura dentre as espécies vegetais em produção, sendo superada

apenas pelo milho. De acordo com a FAO (2008), no ano de 2005, foram produzidas 629,6 milhões de toneladas do grão, sendo, as áreas de maior produção, a Ásia, a Europa e a América do Norte.

O Brasil contribui com uma pequena parcela da produção desse cereal quando comparada a outros países do mundo. Pode-se tomar como exemplo a China, líder mundial em produção de trigo, que produziu, no ano de 2005, 97 milhões de toneladas (FAO, 2008), frente aos 5,8 milhões de toneladas produzidos pelo Brasil (CONAB, 2008).

Na safra 2006/2007, foram cultivados no país, segundo dados preliminares da Conab (2008), 1,8 milhões de hectares nos quais foram produzidas 2,23 milhões de toneladas de trigo, sendo toda a produção concentrada na região centro-sul do país. O estado com maior produção do cereal foi o Paraná (1,13 milhões de toneladas do grão produzidas), seguido pelo Rio Grande do Sul (728 mil toneladas) e Santa Catarina (126 mil toneladas). Considerando-se a produção de 2,23 milhões de toneladas de trigo e o consumo nacional de 10,39 milhões de toneladas, percebe-se que a produção brasileira, atende apenas em parte a demanda pelo produto. É preciso, portanto, implementar medidas que estabilizem fatores adversos que limitam a produtividade como é o caso de pragas e doenças.

De acordo com Fernandes & Picinini (1999), o trigo no Brasil é atacado por grande número de doenças. As condições climáticas, onde predominam temperaturas altas e precipitações pluviais frequentes, favorecem o desenvolvimento de inúmeras enfermidades, principalmente aquelas causadas por fungos. Essas podem ser responsáveis por perdas elevadas no rendimento e na

qualidade dos grãos de trigo. O volume de danos é variável de ano para ano, dependendo das condições climáticas.

A ferrugem da folha do trigo, causada pelo fungo *Puccinia triticina*, é considerada uma das principais doenças que afeta a cultura do trigo e responsável por um grande montante de danos em rendimento e qualidade de grãos. Pelo fato dessa compartilhar de muitas semelhanças com a ferrugem asiática da soja e ser um patossistema cujo conhecimento é mais vasto em função do longo período de tempo que vem sendo um problema nos cultivos de trigo em todo o mundo, será utilizada no presente estudo como balizadora dos resultados obtidos com a ferrugem da soja.

2.4 Ferrugem da folha do trigo

2.4.1 Origem e Histórico

Zhucosvsky apud Wahl et al. (1984) postulou que a origem do trigo se deu na Transcaucásia, partes central e oeste da Ásia Menor, áreas do leste do Mediterrâneo e parte oeste do Irã, sendo a Transcaucásia (Geórgia, Azerbaijão e Armênia) o centro de origem do gênero *Triticum*. Vavilov apud Wahl et al. (1984) concordou que as regiões mencionadas concentravam a maior diversidade de espécies selvagens de pequenos grãos. Zhukovsky e Vavilov concluíram que o epicentro do trigo é também o centro de origem dos mais destrutivos fitoparasitas da cultura do trigo: *Puccinia triticina*, *P. striiformis* e *P. graminis*.

O trigo foi, provavelmente, introduzido no Brasil por Martim Afonso de Souza, em 1534, na capitania de São Vicente, estado de São Paulo. No Rio Grande do Sul, chegou em 1737 com a introdução de sementes provenientes de São Paulo. O surgimento da moléstia conhecida como “ferrugem” entre 1811 e 1814 é a razão mais mencionada pelos historiadores como responsável pelo desaparecimento da cultura do trigo em 1823, só ressurgindo por volta de 1875 (CUNHA, 1999).

2.4.2 Distribuição e Importância Econômica

A ferrugem da folha do trigo está presente em todas as regiões onde o cereal é cultivado, sendo a mais comum e mais amplamente distribuída de todas as ferrugens dos cereais. O parasita sempre ocorreu na cultura do trigo, entretanto, os maiores danos podem ser observados na atualidade provavelmente em função das grandes áreas em que é utilizado um único cultivar ou cultivares com base genética semelhante (SAMBORSKI, 1985).

Segundo Reis (1991), os danos em rendimento de grãos dependem do estágio de desenvolvimento da cultura em que ocorre a doença e, principalmente, da severidade, que é função da suscetibilidade do cultivar, da virulência da raça fisiológica do patógeno e das condições ambientais. As ferrugens causam perdas devido à redução da área fotossintética e aumento da respiração e transpiração, além de diminuírem o vigor da planta, o número de perfilhos, o desenvolvimento das raízes e a qualidade dos grãos (REIS, 1991; WIESE, 1998). O agente causal desta doença desvia os

compostos orgânicos sintetizados convertendo-os em esporos que são produzidos em grandes quantidades. O fluxo de carboidratos através do floema destinado ao enchimento de grãos é, deste modo, geralmente reduzido. Como consequência da doença, plantas infectadas normalmente formam menor quantidade de grãos por espiga, grãos de menor tamanho, geralmente, chochos, de baixa qualidade industrial e de valor alimentar reduzido (REIS, 1991).

Em áreas do leste do Canadá, a ferrugem da folha do trigo causa, normalmente, reduções no rendimento de grãos de 5 a 15% quando cultivares suscetíveis são utilizados em grande escala. No México, ataques severos da doença em plantas jovens causaram danos superiores a 40%. É considerada o problema mais sério da cultura do trigo no leste europeu, com reduções de 3 a 5% no rendimento, e no Paquistão onde uma epidemia ocorreu no ano de 1978 reduzindo em 10% a produção nacional. Na Índia, danos de 3% foram estimados (Dubin & Torres; Dwurazna et al.; Berlyand-Kozhevnikov et al.; Saari & Wilcoxson; Hussain et al. apud SAMBORSKY, 1985).

Nos países do sul da América do Sul, a ferrugem da folha do trigo é endêmica e o seu impacto sobre a produção do trigo é há tempos reconhecido. Em consequência disso, cultivares resistentes à ferrugem foram desenvolvidos no Brasil e Argentina sendo alguns desses amplamente utilizados como fonte de resistência a raças de ferrugem em outros países (SAMBORSKY, 1985).

No Brasil, a maioria das áreas tradicionais de cultivo de trigo constitui-se em ambiente favorável ao desenvolvimento da ferrugem da folha (BARCELLOS et al., 1997). Rodrigues et al. (2002) constataram, experimentalmente, redução de 66,5% no rendimento de

grãos da testemunha em relação à média de produção das parcelas tratadas com fungicidas para o cultivar OR-1.

2.4.3 Etiologia, taxonomia e morfologia do agente causal

A ferrugem da folha do trigo foi reconhecida como uma patologia diferente das demais ferrugens em 1815 por De Candolle que descreveu o agente causal como sendo da espécie *Uredo rubigovera*. Eriksson e Henning em 1894 descreveram como *Puccinia dispersa*, que incluía a ferrugem da folha do trigo e centeio. Eriksson, em 1899, separou a ferrugem do centeio da do trigo e a descreveu como sendo da espécie *P. triticina*. Em 1956, Cummins e Caldwell sugeriram que *P. recondita* fosse a denominação válida para a ferrugem da folha das gramíneas (SAMBORSKY, 1985). Contudo, Savile, em 1984, passou a denominar *P. triticina* o agente causal da ferrugem da folha do trigo e *P. recondita*, o fungo causador da ferrugem da folha do centeio. Estudos morfológicos e da gama de hospedeiros alternativos e intermediários conduzidos por Anikster et al. em 1997 demonstraram que *P. recondita* e *P. triticina* são organismos diferentes (SINGH et al., 2008). Atualmente, segundo Singh et al. (2008), baseados na constatação de Savile e Anikster et al., a denominação mais correta seria *Puccinia triticina*.

O fungo *P. triticina* pertence à subdivisão Basidiomicotina, classe Teliomicetos, Ordem Uredinales, Família Pucciniaceae e ao gênero *Puccinia*.

Os uredosporos apresentam diâmetro de 15 a 30 µm, são subglobóides em forma e de cor pardo-vermelhos, com três a oito

poros germinativos distribuídos em suas espessas paredes equinuladas. Os soros teliais desenvolvem-se sob a epiderme das bainhas e, principalmente, no lado inferior das lâminas foliares. São do tamanho das urédias, pardo-lustrosos e revestidos pela epiderme. Os teliosporos são arredondados ou achatados em seus ápices e requerem temperaturas baixas antes de germinar (REIS, 1991).

O fungo *P. triticina* é macrocíclico, isto é, apresenta ciclo sexual e assexual, nos quais são produzidos cinco tipos de esporos distintos morfológica e funcionalmente: uredosporos (únicos produzidos no ciclo assexual do patógeno e, no Brasil, únicos esporos infectivos ao trigo); teliosporos (estruturas de resistência, porém não funcionais no Brasil devido às condições ambientais e ausência de hospedeiros secundários); basidiósporos (formados no promicélio do teliosporo); picniosporos e aeciosporos (formados no hospedeiro secundário, entretanto, os aeciosporos só são infectivos ao trigo, completando o ciclo da ferrugem) (REIS, 1991; WIESE, 1998).

O agente causal da ferrugem da folha é heteróico porque requer dois hospedeiros botanicamente distintos para completar o ciclo biológico (fases sexual e assexual). O trigo é o hospedeiro principal e os intermediários são aqueles nos quais se completa o ciclo sexual (REIS, 1991).

2.4.4 Sintomatologia

A ferrugem da folha manifesta-se desde o surgimento das primeiras folhas, até próximo a maturação das plantas. Algumas infecções são visíveis somente como áreas cloróticas, escurecidas ou

necrosadas. De outras, inicialmente, surgem pequenas urédias arredondadas (os uredosporos ou uredopústulas), de cor amarelo-alaranjadas, dispostas sem ordenação, de preferência localizadas na face superior das folhas. A estas pústulas, sucedem outras de cor preta, os teliosporos, de forma oval, distribuídos no tecido foliar. Essas frutificações ficam sempre recobertas pela epiderme, até o final do ciclo da planta. Por esse motivo, aparentemente não produzem esporos (REIS, 1991; WIESE, 1998).

2.4.5 Ciclo biológico e epidemiologia da doença

O patógeno sobrevive no verão-outono, principalmente parasitando plantas de trigo voluntárias. Ao se sucederem diversas gerações no verão-outono, as plantas voluntárias fornecem o substrato vivo necessário à sobrevivência de *P. triticina*, um parasita biotrófico. Vários ciclos biológicos do fungo podem ocorrer sobre essas plantas, quando o trigo não é cultivado (REIS, 1991). Além das plantas voluntárias de trigo, existem outras espécies nas quais o patógeno sobrevive, sendo denominadas hospedeiros alternativos. São relatadas como hospedeiros alternativos o *Thalictrum* spp., *Isopyrum fumarioides* (na Sibéria), *Anchusa* spp. (em Portugal), *Clematis* spp. (na Itália e no Leste soviético) (Jacson & Mains; Chester; d'Oliveira & Samborski; Sibilia; Azbukina; apud SAMBORSKI, 1985). Nenhuma dessas espécies ocorre no Brasil.

Tem sido relatada a presença de uredosporos em suspensão em camadas de alturas variáveis na atmosfera. Esses

esporos são arrastados a superfície da Terra pelas gotas de chuva (REIS, 1991).

Os uredosporos são disseminados a longas distâncias pelo vento ou precipitados ao acaso, em todas as direções, durante todo o ano. O inoculo das ferrugens é muito leve, o que facilita a sua disseminação. Os esporos produzidos nas pústulas são facilmente removidos pelo vento quando a superfície dos órgãos infectados está seca. Quando o trigo for semeado na época normal e coincidir com a deposição dos uredosporos sobre os tecidos verdes do novo plantio, poderá ocorrer nova infecção desde que as condições para infecção sejam satisfeitas. O estímulo requerido à germinação é a água livre, cuja principal fonte é o orvalho. Além do orvalho, a neblina e a chuva também propiciam o molhamento dos tecidos suscetíveis (REIS, 1991). Temperaturas entre 15 a 25⁰C e molhamento de 4 a 8 horas são elementos chave para a eficiência da infecção. Essa ocorrerá em 6 a 8 horas através dos estômatos da planta e os uredosporos secundários serão produzidos em 7 a 10 dias (WIESE, 1998).

Ao surgirem os primeiros esporos, encerra-se o primeiro ciclo biológico do parasita sobre o trigo ou o ciclo primário da doença. Grandes quantidades de esporos são, posteriormente, produzidas e transportadas pelo vento. Vários ciclos secundários se sucedem, fazendo com que o patógeno se dissemine rapidamente, infectando novas folhas, novas plantas e novas áreas. A partir dos últimos tecidos verdes (última época de plantio numa região), onde são produzidas as últimas gerações de esporos naquele ciclo do trigo, os uredosporos dispersados encontram novamente as plantas voluntárias originadas nos locais de colheita que o trigo foi plantado mais cedo. Aí

permanecem viáveis pela sua ação parasitária no período entressafras, reiniciando o ciclo (REIS, 1991).

2.5 Controle das ferrugens

Dentre os métodos de controle disponíveis para conter o avanço de patógenos com alto poder de destruição, como é o caso das ferrugens, a proteção genética e química, são as estratégias mais utilizadas na agricultura brasileira (JULIATTI, 2005).

2.5.1 Controle genético

2.5.1.1 Resistência genética no controle da ferrugem da folha do trigo

O principal mecanismo de controle à ferrugem da folha do trigo tem sido através da resistência genética, com o emprego de variedades resistentes (REIS et al., 2001a). Entende-se por resistência a reação de defesa do hospedeiro, resultante da soma de fatores que tendem a diminuir a agressividade e/ou virulência do patógeno, uma vez estabelecido o seu contato com o hospedeiro (LEITES, 2001). Existem pelo menos duas categorias de interação patógeno-planta que são classificadas como: específicas e não específicas.

A interação específica, ou também denominada resistência vertical, é aquela em que um só isolado do patógeno interage com um só genótipo do hospedeiro para produzir uma resposta à enfermidade

diferente da que provoca outro isolado no mesmo genótipo, no mesmo ambiente (ROELFS et al., 1992). Tradicionalmente, os programas de melhoramento de trigo, utilizam genes de resistência denominados Lr (*leaf rust*) efetivos durante todo o ciclo da planta, entretanto, esses tem resultado, em geral, em curta duração em função da variabilidade do fungo (BARCELLOS et al., 1997).

A interação não específica, resistência horizontal, de planta adulta ou parcial, por sua vez, se produz quando todos isolados provocam uma resposta similar em determinado genótipo do hospedeiro (ROELFS et al., 1992). É, freqüentemente, denominada “slow rusting” e se manifesta por efeitos combinados de redução na freqüência da infecção (número de lesões), de períodos latentes (período entre a inoculação e a esporulação) mais longos e taxas reduzidas de produção de esporos (PARLEVLIET, 1985). Rimé et al. (2004), em experimento verificando o efeito de genótipos de trigo no desenvolvimento de lesões e produção de uredosporos de ferrugem da folha, constatou que, no cultivar Trémie (genótipo com resistência de planta adulta), o fungo *P. triticina* teve o período latente 1 a 5 dias superior em relação ao inoculado em genótipos de trigo suscetíveis. Além disso, o número de uredosporos produzidos por lesão foi consideravelmente reduzido, entretanto, essa redução esteve mais relacionada ao menor tamanho das lesões produzidas no genótipo resistente do que a capacidade de esporulação de tais lesões que permaneceu equivalente ao observado em genótipos de trigo suscetíveis.

Alguns cultivares tem mantido resistência durante muitos anos, como o Americano44d, Surpresa, Frontana e Fronteira. Os

fracassos têm sido causados por inadequado conhecimento prévio das virulências presentes na população patogênica; por mutações ou recombinações dos fatores de virulência existentes que superaram a resistência do hospedeiro ou por protocolo de detecção da enfermidade inadequado para identificar e selecionar as linhas resistentes (ROELFS et al., 1992). Além desses fatores, Barcellos & Chaves (2003) elencam algumas características que os países do Cone Sul compartilham e que predispõem a pouca durabilidade da resistência genética: as condições de ambiente são extremamente favoráveis; há presença de plantas de trigo voluntárias nas entressafras; áreas extensas são cultivadas com o mesmo genótipo; pratica-se o cultivo de genótipos suscetíveis; as raças predominantes têm grande semelhança genética e as épocas de cultivo são subseqüentes, formando uma “ponte verde”. Esses fatores contribuem para que o patógeno esteja presente na maior parte da região durante todos os meses do ano, favorecendo o surgimento precoce da moléstia e o desenvolvimento de epidemias. Como resultado, durante todo o ano há uma grande quantidade de inóculo disponível, o que induz a seleção e fixação de isolados com novas combinações de virulência.

O número reduzido de genes de resistência ainda efetivos torna cada vez mais difícil o controle através desta estratégia, pois limita os programas de melhoramento a uma base genética de resistência muito estreita, o que tende a tornar a resistência do fungo efêmera (CHAVES & BARCELLOS, 2006). Chaves & Barcellos (2006) comprovam essa afirmação em trabalho realizado no ano de 2002, em que foram avaliados 143 genótipos de trigo no qual se identificaram duas novas combinações de virulência, as raças

denominadas B50 e B51 que, segundo as pesquisadoras, segue um padrão observado há cinco anos, que é o surgimento de zero a duas raças por ano. Nesse estudo ficou comprovada a alta diversidade e plasticidade da população de *P. triticina* amostrada no Brasil, bem como a grande capacidade de adaptação desta a este ambiente e às cultivares de trigo com resistência baseada em genes isolados. Como alternativa mais promissora, as autoras sugerem a intensificação da pesquisa e utilização de formas de resistência mais estáveis, como a resistência parcial de planta adulta, uma vez que não causa a pressão de seleção para raças virulentas do patógeno, como ocorre com a resistência específica a raças, baseada em genes isolados.

2.5.1.2 Resistência genética no controle da ferrugem asiática da soja

A obtenção de cultivares resistentes a ferrugem asiática da soja tem sido um desafio para a pesquisa (OLIVEIRA et al., 2005). Existem relatos de genes dominantes para a resistência, denominados Rpp1, Rpp2, Rpp3 e Rpp4, identificados em introduções de plantas e cultivares. No entanto, a estabilidade dessa resistência é duvidosa devido à grande variabilidade do patógeno (Hartman et al. apud GODOY & CANTERI, 2004b).

Embora haja o conhecimento de fontes de resistência, nenhum desses genes tem sido empregado em cultivares comerciais devido a evidências de ocorrência de raças fisiológicas de *P. pachyrhizi* (ALVES, 2007). No Japão, 45 isolados monouredinais do fungo foram coletados em soja e em hospedeiros alternativos

(*Pueraria lobata* e *Glycine soja*) e inoculados em um conjunto de plantas diferenciadoras, em nove cultivares de soja e duas linhagens de *G. soja*. Nesse trabalho, foram identificadas nove raças em soja e 11 nos hospedeiros alternativos (YAMAOKA et al., 2002). No Brasil, embora não haja comprovação científica, devido à inexistência de hospedeiros diferenciadores de raças até o momento, admite-se que haja também inúmeras raças do patógeno em campos de soja (ZAMBOLIM, 2006).

No período de fevereiro a junho de 2002, foram avaliadas 452 cultivares comerciais, em casa de vegetação, pela EMBRAPA Soja em Londrina, PR (YORINORI, 2002). No entanto, em junho de 2003, inoculações artificiais utilizando-se isolados do Mato Grosso, quebraram a resistência da cultivar FT-2 e de todas as demais previamente selecionadas no ano anterior (UGALDE, 2005).

A utilização de apenas um gene no manejo da doença, portanto, é limitada, o que faz com que a resistência parcial e a tolerância cresçam em importância em trabalhos de melhoramento genético. Em condições de campo, linhagens com resistência parcial mostram menor desenvolvimento de lesões ao longo do ciclo da cultura. Devido às dificuldades de incorporar a resistência parcial em programas de melhoramento e ao uso limitado desta com o avanço das gerações, a estratégia de selecionar plantas com estabilidade de produção (tolerância) tem se tornado interessante. A tolerância refere-se a estratégia de selecionar genótipos com elevado potencial de produção mesmo na presença do fungo (Hartman et al. apud FURTADO, 2007).

2.5.2 Controle químico

Dentre as medidas de controle, o emprego de cultivares resistentes é a mais econômica e eficaz. Contudo, apesar dos esforços da pesquisa, ainda não estão disponíveis cultivares com um nível de resistência que dispensem o uso de controle químico com fungicidas (REIS & CASA, 1997). Nesse contexto, o uso de fungicidas constitui uma ferramenta importante para estabilizar a produtividade das culturas (PICININI et al., 1996).

Fungicida é, conceitualmente, um composto químico que mata ou inibe o crescimento do fungo, muito embora, compostos que inibem temporariamente o crescimento fúngico ou a germinação do esporo, são corretamente denominados fungistáticos, como é o caso dos benzimidazóis, triazóis, estrobilurinas, entre outros. Em outros casos, os compostos químicos inibem ou previnem a produção de esporos, sem afetar o crescimento fúngico. São os denominados antiesporulantes. Entre os triazóis, um dos produtos com ação antiesporulante é o difenoconazole (AZEVEDO, 2007).

Dos fungicidas disponíveis, com eficácia comprovada até o momento para o controle da ferrugem, estão os triazóis e estrobilurinas (AZEVEDO, 2007). Na prática, recomenda-se o uso dos mesmos em mistura a fim de evitar ou adiar o surgimento de resistência na população dos fungos (ZAMBOLIM, 2006).

Os triazóis e, segundo Azevedo (2007), algumas estrobilurinas (azoxistrobin, piraclostrobin, picoxistrobin e fluaxistrobin) são considerados fungicidas sistêmicos pelo fato de apresentarem mobilidade no vegetal, ou seja, são absorvidos pelas

raízes e folhas, sendo, posteriormente, translocados pelo sistema condutor da planta (principalmente via xilema) (REIS et al., 2001b; AZEVEDO, 2007). Em gramíneas, a translocação é completa dentro da folha (da base para o ápice), por outro lado, em plantas de folhas largas, tais fungicidas apresentam uma ação loco sistêmica, ou seja, são translocados somente a pequenas distâncias dentro do tecido vegetal, necessitando, por isso, de boa cobertura para que seja obtida sua máxima eficiência (REIS et al., 2001b).

Azevedo (2007) afirma que a maioria dos fungicidas sistêmicos pode também ter translocação translaminar, ou seja, sendo aplicados em uma superfície da folha serão translocados até a outra. Reis et al. (2001b), por outro lado, abordam essa atividade translaminar como fungicidas mesostêmicos sendo as estrobilurinas representantes desse grupo. Fungicidas mesostêmicos possuem estreita afinidade com a superfície foliar da planta e são absorvidos pela camada de cera, formando um depósito na superfície do órgão vegetal. Posteriormente, o produto pode ser redistribuído na superfície do vegetal por sua fase de vapor, com translocação vascular mínima ou inexistente (REIS et al., 2001b, AZEVEDO, 2007). Geralmente, esses compostos possuem característica de ação sistêmica mais lenta conferindo maior tempo de proteção (residual) (HEWITT, 1998).

Os fungicidas sistêmicos estão menos sujeitos a perdas pela chuva e tem a habilidade de inibir o crescimento do patógeno depois que a infecção ocorre nos tecidos da planta (AZEVEDO, 2007). Além disso, atuam em sítios bioquímicos específicos sendo os triazóis inibidores da síntese dos esteróis (HEWITT, 1998). Os esteróis são componentes funcionais na manutenção da integridade da

membrana celular. Nos fungos, o principal esteroide é o ergosterol. As proteínas e lipídios são os componentes estruturais da membrana, sendo o lipídio, o ergosterol. Uma redução na disponibilidade do ergosterol resulta no rompimento da membrana celular e extravasamento de eletrólitos da célula (HEWIT, 1998; REIS et al., 2001b).

Quanto ao modo de ação, as estrobilurinas tem a habilidade de inibir a respiração mitocondrial pelo bloqueio da transferência de elétrons no complexo citocromo-bc 1. Essa ação interfere na formação de ATP que é a energia vital para o crescimento dos fungos (HEWIT, 1998; REIS et al., 2001b).

Os fungicidas, de acordo com Reis et al. (2007), quanto ao momento de aplicação relacionado às subfases do processo infeccioso envolvidas, podem ser classificados como: preventivos, curativos ou erradicantes. O tratamento preventivo considera a aplicação em pré-infecção e pré-sintoma. Aplicações curativas, por sua vez, são feitas pós-infecção, mas pré-sintomas. E o tratamento erradicante ocorre após o aparecimento dos sintomas.

2.5.2.1 Controle químico no manejo da ferrugem da folha do trigo

Alguns critérios para o início do controle químico da ferrugem da folha do trigo foram estabelecidos pela Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo (RECOMENDAÇÕES, 2007a).

Em cultivares suscetíveis, o controle da ferrugem deverá ser iniciado no aparecimento das primeiras pústulas do fungo e preventivamente em condições favoráveis para a doença. Com relação

a cultivares com desenvolvimento lento de ferrugem (RPA - resistência de planta adulta), indica-se verificar junto à instituição obtentora do registro do cultivar o manejo adequado e acompanhar o progresso da doença.

Existe, ainda, o parâmetro do Limiar do Dano Econômico (LDE) para se definir o momento mais apropriado para se fazer a aplicação de fungicidas destinadas ao controle das doenças da cultura de trigo e de triticales.

Para cultivares que apresentam resistência de planta adulta (RPA), a decisão quanto ao momento para a aplicação do fungicida deve ser baseada no LDE calculado segundo a equação que expressa a função de dano: $R=1000-3,33I$, onde R é o rendimento de grãos de trigo e I é a incidência foliar. Para cultivares suscetíveis, a função é: $R=1000-6,08I$. Já os cultivares classificados como resistentes, por sua vez, não respondem economicamente ao controle químico (RECOMENDAÇÕES, 2005).

A reaplicação dos fungicidas deverá ser realizada sempre que necessária para manter a doença em baixos níveis de infecção.

2.5.2.2 Controle químico no manejo da ferrugem asiática da soja

De acordo com as Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (RECOMENDAÇÕES, 2007b), o controle químico da ferrugem asiática pode ser feito de maneira preventiva, a partir do início da floração ou quando da detecção da doença na região. Também se recomenda o início do controle com fungicidas quando do aparecimento dos primeiros

sintomas (5% de incidência). Contudo, segundo Juliatti (2005), qualquer menção de controle curativo/erradicante poderá ser catastrófica em função de não se saber o que está incubando nas folhas: quando se observa 1% de folhas doentes, podem existir até 20% das folhas com infecção não visível, o que torna o controle bem mais difícil.

Azevedo (2007) concorda com Juliatti (2005) e afirma que um exemplo de manejo químico feito incorretamente, em larga escala, em várias regiões produtoras de soja, foi o uso curativo de fungicidas sistêmicos para o controle da ferrugem da soja. Segundo o autor, aplicações curativas aumentaram muito a vulnerabilidade da cultura à doença, permitindo sua reinfecção rápida, causando perdas e frustrações de safras em muitas lavouras comerciais.

2.5.3 Medidas complementares de controle

Até o momento, especialmente para a ferrugem asiática da soja, a aplicação fungicida tem sido a única ferramenta eficiente no controle da doença, tendo em vista a dificuldade de seleção de genótipos resistentes ao patógeno. Entretanto, algumas medidas complementares de manejo podem ser implementadas visando a minimização dos efeitos da doença e a otimização do controle químico, quais sejam: eliminar plantas voluntárias ou hospedeiros alternativos e respeitar os 90 dias de “vazio sanitário” na entressafra no intuito de reduzir o inóculo nos primeiros plantios; utilizar cultivares mais precoces semeadas no início da época recomendada

para cada região; evitar o prolongamento do período de semeadura; semear a soja em densidade que permita um bom arejamento e maior eficiência na penetração dos fungicidas; evitar aumentar, pela irrigação, a duração diária do molhamento foliar causado pelo orvalho; monitorar com frequência as lavouras, especialmente no período próximo a floração e observar se há condições de temperatura e umidade favoráveis ao patógeno (YORINORI & WILFRIDO, 2002; YORINORI, 2004a; GODOY et al., 2006; REIS et al., 2006).

2.6 Aumento da intensidade e dificuldades no controle das ferrugens

O progresso de uma doença pode ser explicado por duas vias: a via horária e a via anti-horária da infecção. A via horária, típica de patossistemas temperados, como no caso da ferrugem da folha do trigo, caracteriza-se pelo aparecimento de novas lesões, através da deposição, germinação e penetração de esporos de fora do sistema sobre um sítio sadio tornando-o doente, ou mais precisamente, latente. Após um período de latência, esse sítio torna-se infeccioso passando a produzir esporos que darão origem a novas infecções (Fegies apud BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996). Esse processo é contínuo até que toda a lavoura esteja infectada (VANDERPLANK, 1963). Já a via anti-horária da infecção, típica de patossistemas tropicais, caracteriza-se pelo crescimento daquelas lesões já existentes por meio da infecção dos sítios adjacentes àqueles previamente doentes. O progresso da doença, no tempo, nos trópicos pode ser explicado tanto pelo aumento de novas lesões (via horária) quanto pelo crescimento

das lesões existentes (via anti-horária) (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996). Entretanto, segundo Melching apud Bergamin Filho (2006), a ferrugem asiática da soja, apresenta um padrão de comportamento um pouco diferente daquele apresentado por doenças tropicais. O crescimento das lesões dá-se pelo aumento do número de urédias sobre as lesões por um período de até sete semanas após a inoculação em virtude do crescimento do patógeno no interior do tecido do hospedeiro. A via anti-horária tem a vantagem de tornar os fitopatógenos tropicais menos dependentes das variações climáticas, principalmente, molhamento foliar e temperatura (DEL PONTE et. al, 2006b).

O período de incubação ou período de latência é, conceitualmente, o tempo compreendido entre a deposição do patógeno sobre o hospedeiro e o aparecimento do sintoma (VANDERPLANK, 1963; BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996). Sintoma, nesse contexto, refere-se à exteriorização da doença observável a olho nu (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 2002). Em epidemiologia, a importância do período de incubação deve-se ao fato de a quantificação da doença basear-se, via de regra, em sintomas visíveis (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 2002; CAMPBELL & MADDEN, 1990). Um período de incubação de cinco dias significa, para condições de ambiente, hospedeiro e patógenos constantes, que as infecções que originaram os sintomas exteriorizados no tempo t ocorreram no tempo $t-5$. Assim, a curva total da doença - que inclui a doença visível (lesões mais velhas que o período de incubação) e a doença invisível (lesões mais novas que o período de incubação) - e a

curva da doença visível são paralelas e defasadas no tempo por um período de incubação (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 2002).

Segundo Boller et al. (2007), a tomada de decisão quanto ao momento do controle deve sempre considerar as condições que precederam a avaliação e àquelas que são previstas para os próximos dias. Se elas forem favoráveis nos dias anteriores, há muito mais infecções em estágio de incubação na planta do que aquela quantidade expressa pelos sintomas. O período de incubação da ferrugem da folha do trigo, por exemplo, é de sete a dez dias. Dessa maneira, um tecido vegetal poderá ter até sete infecções não visíveis para cada lesão visível. Qualquer avaliação visual da doença iria subestimar o problema (apenas 12,5% do total).

Ainda de acordo com Boller et al. (2007) a eficácia do controle depende da idade da infecção. Uma aplicação de fungicida sobre infecções recém estabelecidas resulta na morte do patógeno. Azevedo (2007) relata o efeito curativo/ erradicante mais pronunciado dos fungicidas até 48 a 72 horas após a infecção do patógeno. Em infecções mais velhas (maiores que meio período latente), a energia não mais utilizada para o crescimento é realocada para a reprodução, originando lesões e formando esporos, viáveis ou não. Esse processo perdura por três a quatro dias, às vezes mais se a temperatura estiver baixa. À primeira vista, esse fato surpreende o produtor, que percebe mais lesões após a aplicação do fungicida e pode interpretar como falha no controle. A causa, no entanto, está no elevado número de infecções em estágio de incubação, não visíveis, o que reforça a necessidade de se aplicar mais cedo, preventivamente ou, no máximo

quando do aparecimento dos primeiros sintomas (BOLLER et al., 2007).

Após a aplicação, a doença permanece estável por alguns dias, o que é conhecido como período de persistência ou residual. Os fatores que mais encurtam o residual de um fungicida são o uso de sub-doses, aplicações curativas e pulverizações inadequadas (BOLLER et al., 2007). As reduções no residual serão tão mais drásticas quanto maior a densidade do patógeno e, a retomada da doença, ocorre num ritmo acelerado pela quantidade de tecido sadio que restou disponível para infecção (AZEVEDO, 2007; Berger apud BOLLER et al., 2007).

Outro aspecto importante relacionado a aplicação, de acordo com Boller et al. (2007), diz respeito a reduzida movimentação de alguns grupos químicos de fungicidas em alguns hospedeiros. Os fungicidas mais sistêmicos deslocam-se para outras partes da folha, geralmente bordas e ápice, mas tem pouca mobilidade de uma folha para outra. Outro ponto a ser considerado é a movimentação predominantemente acropetal dos fungicidas, que não permite a redistribuição para a parte basal da planta. Disso resultam partes não protegidas da planta. Nessa situação, é necessária uma melhor distribuição do fungicida durante a aplicação, caso contrário, uma segunda aplicação deve ser posicionada em um intervalo menor que aquele tradicionalmente recomendado.

2.7 Epidemiologia

Segundo Agrios (1997), quando um patógeno se dissemina e infecta diversos indivíduos dentro de uma população, de uma área extensa, em um período de tempo relativamente curto, o fenômeno é denominado epidemia. Uma epidemia é definida como o incremento da doença em uma população. O estudo de epidemias e os fatores que as influenciam é denominado epidemiologia ou, de acordo com Kranz (1974), sob um enfoque mais completo, epidemiologia é o estudo de populações de patógenos em populações de hospedeiros e da doença resultante desta interação, sob a influência do ambiente e da interferência humana. Entretanto, Aust et al. apud Bergamin Filho & Amorin (1996) afirmam que a epidemiologia não trata somente de populações e, segundo esses pesquisadores, para conhecer com detalhe o que acontece neste nível, é necessário descer um degrau e estudar o comportamento dos indivíduos. O número de esporos produzidos por lesão, numa determinada variedade e numa determinada temperatura, é, por exemplo, um estudo ao nível de indivíduo que ajuda a compreensão de fatos que acontecem ao nível de população. Mesmo informações obtidas ao nível de órgão ou tecido podem contribuir para que se tenha uma visão holística do que acontece no campo.

A epidemiologia, como na maioria das ciências, apresenta duas faces distintas: a face acadêmica e a face aplicada. A primeira tem por objetivo uma melhor compreensão da estrutura e do comportamento das doenças no campo e a segunda, baseando-se na primeira, tem por principal objetivo a otimização do controle de

doenças. Uma melhor compreensão da estrutura e do comportamento das doenças é importante por si só, mas o grande desenvolvimento da epidemiologia nos últimos anos deveu-se, sem dúvida, às possibilidades de seu uso na otimização do controle de doenças, postula Bergamin Filho (1995a).

2.7.1 Epidemiologia comparativa

Kranz (1980) afirma que todo o conhecimento inicia com a comparação e a comparação é a maior ferramenta científica. Todas as ciências, e a epidemiologia não é exceção, começam com meras descrições de fenômenos, avançam através de comparações dedutivas e atingem a maturidade quando são capazes de chegar a generalizações (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996). A epidemiologia comparativa, nesse contexto, tem o escopo de checar hipóteses e teorias, abolindo aquelas que não passaram nos testes e retendo aquelas que não se pôde rejeitar. Através dela, se sustentam muitos dos princípios epidemiológicos que hoje vigoram (KRANZ, 1974; KRANZ, 1980).

A partir da definição daquilo que é diferente, similar ou idêntico entre as doenças, a epidemiologia comparativa permite definir modelos e princípios gerais de aplicação para a multiplicidade de simples eventos que ocorrem em doenças de plantas e suas epidemias (KRANZ, 1974). A epidemiologia comparativa é, portanto, um dos ramos da epidemiologia que mais tem contribuído para a compreensão dos mecanismos que governam o desenvolvimento de

doenças em populações, permitindo, dessa maneira, que melhores estratégias gerais de controle sejam definidas (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996).

Existem várias abordagens para a comparação de epidemias. A melhor delas, talvez, seja lembrar que as epidemias são sistemas. Sistemas, por sua vez são compostos de elementos e caracterizam-se por apresentar estrutura e comportamento (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996). A estrutura (e seus elementos) de diferentes fitopatossistemas pode ser comparada, segundo Zadoks & Schein (1980) e Kranz (1988), apud Bergamin Filho & Amorim (1996), através da caracterização: 1) da própria estrutura dos sistemas (número e tipo de elementos e suas inter-relações); 2) da semelhança existente entre os elementos que compõem a estrutura dos sistemas (homologia e/ou analogia entre os componentes); 3) da semelhança existente entre as funções desempenhadas por cada elemento que compõe a estrutura dos sistemas (esporos de origem sexual – presentes somente no início ou durante todo o ciclo da cultura, por exemplo); 4) da importância relativa dos elementos que compõem a estrutura dos sistemas (período latente, período infeccioso, número de esporos produzidos...). Já o comportamento (Kranz apud BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996) é convenientemente caracterizado pela forma da curva de progresso da doença (logística, de Gompertz, monomolecular, exponencial...) e, dentro desta, pela quantificação de seus parâmetros constituintes ou correlatos como, entre outros, 1) a inclinação da curva; 2) a quantidade inicial da doença; 3) a quantidade final da doença; 4) a quantidade máxima da doença; 5) a área sob a curva de

progresso da doença; 6) a duração da assíntota; 7) a duração da epidemia; 8) a duração da fase ascendente da curva; 9) a duração da fase descendente da curva; 10) o tempo entre a emergência do hospedeiro e o primeiro sintoma; 11) o tempo entre o fim da atual e o início da próxima epidemia. Para Bergamin Filho (1995b) ensaios conduzidos em câmaras de crescimento e laboratório, usualmente fornecem informações precisas sobre a estrutura e o comportamento de subsistemas do sistema estudado, importantes para a compreensão global do problema.

A comparação entre o efeito de fatores climáticos sobre a severidade das ferrugens dos cereais pode explicar a seqüência do seu aparecimento em lavouras de trigo, sendo esse um estudo comparativo sugerido por Kranz (1980). Outro exemplo de estudo nesse sentido, proposto por Cooke & Jones apud Kranz (1980), compara o progresso das doenças causadas por *Septoria nodorum* (Berk.) Berk e *S. tritici* Rob. em trigo visando determinar as diferenças básicas entre o comportamento dos dois patógenos pertencentes ao mesmo gênero e o efeito destes sobre a redução da produtividade.

No Brasil, um trabalho de Azevedo et al. (2002) relacionando a podridão negra (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) e a alternariose (*Alternaria brassicola*) do repolho foi realizado, no estado de Pernambuco, dando ênfase aos aspectos temporais (valores iniciais e máximos de incidência e severidade, taxas estimadas de progresso e áreas abaixo da curva de progresso das doenças) e espaciais (distribuição e possível fontes de inóculo primárias e secundárias) das doenças visando esclarecer alguns

aspectos da epidemiologia de tais enfermidades ainda desconhecidos regionalmente.

Vitti et al. compararam os patossistemas *Puccinia sorghi*-milho e *Exserohilum turcicum*-milho, primeiramente sob condições controladas e, em outro trabalho, sob condições naturais, nos municípios de Londrina (PR) e Piracicaba (SP). No primeiro trabalho (Vitti et al., 1995a), parâmetros monocíclicos como eficiência de doença, período de incubação, velocidade de crescimento das lesões e produção de esporos sob diferentes temperaturas foram quantificados e comparados com o objetivo de estabelecer diferenças e semelhanças no progresso de doenças causadas pelos dois patógenos causadores de doenças no milho. No experimento em que os patossistemas foram comparados em condições de campo (Vitti et al., 1995b), foram avaliados o número de lesões, área das lesões, severidade de doença e esporulação. O objetivo de tal trabalho foi verificar se os resultados obtidos sob condições controladas se repetiam em condições naturais de infecção.

Bergamin Filho & Amorim (2001) publicaram uma revisão comparando os fitopatossistemas tropical e temperado. Como representantes do patossistema tropical, nesse estudo, foram citados *Exserohilum turcium* (Pass.) em milho (*Zea mays* L.); *Alternaria solani* em batata (*Solanum tuberosum* L.), *Microcyclus ulei* (Heen.) v. Arx. em seringueira (*Hevea brasilienses* (Willd. Ex Adr. De Juss.) Muell. & Arg.) e *Mycosphaerella musicola* Leach em bananeira (*Musa* spp.) e do patossistema temperado, *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. em macieira (*Malus domestica* Borkh.) e *Puccinia*

graminis Pers. em trigo. Aspectos como, a sobrevivência dos patógenos entre as estações de cultivo do hospedeiro e entre os ciclos do fungo; taxa aparente de infecção; ingresso e/ou manutenção de mutantes resistentes; via anti-horária de infecção; persistência de mutantes resistentes e adaptabilidade dos mesmos foram caracterizados e comparados com o intuito de verificar as conseqüências do comportamento diferencial dos fitopatógenos na origem e seleção de resistência a fungicidas.

Bergamin (2006), diante da constatação da importância de epidemias de ferrugem asiática para as regiões tropicais e subtropicais como o Brasil, expandiu o estudo comparativo entre as estratégias gerais utilizadas pelos patógenos de doenças temperadas e tropicais proposto por Bergamin Filho & Amorim (1996), dando ênfase ao fungo *P. pachyrhizi*, no qual identificou um comportamento diferente dele quanto aumento da doença no tempo em relação a outras ferrugens e a doenças de clima tropical e temperado.

Esses são alguns exemplos de estudos encontrados na literatura que utilizam a epidemiologia comparativa como ferramenta na compreensão de como funcionam patossistemas. Essa compreensão, além de permitir que melhores estratégias de manejo sejam traçadas, identifica novos horizontes de pesquisa a fim de corrigir e aprimorar os estudos que se desenvolvem em universidades e centros de pesquisa (BERGAMIM, 2006).

2.7.1.1 Porque comparar a ferrugem asiática da soja com a ferrugem da folha do trigo.

A ferrugem da folha é uma das principais doenças que afetam a cultura do trigo e ocorre em praticamente todas as regiões do mundo onde o cereal é cultivado (SAMBORSKI, 1985; CHAVES & BARCELLOS, 2006). Notadamente, houve uma antecipação da ocorrência de ferrugem da folha do trigo em 2005, associada a uma alta pressão de inóculo, em relação a safras passadas, o que implicou na necessidade de antecipação do uso de fungicidas, especialmente no caso de cultivares mais suscetíveis a esta doença, chegando, inclusive, a inviabilizar a controle químico da mesma (CHAVES & MACIEL, 2006). A ferrugem asiática é, da mesma forma que a ferrugem da folha do trigo, a principal doença da cultura da soja e, segundo Godoy et al. (2006), especialmente nas safras 2004/2005 e 2005/2006, apresentou características semelhantes de antecipação de ocorrência atingindo lavouras de soja ainda no estágio vegetativo em função de uma alta pressão de inóculo oriunda de cultivos de soja sob irrigação na entressafra nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. A grande quantidade de inóculo associada a condições ambientais (temperatura e período de molhamento foliar) altamente favoráveis e diárias, antecipou a primeira aplicação de fungicida, assim como aumentou o número de aplicações necessárias para efetuar o controle da doença. Na safra 2005/2006, lavouras em Primavera do Leste, MT, com 18 dias já apresentavam sintomas e necessitaram de aplicação contra a

ferrugem. Em algumas lavouras existem relatos de até sete aplicações de fungicida havendo casos de abandono das mesmas.

Trabalhos preliminares com a ferrugem asiática, conduzidos no laboratório de Fitopatologia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, visando definir a metodologia a ser utilizada nos presentes experimentos, evidenciaram resultados variáveis, ocasionados pela maior dificuldade de manuseio do patógeno. A alternativa para balizar os resultados e as conclusões foi a utilização de um patossistema mais conhecido e mais fácil de operar, porém com características semelhantes à doença alvo. Nesse sentido, e somando-se ao fato de semelhança de comportamento especialmente na safra 2005/2006, é que se propôs esse estudo de epidemiologia comparativa entre a ferrugem da folha do trigo e a ferrugem asiática da soja.

CAPÍTULO II

EPIDEMIOLOGIA COMPARATIVA ENTRE A FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E A FERRUGEM DA FOLHA DO TRIGO: CONTROLE CURATIVO DE INFECÇÕES EM ESTÁGIO DE LATÊNCIA

VIRGÍNIA CRESTANI VIERO¹ & CARLOS ALBERTO
FORCELINI²

RESUMO – São poucas as informações sobre o papel das infecções latentes na epidemiologia da ferrugem asiática da soja, assim como o seu controle pela aplicação de fungicidas. Com o objetivo de avaliar esta questão, quatro experimentos foram desenvolvidos na Universidade de Passo Fundo, em 2007. Os trabalhos também incluíram a ferrugem da folha do trigo, a fim de permitir uma comparação entre os dois patossistemas. Os experimentos foram realizados em câmaras de crescimento com quatro cultivares de soja (CD 213RR, CD 214RR, CD 219RR e BRS 154) e quatro de trigo (BRS Angico, Fundacep Nova Era, Ônix e Safira). As plantas foram inoculadas com os respectivos patógenos e, um a sete dias após, pulverizadas com um fungicida triazol (tebuconazol) e uma mistura de triazol + estrobilurina (epoxiconazol +

¹Engenheira Agrônoma., mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia. vcviero@hotmail.com

²Orientador, Eng. Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF – forcelini@upf.br

piraclostrobin). O número de lesões, de urédias, de esporos e a germinação dos mesmos foram as variáveis quantificadas. O controle da ferrugem do trigo foi possível até quatro dias após a inoculação pelo triazol e cinco dias pela mistura. Esse período foi reduzido para um e dois em soja. As infecções não controladas evoluíram até a produção de esporos, em ambos os patossistemas. Contudo, a mistura contendo estrobilurina apresentou ação anti-esporulante sobre *Puccinia triticina*, fato ainda não relatado. A reduzida capacidade de cura das infecções latentes da ferrugem asiática em soja reforça a importância do manejo preventivo da doença.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*, *Puccinia triticina*, triazol, mistura de triazol+estrobilurina.

COMPARATIVE EPIDEMIOLOGY BETWEEN ASIAN RUST OF SOYBEANS AND WHEAT LEAF RUST: CURATIVE CONTROL OF LATENT INFECTIONS

ABSTRACT – Because the recent occurrence of Asian rust of soybeans in Brazil, there is little information about the role of latent infections on this disease epidemiology and its control. To address this question, four experiments were carried out at the Universidade de Passo Fundo in 2007. These studies also included the wheat leaf rust as a model pathosystem to compare with soybean rust. Plants of four cultivars of soybeans (CD 213RR, CD 214RR, CD 219RR, and BRS 154) and four of wheat (BRS Angico, Fundacep Nova Era, Ônix, and Safira) were grown in growth chambers,

inoculated with their respective pathogens, and sprayed with a triazol fungicide (tebuconazol) and a mix of triazol + strobilurin (epoxiconazol + pyraclostrobin) at different time intervals. The evaluations included countings of disease lesions and uredia, fungal spores, and spore germination. The wheat leaf rust was controlled up to four days after inoculation by the triazol and five days by the mixture. This period was shorter on soybeans, one day for triazol and two days for the mixture. The non-controlled infections resulted in spores for both pathosystems. The mixture of triazol and strobilurin reduced sporulation of *Puccinia triticina*, which has not been reported before. The low curative control of the latent infections reinforce the importance of managing soybean rust through protective applications of fungicides.

Key words: *Phakopsora pachyrhizi*, *Puccinia triticina*, triazol, mix of triazol + strobilurin.

1 INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática da soja, cujo agente causal é o fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd., foi identificada, em níveis epidêmicos, no Brasil no ano de 2001 e, em 2002, já se encontrava disseminada por 60% da área de cultivo do país, chegando a 100% no ano seguinte (YORINORI et al., 2003; YORINORI, 2004b). Somando-se os danos estimados com o que se deixou de colher e os custos em função do seu controle, o impacto da doença, desde a sua 2001 até a safra 2006/2007, está na ordem de 6,9 bilhões de dólares

(HENNING & GODOY, 2006; ROESSING, 2006; GODOY et al., 2008). Diante desse cenário, a ferrugem asiática é a principal doença da cultura da soja.

A disponibilidade limitada de cultivares resistentes à doença faz com que o manejo da cultura, por meio de épocas de semeadura e aplicação de defensivos, sejam alternativas (GODOY & CANTERI, 2004). Azevedo (2007) considera programas de pulverização com fungicidas a principal estratégia de controle, sendo os grupos químicos disponíveis e com eficácia comprovada até o momento os triazóis e as estrobilurinas. Na prática, recomenda-se o uso dos mesmos em mistura a fim de evitar ou adiar o surgimento de resistência na população do fungo (ZAMBOLIM, 2006; AZEVEDO, 2007).

A presença constante de plantas voluntárias de soja e os cultivos sob irrigação nos meses de inverno e primavera, especialmente na região central do Brasil, têm contribuído para a manutenção do inóculo durante o ano inteiro, através das chamadas “pontes verdes”. Esse fato, aliado a condições ambientais favoráveis, determinam o aparecimento da ferrugem mais cedo, ainda no período vegetativo das plantas (GODOY et al., 2006). Dessa maneira, é comum a aplicação de fungicidas quando da doença já instalada o que sabidamente reduz a eficácia dos mesmos e determina um maior número de aplicações, chegando, muitas vezes, a inviabilizar a cultura. Nesse sentido, torna-se importante conhecer o comportamento das infecções em estágio de latência na epidemiologia e no controle da ferrugem porque, de acordo com Boller et al. (2007), a eficácia do controle dos fungicidas depende da idade da infecção.

Estudos dessa natureza demandam inoculações controladas de maneira a atenuar variáveis alheias ao estabelecimento da patogênese (UGALDE, 2005). Trabalhos preliminares com a ferrugem asiática nessas condições, visando definir a metodologia a ser utilizada nos presentes experimentos, evidenciaram resultados variáveis. A alternativa para balizar os resultados e conclusões foi a comparação com o patossistema *Puccinia triticina* Erikss.- trigo, mais conhecido, fácil de operar e com características semelhantes à doença alvo.

Com o objetivo de otimizar o controle com fungicidas, no presente trabalho, procurou-se verificar até que momento após a infecção o controle é possível; como se comporta esse processo com fungicidas de diferentes mecanismos de ação; se existem diferenças nas respostas dos cultivares a doença e aos fungicidas e se o comportamento das ferrugens, quando do controle químico, se assemelha ou é específico a cada um dos patógenos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em câmaras de crescimento com controle de temperatura e fotoperíodo e no laboratório de Fitopatologia/Micologia da Universidade de Passo Fundo, no ano de 2007. Utilizou-se metodologia semelhante nos experimentos com os patossistemas *P. pachyrhizi*-soja e *P. triticina*-trigo. Todos os trabalhos foram conduzidos duas vezes. O

delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições constituídas de um vaso com quatro a cinco plantas.

Controle curativo de *Phakopsora pachyrhizi* em soja

Experimento 1:

Sementes de soja dos cultivares CD 213RR, CD 214RR, CD 219RR e BRS 154 foram semeadas em vasos com dois quilogramas de solo, os quais foram mantidos em ambiente aberto até o momento da inoculação (estádio V₄ – três trifólios completamente expandidos).

O inóculo foi multiplicado e conservado em plantas do cultivar BRS 154. Para o preparo da suspensão, foram adicionadas oito gotas do espalhante polioxietilenosorbitano (Tween 20) por litro de água destilada. Folhas com intensa esporulação foram imersas na solução e vigorosamente agitadas para liberação dos uredosporos. A suspensão foi calibrada para 4×10^4 esporos/mL, aferida através de contagens sob microscópio óptico.

Os folíolos a serem avaliados (último trifólio emitido), foram previamente marcados com caneta de tinta permanente e, após, borrifados com a suspensão de uredosporos até o ponto de escoamento. A condição de molhamento necessária à infecção foi obtida pela cobertura das plantas com saco plástico por 24 horas, e pela manutenção de uma lâmina de água de 2 cm nas bandejas. A temperatura de incubação foi de 21-22 °C, pois, segundo Alves

(2007), temperaturas de 20 a 22,5 °C apresentaram as melhores frequências de infecção. Após as 24 horas iniciais, a temperatura da câmara foi alterada para 23-24°C e o fotoperíodo mantido em 12 horas de luz.

Diariamente, por sete dias, foram aplicados os fungicidas, em grupos distintos de plantas. Utilizaram-se os ingredientes ativos tebuconazol (100 g i.a. ha⁻¹) e piraclostrobin + epoxiconazol (66,5 + 25 g i.a ha⁻¹), um triazol e uma mistura de triazol + estrobilurina, respectivamente. Para a aplicação, foi utilizado um pulverizador costal pressurizado com CO₂, pontas XR 110 015, calibrado para volumes de calda de 150 L ha⁻¹.

Aos 12 dias após a inoculação, foram coletados os folíolos centrais de cada trifólio marcado. Em laboratório, foi extraída uma área circular de 0,656 cm² de cada folíolo a ser avaliado, totalizando duas áreas circulares/repetição. O material foi mantido em caixas de gerbox de acrílico (11 x 11 x 3,5 cm de altura), contendo uma espuma de nylon e duas folhas de papel filtro sobrepostas e embebidas em água destilada. Após contagem do número de lesões e de urédias sob lupa estereoscópica, as caixas foram incubadas durante 24 horas a 25± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas de luz.

Terminado o tempo de incubação, foi adicionada uma alíquota de 2 mL de solução água destilada + Tween 20 (8 gotas/L) por célula de uma placa de acrílico contendo 24 células. O material vegetal foi lavado e deixado em imersão nessa solução, onde permaneceu por mais 14 horas a 25± 2 °C no escuro, para posterior determinação do número e viabilidade dos esporos.

Por fim, com micropipeta volumétrica, foram retiradas cinco amostras de 10 µL de cada um dos tratamentos, que foram depositadas sobre lâminas para análise ao microscópio ótico e contagem do número total de esporos e do número de esporos germinados.

Experimento 2:

Utilizou-se metodologia similar a anterior, modificada apenas em um ponto: desde a semeadura os vasos foram mantidos em câmara de crescimento a temperatura de 23-24 °C, alterada para 21-22 °C nas 24 horas que sucederam a inoculação.

Controle curativo de *Puccinia triticina* em trigo

Sementes de trigo dos cultivares Ônix, Safira, BRS Angico e Fundacep Nova Era foram semeadas em copos de polietileno de 400 mL de volume contendo substrato da marca comercial Plantmax + vermiculita (1:3). Os vasos permaneceram em câmara de crescimento sob temperaturas de 20-21 °C e fotoperíodo de 12 horas de luz.

Aos 12 dias após a semeadura (plantas com duas folhas completamente expandidas) foi realizada a inoculação. Os uredosporos foram cedidos pelo Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Trigo/Passo Fundo, e pertenciam à raça B55, virulenta aos cultivares de trigo utilizados no experimento. Para o preparo da suspensão, depositou-se uma alíquota do inóculo em solução de água

destilada + Tween 20 (8 gotas/L de água) e agitou-se vigorosamente. A suspensão foi calibrada para 2×10^4 esporos/mL.

A metodologia usada para marcação das folhas, inoculação e incubação das plantas e aplicação dos fungicidas foi idêntica a utilizada nos experimentos com soja. A única diferença é que as plantas, após a inoculação, foram mantidas em temperaturas de 22-23 °C e as doses dos fungicidas modificadas de acordo com o indicado pela pesquisa para a cultura do trigo (RECOMENDAÇÕES, 2007a), ou seja, 150 g i.a ha⁻¹ de tebuconazol e 100 + 37,5 g i.a ha⁻¹ de piraclostrobin+epoxiconazol.

Aos 12 dias após a inoculação, foram coletadas todas as folhas marcadas (seis por repetição) das quais foram cortadas seções de 5 cm de comprimento e cuja largura foi medida com paquímetro digital, para determinação da área a ser avaliada.

Sob microscópico estereoscópico efetuou-se a contagem do número de urédias em cada seção de folha. Estas foram posteriormente fragmentadas e imersas em água + Tween 20 por 14 horas. Após contou-se o número total de esporos e o número de esporos germinados, conforme metodologia descrita nos experimentos com soja.

Análises dos dados

Com os dados originais de número de urédias e de esporos foram calculadas as áreas abaixo das curvas de progresso do número de urédias (AACPNU) e esporos (AACPNE) pela expressão:

$$AACP = \sum [(Y_i + Y_{i+1})/2] * [t_{i+1} - t_i], \text{ onde}$$

Y_i e Y_{i+1} são duas avaliações consecutivas realizadas nos tempos t_i e t_{i+1} , respectivamente.

Foi realizada a análise de variância e as médias das AACPs e dos números de lesões, urédias e esporos aos sete dias após a inoculação comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software SAS, versão 8, quando se considerou a interação cultivar x fungicida (fatorial) e o programa SASM-Agri (CANTERI et al., 2001) quando se testou o efeito dos tratamentos com fungicidas (monofatorial). Para a normalização dos dados originais foi utilizada a transformação $\sqrt{(X + 1)}$ para fins análise estatística.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Controle curativo de *Puccinia triticina*

A aplicação curativa da mistura de triazol + estrobilurina, no patossistema *P. triticina*-trigo, permitiu o controle total das infecções instaladas até cinco ou seis dias antes, conforme dados dos experimentos 2 ou 1, respectivamente. No tratamento com triazol, o mesmo controle foi possível até quatro dias em ambos os ensaios (Figura 1). Diante dos resultados, percebe-se que a utilização de fungicidas permitiu o controle das infecções mais jovens, vindo a confirmar a afirmação de Boller et al. (2007) de que nas infecções mais velhas (maiores que meio período latente), a energia não mais utilizada para o crescimento é realocada para a reprodução, originando lesões e formando esporos.

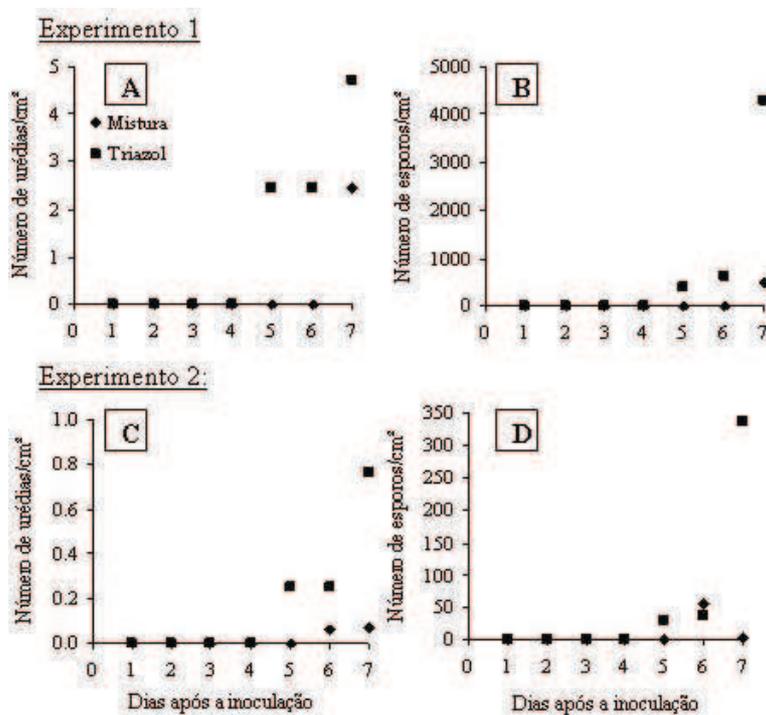


Figura 1 - Relação entre o número de urédias (A e C) ou número de esporos (B e D) e o intervalo em dias entre inoculação e a aplicação curativa dos fungicidas tebuconazol (triazol) e epoxiconazol + piraclostrobin (mistura), para o controle de *Puccinia triticina* em trigo.

Controle curativo de *Phakopsora pachyrhizi*

O controle curativo no patossistema *P. pachyrhizi*-soja, por sua vez, foi mais difícil do que no patossistema *P. triticina*-trigo. No experimento 1, tanto o triazol quanto a mistura não tiveram ação erradicante nem mesmo sobre infecções com um dia de idade. Já no experimento 2, o triazol conseguiu controlar totalmente infecções

instaladas 24 horas antes e a mistura controlou infecções com até 48 horas (Figura 2).

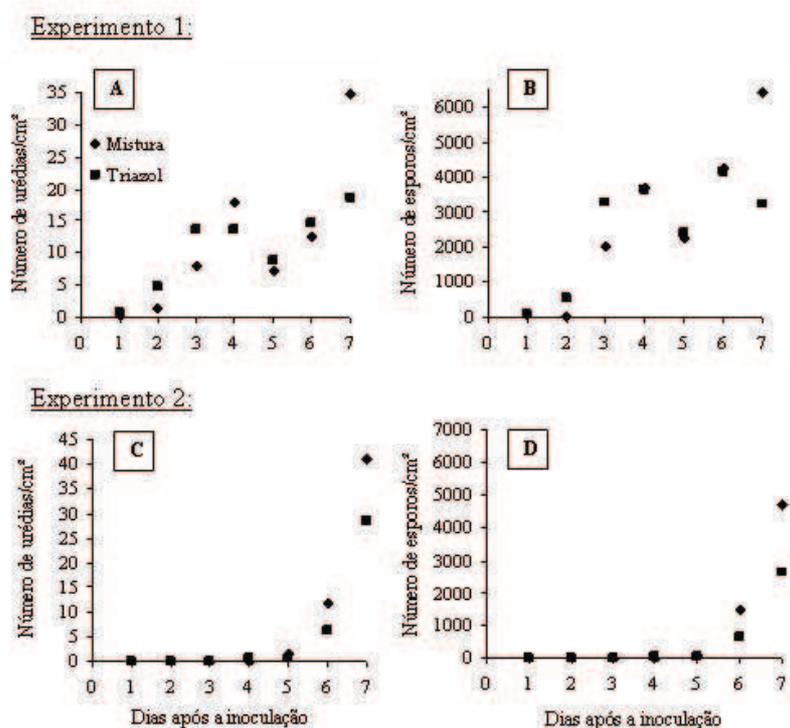


Figura 2 - Relação entre o número de urédias (A e C) ou número de esporos (B e D) e o intervalo em dias entre inoculação e a aplicação curativa de tebuconazol (triazol) ou epoxiconazol + piraclostrobin (mistura) para o controle de *Phakopsora pachyrhizi* em soja.

Os resultados obtidos especialmente no ensaio 1 corroboram com Ugalde (2005) que demonstrou que, em controle curativo, piraclostrobin e epoxiconazol, separados e em adição, no período de duas horas após a inoculação de *P. pachyrhizi*, foram capazes de impedir o desenvolvimento da ferrugem asiática, atuando

de forma curativa. Ao passo que, os demais tratamentos curativos, feitos diariamente de 1 a 8 dias após a inoculação, não obtiveram o mesmo resultado, porém, retardaram o desenvolvimento da doença.

Godoy & Canteri (2004), testando o efeito de fungicidas também constataram que aplicação aos dois dias após a inoculação de *P. pachyrhizi* reduziu a quantidade de infecções, entretanto, não atuou de forma erradicante. Azevedo (2007), por sua vez, relata que o efeito curativo e erradicante dos fungicidas sistêmicos é mais pronunciado nas primeiras 48 a 72 horas após a infecção dos patógenos, como verificado no experimento 2 (*P. pachyrhizi*). Ugalde (2005) acredita que esse comportamento se deva à inibição da colonização dos tecidos foliares, ou mesmo um efeito fungistático sobre os uredinosporos.

Os dados obtidos nos experimentos com a ferrugem do trigo, quando comparados aos da ferrugem da soja, portanto, foram menos variáveis e evidenciaram um maior período de tempo em que é possível o controle total das infecções assintomáticas, ou seja, o período entre a condição ideal de temperatura e molhamento foliar e a tomada de decisão quanto à aplicação é maior para a ferrugem da folha. Dessa maneira, ao se pensar em aplicações curativas, especialmente para a ferrugem asiática, deve-se ter ciência que o controle dificilmente será de 100% e que quanto maior o número de infecções não controladas, mais rápida será a retomada da doença, reduzindo o período de proteção conferido às plantas. A não erradicação das infecções no período de incubação faz com que novas lesões apareçam após as aplicações, o que, também, pode levar a interpretações errôneas de ausência de controle (Boller et al., 2007).

Quantidade máxima de doença

A quantidade máxima de doença foi observada quando as aplicações foram realizadas sobre infecções assintomáticas com sete dias de idade, confirmando as observações de Godoy & Canteri (2004), de que o efeito curativo dos fungicidas sobre *P. pachyrhizi* se reduz com o atraso nas aplicações (2, 4 e 8 dias após a inoculação).

Tabela 1 - Número de lesões, urédias e esporos produzidos por cm² de área foliar após aplicações curativas de fungicidas aos sete dias após a inoculação e contabilizados aos 12 dias após a inoculação nos patossistemas *P. triticina*-trigo e *P. pachyrhizi*-soja

<i>P. triticina</i> -trigo			<i>P. pachyrhizi</i> -soja			
Trat.	Nº urédias	Nº esporos	Trat.	Nº lesões	Nº urédias	Nº esporos
Experimento 1			Experimento 1			
Test.	8,34 a	6738,51 a	Test.	21,30 a	31,89 a	4002,94 b
Triazol	4,69 b	4300,94 b	Triazol	28,90 a	18,55 a	3209,69 b
Mistura	2,44 c	491,58 c	Mistura	26,10 a	35,63 a	6758,12 a
CV %	6,53	5,9	CV %	7,13	17,09	4,47
Experimento 2			Experimento 2			
Test.	2,23 a	2108,46 a	Test.	24,77 a	50,69 a	7016,43 a
Triazol	0,76 b	337,95 b	Triazol	21,53 a	28,46 b	2654,98 c
Mistura	0,07 c	3,61 c	Mistura	21,47 a	44,71 ab	5115,18 b
CV %	2,45	9,47	CV %	6,33	8,62	5,89

Médias seguidas por letras distintas, na vertical, diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

No patossistema *P. triticina*-trigo, houve diferença significativa na quantidade máxima de doença (7 DAI) entre os tratamentos e a testemunha, assim como entre os tratamentos com fungicidas (Tabela 1). O tebuconazol, na média dos dois experimentos, reduziu em 48,5% o número de urédias e em 47,6% o número de esporos/cm² em relação à testemunha. A mistura diminuiu

em 76,3% o número de urédias e 94,4% o número de esporos. Foi fato marcante a considerável redução no número de esporos pela mistura de fungicidas. Alguns triazóis, como o difenoconazol, são citados na literatura como produtos de ação antiesporulante (AZEVEDO, 2007). Entretanto, nenhuma citação sobre o assunto foi encontrada para as estrobilurinas, cuja principal ação, segundo Hewitt (1998), está na germinação dos esporos. É possível a existência de alguma interação dos componentes da mistura ou da estrobilurina isoladamente sobre o processo de produção de esporos que ainda não é conhecida e, por isso, merece estudos complementares.

No patossistema *P. pachyrhizi*-soja não houve diferença significativa na quantidade máxima de lesões e urédias produzidas após aplicação de triazol ou mistura de ativos aos 7 DAI (Tabela 1). A diferença se tornou evidente apenas na produção de esporos, com o triazol mais eficiente à mistura. No experimento 2 (Tabela 1), em que as plantas permaneceram desde a semeadura em câmara de crescimento e, por isso, seguramente as infecções foram geradas a partir de inoculações artificiais, ocorreu uma redução no número de lesões e urédias, em relação à testemunha, na ordem de 13,3 e 11,7% para a mistura e 13,1 e 43,8% para o triazol. O número de esporos foi de 7016,43 para a testemunha, porém 27,1% menor para a mistura e 62,2 % para o triazol.

Áreas abaixo das curvas de progresso do número de urédias (AAPNU) e de esporos (AAPNE)

Mesmo com a exteriorização dos sintomas/sinais após a aplicação dos fungicidas, a diminuição destes se tornou evidente quando integralizada na forma de AAPNU e AAPNE (Tabela 2). Houve controle significativo sobre as infecções latentes em comparação à testemunha, para ambas as ferrugens. Esses resultados corroboram com Godoy e Canteri (2004), que também verificaram redução nos sintomas de ferrugem asiática quando os fungicidas foram aplicados no período de incubação da doença. No patossistema *P. triticina*-trigo evidenciou-se a superioridade da mistura de triazol + estrobilurina em relação ao triazol sozinho. Na média dos dois experimentos, a testemunha gerou uma AAPNU de 31,69 unidades e uma AAPNE de 26540,92 unidades. O triazol reduziu a AAPNU e AAPNE em 89,9% e 93,6%, contra 97,9% e 99,4% da mistura.

Os resultados obtidos divergem daquilo que se considera uma vantagem dos triazóis quando comparados as estrobilurinas no que diz respeito à ação curativa/erradicante. Os triazóis são mais sistêmicos, o que confere uma característica de maior mobilidade, ocupando mais rapidamente os sítios infectados ou passíveis de infecção. Ao passo que as estrobilurinas apresentam uma ação sistêmica mais lenta, propriedade que confere maior residual e, portanto, maior eficiência em aplicações preventivas (Hewitt, 1998).

A divergência nos dados encontrados nos experimentos em comparação ao efeito curativo esperado do triazol, no entanto, pode ser explicada por recentes trabalhos realizados por Arduim et al.

(2007a), que confirmaram mudanças na sensibilidade de isolados da raça B55 de *P. triticina* aos fungicidas triazóis.

Tabela 2 - Área abaixo da curva de progresso do número de urédias (AAPNU) e número de esporos (AAPNE) da ferrugem da folha do trigo e da ferrugem asiática da soja, em dois experimentos

<i>P. triticina</i> -trigo			<i>P. pachyrhizi</i> -soja		
	Urédias/cm ²	Esporos/cm ²		Urédias/cm ²	Esporos/cm ²
Experimento 1			Experimento 1		
Test.	50,01 a	40431,05 a	Test.	191,31 a	24017,62 a
Triazol	7,25 b	3178,87 b	Triazol	65,32 b	15667,34 b
Mistura	1,23 c	245,79 c	Mistura	65,17 b	15707,57 b
CV%	3,90	6,63	CV%	13,98	2,52
Experimento 2			Experimento 2		
Test.	13,37 a	12650,79 a	Test.	304,12 a	42098,58 a
Triazol	0,880 b	234,64 b	Triazol	4,75 b	2076,98 c
Mistura	0,093 c	55,43 b	Mistura	36,08 b	4166,67 b
CV%	3,95	11,01	CV%	6,71	4,28

Médias seguidas por letras distintas, na vertical, diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Para *P. pachyrhizi*-soja, não houve diferença estatística entre o tratamento com triazol e com mistura de ingredientes ativos no experimento 1 (Tabela 2). Isso pode ser atribuído ao fato das plantas terem permanecido em ambiente aberto até o momento da inoculação, podendo ter ocorrido alguma infecção natural. Os resultados para o número de urédias no experimento 2, contudo, confirmam essa igualdade dos fungicidas no controle da ferrugem da soja. Em relação ao número de esporos, entretanto, o triazol foi mais efetivo (95,07% de controle) do que a mistura (90,1%), comportamento esse, inverso ao obtido no patossistema *P. triticina*-trigo.

Miles et al. (2007) constataram, em experimentos conduzidos no Zimbábue, África do Sul e Paraguai, nos anos agrícolas 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005, que tratamentos contendo triazol, isoladamente ou em mistura, tiveram melhores desempenhos que outras moléculas no controle da ferrugem asiática. Contudo, tratamentos com mistura de triazol+estrobilurina proporcionaram rendimentos iguais ou maiores que o triazol isoladamente, associado à menor severidade e desfolha. Diante da similaridade de desempenho dos fungicidas triazóis isoladamente ou em mistura e do risco de redução ou perda de sensibilidade do fungo *P. pachyrhizi* a certas moléculas fungicidas, a exemplo do que ocorreu com a ferrugem da folha do trigo, torna-se evidente a importância de priorizar o uso de misturas de ingredientes ativos em detrimento dos mesmos isoladamente (ZAMBOLIM, 2006).

Viabilidade dos esporos

Tendência de redução na viabilidade dos esporos produzidos após controle curativo foi observada (Tabelas 3 e 4), como verificado por Godoy & Canteri (2004). Entretanto, o desempenho dos fungicidas não pôde ser comparado, pois, além do percentual de germinação em relação ao total de esporos contabilizados serem baixos, os coeficientes de variação foram altos, especialmente para a ferrugem da folha do trigo. Esse fato pode ser atribuído a uma falha na metodologia utilizada, apesar dessa ser semelhante à empregada por Ugalde (2005), que obteve até 80% de germinação. Contudo, Juliatti (2005) não tem obtido sucesso utilizando a água destilada como

substrato. Para trabalhos futuros, portanto, sugere-se utilizar a metodologia sugerida por Reis & Richter (2007), que observaram maior germinação de esporos de *P. triticina* em substrato de extrato de folha de trigo-ágar. Acredita-se que, por *P. pachyrhizi* ser também um fungo biotrófico, seja possível obter valores significativos de viabilidade de esporos em meios de cultura que contenham extrato de folhas de soja.

Respostas dos cultivares ao tratamento químico e às doenças

A interação entre cultivares e tratamento químico com fungicidas foi significativa para o número de urédias ($p < 0,0001$) e esporos ($p < 0,0001$) no patossistema *P. triticina*-trigo. Resultados estatisticamente diferentes e positivos de controle dos fungicidas em relação à testemunha foram observados em todos os cultivares (Tabela 3). Maior eficiência da mistura ficou comprovada na redução do número de urédias dos cultivares Safira e BRS Angico e no número de esporos/cm² dos cultivares BRS Angico, Safira e Ônix.

As melhores respostas ao controle químico, ou maiores diferenças entre testemunha e controles, foram do cultivar Ônix, com redução de 98,9% no número de urédias com aplicação da mistura e 96,6 e 99,7% de diminuição dos esporos com aplicação de triazol e mistura, respectivamente. No outro extremo, com as menores respostas aos tratamentos, está o cultivar BRS Angico, onde foram observadas reduções de 79,7 e 96,20% no número de urédias com o uso do triazol e da mistura e em 87,7% dos esporos com a aplicação de triazol (Tabela 3).

Tabela 3 - Áreas abaixo das curvas de progresso do número de urédias, esporos e esporos germinados da ferrugem da folha do trigo geradas pela interação entre cultivares e tratamentos com fungicidas triazol (tebuconazol) e mistura de triazol + estrobilurina (epoxiconazol + piraclostrobin)

Variável avaliada	Trat.	Cultivares				CV%
		Angico	Safira	Ônix	Nova Era	
Urédias	Test.	A 73,8 a	A 83,77 a	B 24,27 a	B 18,2 a	14,98
	Triazol	A 15,0 b	B 9,23 b	C 4,01 b	D 0,72 b	8,76
	Mistura	A 2,8 c	AB 1,42 c	C 0,26 b	BC 0,40 b	10,92
CV%		12,57	7,34	35,77	7,62	
Esporos	Test.	A 56403 a	A 49826 a	A 48302 a	B 7193 a	9,12
	Triazol	A 6912 b	B 3898 b	C 1616 b	D 295 b	7,48
	Mistura	A 447 c	AB 270 c	B 154 c	B 112 b	16,74
CV%		15,94	2,87	9,75	11,80	
Esporos germ.	Test.	714,0	479,3	545,1	303,4	48,75
	Triazol	265,4	195,6	53,8	14,4	20,42
	Mistura	1,6	3,5	7,6	6,5	55,95
CV%		80,99	13,7	43,54	32,04	

Médias seguidas por mesmas letras, minúsculas na vertical, e maiúsculas na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Diferenças de respostas dos cultivares à ferrugem da folha do trigo foram verificadas nas testemunhas (Tabela 3). Menores AACPNUs e AACPNEs, a primeira não diferindo do cultivar Ônix, foram obtidas no cultivar Fundacep Nova Era. No outro extremo, se encontram os cultivares BRS Angico e Safira, por sua vez, com as maiores AACPNUs e AACPNEs. Isso demonstra maior suscetibilidade dos cultivares BRS Angico e Safira em relação ao cultivar Fundacep Nova Era para a raça B55. De acordo com Chaves¹ (comunicação pessoal) os cultivares Ônix e BRS Angico, quanto a

¹ CHAVES, M. S. (Pesquisadora da Embrapa-Trigo. Passo Fundo/RS).

reação a raça B55, são suscetíveis, Safira é suscetível/moderadamente suscetível e o cultivar Fundacep Nova Era é resistente/moderadamente resistente. Contudo, segundo Barcellos² (comunicação pessoal), na safra 2007, ocorreram importantes alterações na reação de cultivares devido ao surgimento de duas novas raças, sendo, uma delas, semelhante a B55, mas capaz de tornar a RPA do cultivar Safira não efetiva. Essas alterações resultaram em Ônix menos e Safira mais suscetível a doença.

A exemplo do que ocorreu com a ferrugem da folha do trigo, para a ferrugem asiática da soja, a interação entre cultivares e tratamento com fungicidas foi significativa para o número de esporos ($p < 0,0001$), não sendo, contudo, para o número de urédias ($p = 0,5101$). Todos os cultivares obtiveram resultados positivos do controle químico de ambos os fungicidas em relação à testemunha (Tabela 4). Contudo, respostas ao triazol e mistura não diferiram estatisticamente no número de urédias e esporos produzidos por cm^2 em praticamente todos os cultivares, à exceção do resultado positivo do triazol em relação a mistura na AACPNE dos cultivares CD 219 e BRS 154. Melhores respostas ao tratamento químico foram observadas no cultivar CD 213 em que a mistura reduziu em 95,8% e 95,9% a AACPNU e AACPNE e o triazol reduziu em 96,9% a AACPNE. Menores respostas aos tratamentos, por outro lado, foram detectadas no cultivar CD 214 onde o triazol reduziu em 88,4% e 92,4% a AACPNU e AACPNE e a mistura de ativos em 85,7% AACPNE (Tabela 4).

² BARCELLOS, A. (Pesquisadora da OR-Melhoramento de Sementes. Passo Fundo/RS).

Tabela 4 - Áreas abaixo das curvas de progresso do número de urédias, esporos e esporos germinados da ferrugem asiática da soja geradas pela interação entre cultivares e tratamentos com fungicidas triazol (tebuconazol) e mistura de triazol + estrobilurina (epoxiconazol + piraclostrobin)

Variável avaliada	Trat.	Cultivares				CV%
		CD 219	CD 214	BRS 154	CD 213	
Urédias	Test.	A 364,33 a	A 335,57 a	A 231,71 a	A 285,06 a	14,5
	Mistura	A 60,72 b	AB 43,95 b	BC 27,82 b	C 11,81 b	13,5
	Triazol	AB 25,02 b	A 38,87 b	AB 14,10 b	B 8,89 b	23,6
CV%		13,3	13,4	19,6	26,9	
Esporos	Test.	A 58435 a	BC 35163 a	AB 48882 a	C 25915 a	6,4
	Mistura	A 6402 b	AB 5073 b	B 4133 b	C 1059 b	7,8
	Triazol	A 2515 c	A 2659 b	A 1745 c	A 1389 b	12,2
CV%		2,6	12,3	9,6	5,2	
Esporos germ.	Test.	11077	7927	5894	5589	14,2
	Mistura	677	1057	804,5	178	22,8
	Triazol	542	508	296,4	135	16,3
CV%		22,1	25,7	12,1	22,1	

Médias seguidas por mesmas letras, minúsculas na vertical, e maiúsculas na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Assim como ocorreram diferenças entre respostas a fungicidas, também se verificaram diferenças na sensibilidade dos cultivares a doença, como relatado por Navarini et al. (2007). Apesar da disponibilidade limitada de cultivares resistentes a ferrugem asiática (GODOY & CANTERI, 2004), as testemunhas ofereceram um indicativo, pelo número de esporos/cm² produzidos, de maior suscetibilidade do cultivar CD 219 e de menor suscetibilidade do CD 213 (Tabela 4).

Dallagnol et al. (2004) afirmam que tem sido observada a ausência de correspondência entre a reação de cada cultivar às

doenças foliares e a resposta ao controle químico na cultura da soja, indicando que os cultivares podem variar não somente devido à ação dos fungicidas, mas principalmente devido à capacidade fisiológica de resposta ao controle químico de cada cultivar. No presente trabalho, essa constatação além de ser verdadeira para a soja, poderia também ser ampliada para a cultura do trigo.

Diante dos resultados obtidos nos experimentos, em que aplicações no período de incubação da ferrugem asiática contribuíram para a redução da frequência dos sintomas, mas não para a sua completa erradicação, torna-se evidente a necessidade do posicionamento preventivo das aplicações de fungicidas. Além disso, constata-se que misturas de ingredientes ativos devem ser priorizadas em detrimento ao uso de fungicidas isolados visando evitar a seleção de isolados de *P. pachyrhizi* menos sensíveis ou resistentes a algumas moléculas, a exemplo do que ocorreu com *P. triticina*. O presente estudo traz a tona também, a importância de concentrar esforços na busca de cultivares não somente com níveis de resistência mas, sobretudo, com durabilidade dessa resistência.

4 CONCLUSÕES

A eficácia de controle das infecções em período de latência varia entre patossistemas, sendo mais efetiva para a ferrugem da folha do trigo e menos para a ferrugem asiática da soja.

As infecções assintomáticas não controladas produzem lesões e estas esporos com menor viabilidade.

A estrobilurina utilizada apresenta ação anti-esporulante sobre *Puccinia triticina*, fato até então não relatado.

CAPÍTULO III

EPIDEMIOLOGIA COMPARATIVA ENTRE A FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E A FERRUGEM DA FOLHA DO TRIGO: RESIDUAL DE APLICAÇÕES PREVENTIVAS DE FUNGICIDAS

VIRGÍNIA CRESTANI VIERO¹ & CARLOS ALBERTO
FORCELINI²

RESUMO – O controle genético e o controle químico são métodos complementares e eficientes no manejo das ferrugens das grandes culturas. Com a disponibilidade limitada de cultivares resistentes à ferrugem asiática da soja, o controle químico com fungicidas torna-se a principal opção. Aplicações preventivas proporcionam melhor proteção e maior residual dos produtos, entretanto, o conhecimento desse período de proteção é fundamental para definir o intervalo entre aplicações. Com esse propósito, um estudo comparativo foi conduzido entre os patossistemas *Puccinia triticina*-trigo e *Phakopsora pachyrhizi*-soja. Três experimentos foram realizados na FAMV-UPF, com plantas de quatro cultivares de soja (CD 213RR, CD 214RR, CD 219RR e BRS 154) e quatro de trigo (BRS Angico, Fundacep Nova Era, Ônix e Safira), mantidas em

¹Engenheira Agrônoma., mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia. vcviero@hotmail.com

²Orientador, Eng. Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF. forcelini@upf.br

câmara de crescimento com controle de temperatura e fotoperíodo. As plantas foram pulverizadas com um fungicida triazol (tebuconazol) e uma mistura de triazol + estrobilurina (epoxiconazol + piraclostrobin) e, após, inoculadas com suspensões de esporos dos respectivos patógenos até 20 dias após a aplicação. Em relação à ferrugem da soja, houve proteção de 100% nos primeiros 14 dias para a mistura e até 20 dias para o triazol. No caso da ferrugem do trigo, houve formação de lesões em todas as inoculações, porém a formação de esporos foi significativamente menor nas plantas tratadas com a mistura de triazol + estrobilurina. O comportamento dos fungicidas e o período de proteção diferiram entre os patossistemas.

Palavras-chave adicionais: *Phakopsora pachyrhizi*, *Puccinia triticina*, triazol, mistura de triazol+estrobilurina.

COMPARATIVE EPIDEMIOLOGY BETWEEN ASIAN RUST OF SOYBEANS AND WHEAT LEAF RUST: RESIDUAL OF PREVENTIVE APPLICATIONS OF FUNGICIDES

ABSTRACT – The genetic resistance and the chemical control are the main strategies for managing rust diseases in agricultural crops. In susceptible soybean and wheat cultivars fungicides are largely used to control rust, usually through preventive sprays which are expected to provide better and long lasting control. Therefore, its important to know the period of effective protection to define the time interval between fungicidal sprays. This question was evaluated in the pathosystems *Puccinia triticina*-wheat and *Phakopsora pachyrhizi*-

soybean. Three experiments were conducted in controlled ambient conditions using plants of four cultivars of soybeans (CD 213 RR, CD 214 RR, CD 219 RR, and BRS 154) and four of wheat (BRS Angico, Ônix, Fundacep Nova Era, and Safira). The plants were sprayed once with a triazol fungicide (tebuconazol) and a mixture of a triazol + strobilurin (epoxiconazol + pyraclostrobin) and later inoculated with spore suspensions of the respective pathogens for a period of 20 days. The spray applications provided a 100% protection of 14 (mixture) to 20 days (triazol) on soybeans. All inoculations resulted in lesion formation on wheat, but there were much lesser spores on plants sprayed with the mixture. The performance of the tested fungicides and the period of plant protection varied significantly between the pathosystems.

Additional keywords: *Phakopsora pachyrhizi*, *Puccinia triticina*, triazol, mixture of triazol+strobilurin.

1 INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é, atualmente, uma das mais importantes doenças foliares dessa cultura no mundo (DEL PONTE et al. 2006a). A introdução do seu agente causal, o fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd., nas Américas, apesar de recente (YORINORI et al., 2003), representa uma grande ameaça à sojicultura das principais regiões produtoras (DEL PONTE et al. 2006a). Danos devido à incidência da doença têm variado de 10 a 91% (BALARDIN, 2004) e estão relacionados à desfolha prematura

e a redução do ciclo da cultura, o que impede a plena formação dos grãos (SINCLAIR & BACKMAN, 1989).

O controle químico aliado à resistência varietal são medidas indispensáveis e complementares na sustentabilidade da produção da soja. A limitada disponibilidade de cultivares resistentes à ferrugem asiática torna o controle químico com fungicidas indispensável e também o método mais eficaz no manejo da doença.

Os fungicidas, de acordo com Reis et al. (2007), quanto ao momento de aplicação relacionado às subfases do processo infeccioso envolvidas, podem ser classificados como: preventivos, curativos ou erradicantes. O posicionamento preventivo, realizado em pré-penetração do fungo no tecido foliar, implica em maior segurança e permite que condições operacionais não otimizadas possibilitem o controle satisfatório da doença (BALARDIN, 2004). Vários trabalhos comprovam, além da segurança, maior eficácia das aplicações preventivas no manejo da ferrugem asiática. Navarini et al. (2007) constataram que aplicações preventivas resultaram em maior área foliar verde remanescente e menor desfolha; Vitti et al. (2004) verificaram que a partir de R1, quanto mais preventiva a aplicação, maior o período residual e melhor a performance dos fungicidas; Oliveira (2004), por sua vez, obteve incremento no rendimento de até 100% quando realizou o controle da ferrugem asiática preventivamente.

Ensaio preliminares com a ferrugem asiática da soja, visando testar a metodologia a ser utilizada nos presentes experimentos, demonstraram variabilidade nos resultados quando conduzidos em condições controladas. Uma das alternativas para a

verificação dos resultados é a comparação de epidemias. O patossistema escolhido foi *Puccinia triticina* Erikss.-trigo, pelo grande número de similaridades com a doença alvo, maior facilidade de operação, importância crescente em função do surgimento de raças capazes de vencer a resistência dos cultivares (CHAVES & BARCELLOS, 2006) ou se tornarem insensíveis a fungicidas (ARDUIM, 2007b) e, por ser um patossistema mais conhecido dos produtores, facilitará o entendimento da dinâmica da doença mais recente (ferrugem da soja).

Para que as vantagens do controle preventivo sejam expressas integralmente, torna-se necessário determinar o período de proteção conferido por aplicações preventivas de fungicidas de maneira a definir o intervalo entre as aplicações, sendo esse, um dos objetivos do presente trabalho. Além disso, questões como a eficácia conferida por aplicações de fungicida triazol isolado e em mistura com estrobilurina, a viabilidade dos esporos produzidos na presença de residual de fungicidas e a existência de diferenças entre cultivares quanto a suscetibilidade à doença e a resposta aos fungicidas são questões que se procurou elucidar.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em câmaras de crescimento com controle de temperatura e fotoperíodo e no laboratório de Fitopatologia/Micologia da Universidade de Passo Fundo (UPF), no ano de 2007. A metodologia utilizada para os experimentos com o patossistema *P. pachyrhizi*-soja foi repetida no

trabalho com *P. triticina*-trigo. Os trabalhos com *P. pachyrhizi* foram realizados duas vezes, ao passo que com *P. triticina* foi conduzido uma única vez. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições constituídas de um vaso com quatro plantas.

Controle preventivo de *Phakopsora pachyrhizi* em soja

Experimentos 1 e 2

Os cultivares de soja CD 213RR, CD 214RR, CD 219RR e BRS 154 foram semeados em vasos contendo 2 kg de solo e mantidos em câmara crescimento com fotoperíodo de 12 horas e temperatura 24-25 °C.

No estágio V₄ (três trifólios completamente expandidos), fez-se a marcação do último trifólio com caneta de tinta permanente e, na seqüência, foi efetuada a aplicação dos fungicidas. Tebuconazol (100 g i.a. ha⁻¹) e piraclostrobin + epoxiconazol (66,5 + 25 g i.a ha⁻¹) foram utilizados nos experimentos, como representantes do grupo químico triazol e da mistura de triazol + estrobilurina, respectivamente. A aplicação foi efetuada com pulverizador costal pressurizado com CO₂, pontas XR 110 015, calibrado para volumes de calda de 200 L ha⁻¹.

A partir do quinto dia, a cada três dias, até o 20º dia após a aplicação (DAA) dos fungicidas, foram feitas inoculações em grupos distintos de plantas. O inóculo utilizado para o preparo das suspensões de uredosporos foi coletado no campo experimental da Faculdade de

Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da UPF. Para o preparo da suspensão, foram adicionadas oito gotas do espalhante polioxietilenosorbitano (Tween 20) por litro de água destilada. Folhas com intensa esporulação foram imersas na solução e vigorosamente agitadas para liberação dos uredosporos. A suspensão foi calibrada para 4×10^4 esporos/mL.

As plantas tratadas com fungicidas e testemunhas não tratadas foram borrifadas com a suspensão de uredosporos até o ponto de escorrimento. A condição de molhamento necessária à infecção foi obtida pela cobertura das plantas com saco plástico, por 24 horas, e pela manutenção de uma lâmina de água de 2 cm nas bandejas. A temperatura de incubação foi de 21-22 °C.

Terminado o tempo de incubação, foram retirados os sacos plásticos e a temperatura da câmara foi alterada para 24-25 °C e o fotoperíodo mantido em 12 horas de luz. Todo esse procedimento foi repetido a cada três dias, totalizando seis inoculações.

Aos quatorze dias após cada inoculação, foram coletados os folíolos centrais de cada trifólio marcado. Em laboratório, foi extraída uma área circular de 0,656 cm² de cada folíolo a ser avaliado, totalizando duas áreas circulares/repetição. O material foi mantido em caixas de gerbox de acrílico (11 x 11 x 3,5 cm de altura), contendo uma espuma de nylon e duas folhas de papel filtro sobrepostas e embebidas em água destilada. Após contagem do número de lesões e de urédias sob lupa estereoscópica, as caixas foram incubadas durante 24 horas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas.

Terminado o tempo de incubação, foi adicionada uma alíquota de dois mL de solução água destilada + Tween 20 (oito gotas/L) por célula de uma placa de acrílico contendo 24 células. O material vegetal foi lavado e deixado em imersão nessa solução onde permaneceu por mais 14 horas 25 ± 2 °C no escuro, para posterior determinação do número total e viabilidade dos esporos.

Por fim, com micropipeta volumétrica, foram retiradas cinco amostras de 10 µL de cada um dos tratamentos, que foram depositadas sobre lâminas para análise ao microscópio ótico e contagem do número total de esporos e do número de esporos germinados.

Controle preventivo de *Puccinia triticina* em trigo

Os cultivares de trigo Ônix, Safira, BRS Angico e Fundacep Nova Era foram semeados, em copos de polietileno de 400 mL de volume, em substrato da marca comercial Plantmax + vermiculita na proporção 1:3. Os vasos permaneceram em câmara de crescimento sob temperaturas de 20-21 °C e fotoperíodo de 12 horas de luz.

Aos 15 dias após a semeadura, momento em que as plantas estavam com três folhas completamente expandidas, foi realizada a aplicação dos fungicidas em todas as unidades experimentais, excetuando-se as testemunhas. Todas as folhas que receberiam fungicidas foram marcadas previamente com caneta de tinta permanente. A aplicação dos fungicidas em trigo obedeceu a mesma metodologia utilizada para a soja, alterando-se apenas as doses

de fungicidas para 150 g.i.a ha⁻¹ de tebuconazol e 100 + 37,5 g.i.a ha⁻¹ de piraclostrobin + epoxiconazol, conforme o indicado pela pesquisa para a cultura do trigo (RECOMENDAÇÕES, 2007a).

A partir do quinto dia, a cada três dias, até o 20º dia após a aplicação (DAA) dos fungicidas, foram feitas inoculações em grupos distintos de plantas. Os uredosporos foram coletados de parcelas de trigo com o cultivar Safira no campo experimental da FAMV/UPF. As metodologias de preparo da suspensão, a inoculação e a incubação das plantas foram semelhantes às utilizadas para *P. pachyrhizi*-soja, entretanto, a suspensão foi calibrada para 2x10⁴ esporos/mL.

Aos 12 dias após a inoculação, foram coletadas todas as folhas marcadas, das quais foram cortadas seções de 5 cm de comprimento e cuja largura foi medida com paquímetro digital, para determinação da área a ser avaliada.

Sob microscópio estereoscópico efetuou-se a contagem do número de urédias em cada seção de folha. Estas foram posteriormente fragmentadas e imersas em água + Tween 20 por 14 horas após o que se contou o número total de esporos e o número de esporos germinados, conforme metodologia descrita nos experimentos com soja.

Análise dos dados

Com os dados originais, foram calculadas as áreas abaixo das curvas de progresso do número de lesões (AACPNL), urédias (AACPNU), esporos (AACPNE) e esporos germinados (AACPNEG) pela expressão:

$$AACP = \sum [(Y_i + Y_{i+1})/2] * [t_{i+1} - t_i], \text{ onde}$$

Y_i e Y_{i+1} são duas avaliações consecutivas realizadas nos tempos t_i e t_{i+1} , respectivamente.

Foi realizada a análise de variância e as AACPs e números de lesões, urédias e esporos contabilizados aos 20 dias após a aplicação dos fungicidas comparados pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software SAS, versão 8, quando se considerou a interação cultivar x fungicida e o programa SASM-Agri (CANTERI et al., 2001) quando se testou o efeito dos tratamentos com fungicidas. Para a normalização dos dados originais foi utilizada a transformação $\sqrt{(X + 1)}$ para fins de análise estatística.

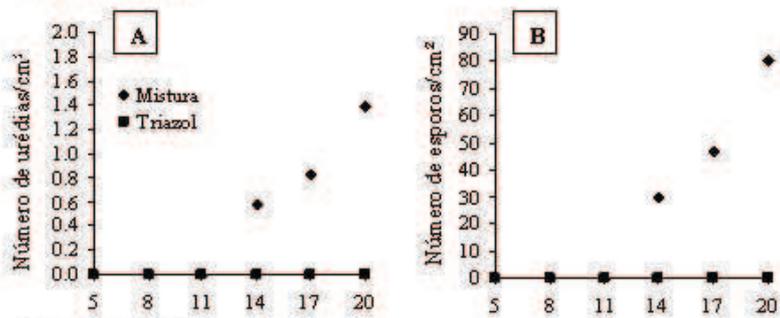
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Controle preventivo de *Phakopsora pachyrhizi*

O residual proporcionado pelos fungicidas, no patossistema *P. pachyrhizi*-soja, foi de 14 dias para a mistura de epoxiconazol + piraclostrobin e de mais de 20 dias para o tebuconazol (Figura 1). Tais resultados contrariam a expectativa inicial de maior residual da mistura que, segundo Hewitt (1998), pela ação sistêmica mais lenta da estrobilurina teria maior eficiência em aplicações preventivas. Contudo, corroboram com aqueles encontrados por Singer & Yorinori (2007a; 2007b) em dois trabalhos realizados também em ambiente controlado. No primeiro, o aparecimento dos sinais/sintomas se deu aos 18 dias (mistura) e aos 33 dias (triazol) e, no segundo, o residual foi de 14 dias (mistura) e 21 dias (triazol).

Nesses mesmos trabalhos, ficou evidente que, dentre os triazóis, o tebuconazol foi um dos fungicidas que apresentou o maior residual e entre as misturas testadas, o epoxiconazol + piraclostrobin foi o que obteve o menor número de dias de controle total.

Experimento 1:



Experimento 2:

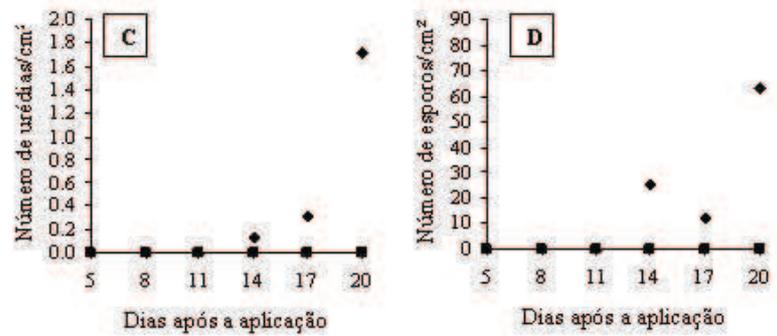


Figura 1 - Relação entre o número de urédias (A e C) ou número de esporos (B e D) e o intervalo em dias entre a aplicação preventiva dos fungicidas tebuconazol (triazol) e epoxiconazol + piraclostrobin (mistura) e a inoculação de *Phakopsora pachyrhizi* em soja.

Controle preventivo de *Puccinia triticina*

No patossistema *P. triticina*-trigo, por sua vez, já no quinto dia após a aplicação dos fungicidas houve formação de sintomas/sinais (Figura 2). Esse fato pode ser explicado por ensaios conduzidos por Arduim et al. (2007b) que demonstraram redução na sensibilidade da raça B55 a certos triazóis, mas não às estrobilurinas que obtiveram 100% de controle. Baseado nessa constatação, acredita-se que o baixo residual por parte da mistura de ingredientes ativos se deva ao fato da estrobilurina estar em menor concentração do que se aplicada isoladamente.

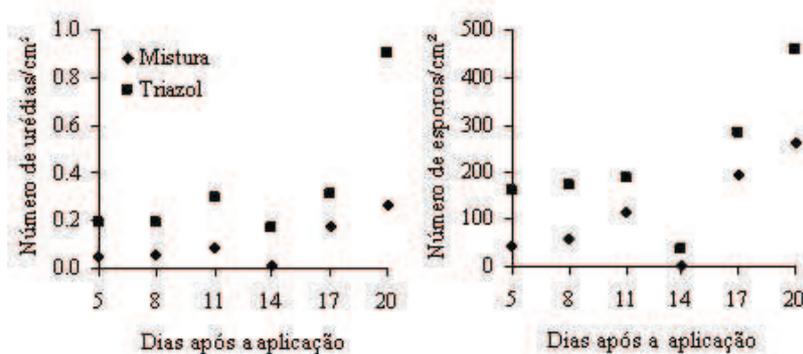


Figura 2 - Relação entre o número de urédias ou número de esporos e o intervalo em dias entre a aplicação preventiva dos fungicidas tebuconazol (triazol) e epoxiconazol + piraclostrobin (mistura) e a inoculação de *Puccinia triticina* em trigo.

Quantidade de doença aos 20 DAA e áreas abaixo da curva de progresso do número de urédias (AACPNU) e esporos (AACPNE)

Apesar dos sinais/sintomas do fungo *P. triticina* evidenciarem residual inferior a cinco dias dos fungicidas aplicados preventivamente e da mistura de ativos apresentar menor residual à *P. pachyrhizi*, os tratamentos com triazol e com mistura de triazol+estrobilurina diferiram significativamente da testemunha mantendo a doença em níveis inferiores a mesma em ambos os patossistemas (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Número de lesões, urédias e esporos produzidos por cm² de área foliar 20 dias após a aplicação preventiva do fungicida tebuconazol (triazol) e da mistura epoxiconazol + piraclostrobin (mistura) nos patossistemas *P. triticina*-trigo e *P. pachyrhizi*-soja

Tratamento	Variáveis avaliada/cm ²		
	Lesões	Urédias	Esporos
<i>P. triticina</i> – trigo			
Testemunha	-	3,92 a	5947,70 a
Triazol	-	0,90 b	4576,00 b
Mistura	-	0,27 c	259,48 c
CV%	-	4,05	1,57
Experimento 1 - <i>P. pachyrhizi</i> – soja			
Testemunha	41,03 a	103,66 a	17157,86 a
Mistura	0,82 b	0,87 b	8,45 b
Triazol	0,00 b	0,00 b	0,00 c
CV%	7,05	7,69	3,98
Experimento 2 - <i>P. pachyrhizi</i> – soja			
Testemunha	37,00 a	97,18 a	17056,23 a
Mistura	0,51 b	1,71 b	63,52 b
Triazol	0,00 b	0,00 b	0,00 c
CV%	6,65	13,68	4,79

Médias seguidas por letras distintas, na vertical, diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Para a ferrugem da folha do trigo, além da diferença entre os tratamentos controle e testemunha, ficou comprovada também, a maior eficiência da mistura de ingredientes ativos sobre o triazol utilizado isoladamente, explicada pela redução na sensibilidade da raça B55 ao tebuconazol, conforme relatado por Arduim et al. (2007b). A mistura de epoxiconazol+piraclostrobin, quando comparada à testemunha, reduziu em 93,1% o número de urédias e em 95,6% os esporos aos 20 DAA e em 95,6% e 95,1% a AACPNU e a AACPNE, no período avaliado. Já o triazol, permitiu uma redução na ordem de 77% no número de urédias e 23% dos esporos aos 20 DAA e de 80,3% da AACPNU e 90,7% da AACPNE (Tabelas 1 e 2). Tais resultados evidenciam uma ação anti-esporulante da estrobilurina, fato ainda não relatado.

Para a ferrugem asiática da soja, por outro lado, os fungicidas não apresentaram diferença significativa no controle de lesões e urédias, como observado por Godoy & Canteri (2004) que evidenciaram semelhança na redução da severidade da doença após aplicação preventiva dos mesmos ingredientes ativos. Contudo, no presente experimento, o triazol superou a mistura na redução de esporos produzidos. Na média dos dois experimentos, a mistura, em relação à testemunha, reduziu, aos 20 DAA preventiva, em 98,3%, 98,7% e 99,7% o número de lesões, urédias e esporos e em 99,9% a AACPNL, 99,4% a AACPNU e 99,7% a AACPCNE. Já o triazol, obteve 100% de controle em todas as variáveis avaliadas. De qualquer maneira, percebe-se que, mesmo com residual reduzindo, a mistura manteve o nível de doença em um patamar bem inferior à testemunha

não tratada e continuou mantendo boa eficiência até o último momento avaliado.

Tabela 2 - Áreas abaixo das curvas de progresso do número de lesões, urédias e esporos por cm², após a aplicação preventiva do fungicida tebuconazol (triazol) e da mistura de epoxiconazol + piraclostrobin (mistura), nos patossistemas *P. triticina*-trigo e *P. pachyrhizi*-soja

Tratamento	Variáveis avaliadas/cm ²			
	Lesões	Urédias	Esporos	Esp. germinados
<i>P. triticina</i> - trigo				
Testemunha	-	23,11 a	31645,56 a	490,22 a
Triazol	-	4,55 b	2926,12 b	125,40 b
Mistura	-	1,48 c	1555,64 c	113,51 b
CV%	-	5,68	1,25	8,26
Experimento 1 - <i>P. pachyrhizi</i> - soja				
Testemunha	483,61 a	744,95 a	101854,67 a	12715,95 a
Mistura	3,14 b	6,29 b	349,34 b	60,87 b
Triazol	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 b
CV%	7,63	18,38	2,85	12,00
Experimento 2 - <i>P. pachyrhizi</i> - soja				
Testemunha	446,93 a	960,08 a	131948,68 a	32444,10 a
Mistura	1,33 b	3,91 b	209,6 b	38,11 b
Triazol	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 b
CV%	5,23	9,89	2,57	11,73

Médias seguidas por letras distintas, na vertical, diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Outro aspecto que merece atenção é o fato de a diferença entre tratamentos residir, especialmente no caso da ferrugem asiática, no número de esporos produzidos. Ao se considerar os uredosporos as estruturas do patógeno responsáveis pelas epidemias e as diferenças entre os tratamentos com fungicidas se dar no número de tais propágulos produzidos, torna-se importante definir este como um dos critérios a ser adotado em estudos sobre evolução de doenças e comparações entre moléculas fungicidas.

Viabilidade dos uredosporos

Ao se avaliar a viabilidade dos uredosporos, os tratamentos com fungicidas reduziram essa significativamente quando comparada a germinação obtida na testemunha (Tabela 2). Além disso, não se observou diferença estatística entre o tratamento com mistura ou com triazol isolado para ambos os patossistemas. Maiores reduções, contudo, foram observadas na viabilidade dos esporos de *P. pachyrhizi*, em relação a *P. triticina*. Para a ferrugem asiática da soja, as áreas abaixo das curvas de progresso do número de esporos germinados (AAPNEG) foram reduzidas em 99,7% para a mistura e 100% para o triazol em relação à testemunha. Ao passo que, para a ferrugem da folha do trigo a redução da AAPNEG se deu na ordem de 74,4% para o tebuconazol e 76,8% para a mistura.

Apesar da redução significativa na viabilidade dos esporos, fato interessante pôde ser constatado quando se comparou o total de esporos/cm² contabilizados na testemunha em relação ao total germinado na mesma. Pelas AAPNEGs, ocorreu a germinação de 1,55% dos uredosporos de *P. triticina* e, na média dos dois experimentos com soja, de 18,55% de *P. pachyrhizi*, valores esses muito inferiores aos 80% de germinação obtidos por Ugalde (2005). O pesquisador utilizou metodologia semelhante, com o único diferencial de deixar os esporos germinarem a temperatura ambiente e na presença de luz, por 2 horas. Apesar de não existir uma razão óbvia para os baixos valores obtidos, Juliatti et al. (2004) afirmaram não obter sucesso nas germinações de uredíniosporos em água destilada, tanto na presença quanto na ausência de luz. Portanto, sugere-se, para

estudos futuros, utilizar a metodologia sugerida por Reis & Richter (2007) que obtiveram os melhores resultados de germinação de uredíniosporos de *P. triticina* em substrato extrato de folha de trigo-ágar. Por *P. pachyrhizi* ser também um fungo biotrófico, é possível que meios de cultura contendo extrato de folhas de soja permitam que valores mais próximos a realidade sejam constatados.

Respostas dos cultivares ao tratamento químico e às doenças

A interação entre cultivares e fungicidas utilizados foi significativa para o número de urédias ($p < 0,0001$) e esporos ($p < 0,0001$) no patossistema *P. triticina*-trigo. Resultados positivos de controle dos fungicidas em relação à testemunha foram observados em todos os cultivares de trigo (Tabela 3). Maior eficiência da mistura ficou comprovada pela redução do número de urédias dos cultivares Safira e Fundacep Nova Era e do número de esporos/cm² produzidos em todos os cultivares testados.

Diferenças de respostas dos cultivares à ferrugem da folha do trigo foram verificadas nas testemunhas (Tabela 3). Menor AACPNU e AACPNE, essa última não diferindo do cultivar Ônix, foram obtidas no cultivar Fundacep Nova Era. No outro extremo, a maior AACPNU e AACPNE foi observada no cultivar BRS Angico diferindo de todos os demais cultivares. Isso demonstra maior suscetibilidade do cultivar BRS Angico em relação ao cultivar Fundacep Nova Era para a raça B55. De acordo com Chaves¹

¹ CHAVES, M. S. (Pesquisadora da Embrapa-Trigo. Passo Fundo/RS).

(comunicação pessoal) os cultivares Ônix e BRS Angico, quanto a reação a raça B55, são suscetíveis, Safira é suscetível/moderadamente suscetível e o cultivar Fundacep Nova Era é resistente/moderadamente resistente. Contudo, segundo Barcellos² (comunicação pessoal), na safra 2007, ocorreram importantes alterações na reação de cultivares devido ao surgimento de duas novas raças, sendo, uma delas, semelhante a B55, mas capaz de tornar a RPA do cultivar Safira não efetiva. Essa alteração resultou em Ônix menos suscetível em 2007 do que em 2005/2006.

Tabela 3 - Áreas abaixo das curvas de progresso do número de urédias e esporos/cm² da ferrugem da folha, em diferentes cultivares de trigo, em função da aplicação do fungicida tebuconazol (triazol) e da mistura de epoxiconazol + piraclostrobin

Variável avaliada	Trat.	Cultivares								CV%				
		Angico		Safira		Ônix		Nova Era						
Urédias	Test.	A	43,96	a	B	18,96	a	C	13,56	a	BC	15,94	a	4,8
	Triazol	A	7,95	b	A	3,87	b	A	3,70	b	A	2,66	b	17,9
	Mistura	A	3,04	b	AB	1,26	c	AB	1,30	b	B	0,27	c	15,2
	CV%		11,9		4,3		10,9		10,6					
Esporos	Test.	A	66533	a	B	23922	a	B	24046	a	C	12081	a	1,0
	Triazol	A	5088	b	B	2675	b	B	3006	b	C	934	b	2,3
	Mistura	A	3188	c	C	1315	c	B	1395	c	D	325	c	2,2
	CV%		1,4		1,9		1,4		2,2					

Médias seguidas por mesmas letras, minúsculas na vertical, e maiúsculas na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Quanto às respostas dos cultivares ao tratamento químico, o cultivar Fundacep Nova Era obteve as maiores diferenças em

² BARCELLOS, A. (Pesquisadora da OR-Melhoramento de Sementes. Passo Fundo/RS)

relação à testemunha para os dois produtos (Tabela 3). Foi observada uma redução de 83,3% e 92,3% no número de urédias e esporos tratados com triazol e de 98,3% e 97,3% no tratamento com mistura. As menores respostas foram observadas no cultivar Ônix com diminuição de 72,7% e 87,5% no número de urédias e esporos, respectivamente, para o tebuconazol e de 90,41 e 94,2% para a mistura de epoxiconazol+piraclostrobin.

Para a ferrugem asiática da soja, a interação entre cultivares e fungicidas foi significativa para o número de lesões ($p=0,0002$) e esporos ($p<0,0001$), não sendo, contudo, para o número de urédias ($p=0,2405$). A exemplo do que foi evidenciado no trigo, verificaram-se resultados positivos do controle químico de ambos os fungicidas em relação à testemunha em todos os cultivares de soja (Tabela 4) não havendo diferença estatística, entretanto, quando do controle com triazol ou mistura.

Ao analisar a quantidade de doença desenvolvida na testemunha de cada um dos cultivares de soja, puderam-se perceber diferenças significativas no número de lesões e esporos/cm². A maior AACPNL e AACPNE foi do cultivar CD 219. Por outro lado, o menor número de lesões se deu no cultivar BRS 154 que não diferiu significativamente do CD 213 e CD 214 e o menor número de esporos foi produzido no cultivar CD 214 que diferiu de todos os demais. Como no trigo, pôde-se constatar uma tendência de maior suscetibilidade do cultivar CD 219 e menor suscetibilidade à ferrugem asiática por parte do cultivar CD 214. Navarini et al. (2007) também constatou variação entre cultivares quanto a sensibilidade a *P. pachyrhizi* sendo que essa sensibilidade pode variar, segundo Balardin

et al. (2005), inclusive pelo estágio fenológico em que o fungo foi inoculado. De modo geral, os cultivares apresentam menor sensibilidade ao patógeno entre os estádios V4 e V5, sendo mais sensíveis em V1 e R1.

Tabela 4 - Áreas abaixo das curvas de progresso do número de lesões, urédias e de esporos/cm² da ferrugem asiática, em diferentes cultivares de soja, em função da aplicação do fungicida tebuconazol (triazol) e da mistura de epoxiconazol + piraclostrobin

Variável avaliada	Trat.	Cultivares								CV%				
		CD 219		BRS 154		CD 213		CD 214						
Lesões	Test.	A	528,96	a	B	387,20	a	B	450,84	a	B	420,73	a	2,8
	Mistura	A	3,05	b	A	0,00	b	A	2,29	b	A	0,00	b	28,1
	Triazol	A	0,00	b	A	0,00	b	A	0	b	A	0,00	b	0,0
	CV%		8,3			2,8			8,5			3,2		
Urédias	Test.	A	1161,2	a	A	957,32	a	A	957,30	a	A	764,48	a	10,3
	Mistura	A	7,20	b	A	0,00	b	A	8,40	b	A	0,00	b	29,0
	Triazol	A	0,00	b	A	0,00	b	A	0,00	b	A	0,00	b	0,0
	CV%		27,5			8,8			13,3			10,1		
Esporos	Test.	A	169563	a	B	135823	a	B	126728	a	C	95681	a	3,2
	Mistura	A	534	b	B	0	b	A	305	b	B	0	b	24,8
	Triazol	A	0	b	A	0	b	A	0	c	A	0	b	0,0
	CV%		8,7			1,6			1,5			5,0		

Médias seguidas por mesmas letras, minúsculas na vertical, e maiúsculas na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

As melhores respostas ao tratamento com mistura de ingredientes ativos foram obtidas nos cultivares CD 214 e BRS 154 onde houve 100% de controle. Já para o tratamento com triazol isolado, todos os cultivares de soja responderam da mesma maneira, com controle total até os 20 DAA.

Os resultados mostraram que os fungicidas utilizados são eficientes no controle da ferrugem asiática da soja. A presença de mais de um grupo químico, em misturas, torna-se importante no que diz respeito ao manejo da resistência de maneira a evitar o que ocorreu com *P. triticina* em relação ao triazol. A falta ou deficiência de controle, associada com redução de período de proteção, muitas vezes evidenciadas em condições de campo, devem estar muito mais relacionadas a aplicações inadequadas ou já em caráter curativo ou erradicante do que a qualidade dos fungicidas disponíveis no mercado para o manejo dessas doenças.

4 CONCLUSÕES

No patossistema ferrugem asiática da soja, o fungicida triazol apresentou residual mais longo que a mistura de triazol + estrobilurina, o que, em parte, contraria a expectativa inicial. Esse fato demonstra que a concentração maior de triazol na aplicação isolada foi determinante para uma proteção longa. Também houve proteção 100% efetiva pela mistura por pelo menos duas semanas após a aplicação, o que não ocorreu com a ferrugem da folha do trigo, onde houve aparecimento de lesões já a partir da primeira inoculação.

Na ferrugem da folha do trigo, a mistura de triazol + estrobilurina apresentou melhor desempenho, especialmente em relação ao número de esporos formados em cada lesão, o que evidencia dois aspectos: uma menor sensibilidade do fungo aos fungicidas triazóis e uma ação anti-esporulante da estrobilurina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. N. *Plant Pathology*. 4. ed. New York: Academic Press, 1997. 635 p.

ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W. BLACKWELL, M. *Introductory mycology*. New York: John Willey & Sons, 1996.

ALMEIDA, A. M. R. et al. Doenças da soja. In: KIMATI, H.; BERGAMIN FILHO; AMORIM, L.; CAMARGO, L. E. A. *Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 569-588.

ALVES, S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIM FILHO, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Ferrugem Asiática da Soja*. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2006. p. 37-59.

ALVES, S. A. M. *Quantificação de parâmetros da pré-penetração e monocíclicos relacionados ao patossistema Phakopsora pachyrhizi – soja*. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitopatologia) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

ARDUIM, G. S.; REIS, E. M.; BARCELLOS, A. L. Sensibilidade de *Puccinia triticina* quando tratada curativamente com diferentes fungicidas *in vivo*. *Fitopatologia Brasileira*, v. 32, p. 194-195, ago. 2007a. Suplemento.

ARDUIM, G. S.; REIS, E. M.; BARCELLOS, A. L. Sensibilidade de *Puccinia triticina* quando tratada preventivamente com diferentes fungicidas *in vivo*. *Fitopatologia Brasileira*, v.32, p. 194, ago. 2007b. Suplemento.

AZEVEDO, L. A. S. *Fungicidas sistêmicos: teoria e prática*. 1. ed. Campinas:EMOPI, 2007. 290 p.

AZEVEDO, S. S.; MICHEREFF, S. J.; MARIANO, R. L. R. Epidemiologia comparativa da podridão negra e da alternariose do

repolho no agreste de Pernambuco. *Fitopatologia Brasileira*, v. 27, n. 1, p. 17-26, jan./fev. 2002.

BALARDIN, R. S. Ferrugem asiática da soja. *Fitopatologia Brasileira*, v. 29, p. 18, ago. 2004. Suplemento.

BALARDIN, R. S.; NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. F. Epidemiologia da Ferrugem da Soja. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE FERRUGEM ASIÁTICA, 1, 2005, Uberlândia. *Coletânea...Uberlândia: EDUFU, 2005, p. 39-50.*

BARCELLOS, A. L.; CHAVES, M. S. Epidemias de ferrugem da folha em cultivares brasileiras de trigo – alterações na população do patógeno de 1993 a 2002. In: SEMINARIO INTERNACIONAL RESITENCIA A ROYAS EM TRIGO, 3, La Estanzuela. *Resumenes... La Estanzuela: INIA, 2003. p. 13.*

BARCELLOS, A. L.; MORAES-FERNANDES, M. I. B.; ROELFS, A. P. Ferrugem da folha do trigo (*Puccinia recondita*): durabilidade da resistência. *Summa Phytopathologica*, v.23, n. 2, p.101-117, 1997.

BERGAMIN FILHO, A. Conceitos e objetivos. In: BERGAMIN FILHO; KIMATI, H.; AMORIN, L. *Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995a. p. 540-553.

_____. Ecosistemas, agrossistemas e patossistemas. In: BERGAMIN FILHO; KIMATI, H.; AMORIM, L. *Manual de Fitopatologia. Princípios e conceitos.* São Paulo: Ceres, 1995b. p. 554-573.

_____. Epidemiologia comparativa: ferrugem da soja e outras doenças. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Ferrugem Asiática da Soja*. Viçosa: UFV, DFP, 2006. p. 15-35.

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

_____. Epidemiologia comparativa entre os patossistemas temperado e tropical: conseqüências para a resistência de fungicidas. *Fitopatologia Brasileira*, v. 26, n. 2, p. 119-127, jun. 2001.

_____. Doenças com período de incubação variável em função da fenologia do hospedeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v. 27, n. 6, p. 561-565, nov./dez. 2002.

BOLLER, W.; FORCELINI, C. A.; HOFFMANN, L. L. Tecnologia de aplicação de fungicidas – parte I. In: DA LUZ, W. C. (Ed.). *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, v. 15. Passo Fundo: Gráfica e Editora Padre Berthier dos Missionários da Sagrada Família, 2007. p. 243-276.

BROMFIELD, K. R.; MELCHING, J. S.; KINGSOLVER, C. H. Virulence and agressivness of *Phakopsora pachyrhizi* isolates causing soybean rust. *Phytopathology*, Saint Paul, v. 70, p. 17-21, 1980.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. New York: John Wiley & Sons. Inc, 1990. 532 p.

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, v.1, n. 2, p.18-24. 2001.

CARVALHO JR., A. A.; FIGUEIREDO, M. B. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. *Summa Phytopathologica*, v. 26, n. 2, p. 197-200, 2000.

CASA, R. T.; REIS, E. M. Doenças relacionadas à germinação, emergência e estabelecimento de plântulas de soja em semeadura direta. In: REIS, E. M. (Ed.). *Doenças na cultura da soja*. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2004. p. 21-32.

CHAVES, M. S.; BARCELLOS, A. L. Especialização fisiológica de *Puccinia triticina* no Brasil em 2002. *Fitopatologia Brasileira*, v. 31, n. 1, p. 57-62, jan./fev. 2006.

CHAVES, M. S.; MACIEL, J. L. N. Ocorrência de ferrugem da folha do trigo. In: ALBUQUERQUE, A. C. S. (Org.) *Problemas fitossanitários associados à lavoura de trigo no estado do Rio Grande do Sul em 2005*. Disponível em: < <http://www.cntp.embrapa.br/culturas/trigo/safrars2005.htm>>. Acesso em: 19 jul. 2006.

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Safras-grãos*. Disponível em:<<http://www.conab.gov.br/conbweb/download/safra>>. Acesso em: 24 jan. 2008.

CUNHA, G. R. *Trigo no Rio Grande do Sul: produzindo competitividade – opiniões*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 60 p. (Documentos, 11).

DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; UGALDE, M. G. Reação de cultivares de soja a ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 19, 2004, Santa Maria. *Anais...*Santa Maria: UFSM, 2004. 1 CD room.

DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V.; CANTERI, M. G.; REIS, E. M.; YANG, X. B. Models and Applications for Risk Assessment and Prediction of Asian Soybean Rust Epidemics. *Fitopatologia Brasileira*, v. 31, n. 6, p. 533-544, nov./dez. 2006a.

DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V.; YANG, X. B. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. *Phytopathology*, v. 96, n. 7, p. 797-803, 2006b.

DESLANDES, J. A. Ferrugem da soja e outras leguminosas causada por *Phakopsora pachyrhizi* no est. Minas Gerais. *Fitopatologia Brasileira*, v. 4, p. 337-339, 1979.

FERNANDES, J. M.; PICININI, E. C. *Controlando as doenças de trigo na hora certa*, 1999. Disponível em: <http://www.cntp.embrapa.br/biblio/p_co22.htm>. Acesso em: 24 jan. 2008. (Comunicado técnico online, 22).

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. *FAO Statistical Yearbook*. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/default.aspx>>. Acesso em: 24 jan. 2008.

FURLAN, S. H. Impacto da ferrugem asiática da soja no Brasil. *Summa Phytopathologica*, Jaguariuna, v. 31, 2005. p. 119-120. Suplemento.

FURTADO, G. Q. *Ferrugem asiática da soja: métodos de preservação dos uredinosporos e fatores relacionados à infecção do hospedeiro*. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitopatologia) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeito da severidade de oídio e crestamento foliar de cercospora na produtividade da cultura da soja. *Fitopatologia Brasileira*, Londrina, v. 29, n. 5, p. 526-530, set./out. 2004a.

_____. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. *Fitopatologia Brasileira*, v.29, n.1, p.97-101, jan./fev. 2004b.

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; HENNING, A.A. *Histórico do vazio sanitário como medida de manejo da ferrugem asiática da soja*, 2006. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/HistoricoVazio.doc>>. Acesso em: 02 fev. 2008.

GODOY, C. V. et al. *Custo de controle de doenças na soja 2006/2007*. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/alerta/veralerta.php?cod_pagina_sa=172&cultura=1>. Acesso em: 23 jan. 2008.

HENNING, A. A.; GODOY, C. V. Situação da ferrugem da soja no Brasil e no mundo. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Ferrugem Asiática da Soja*. Viçosa: UFV, DFP, 2006. p. 1-14.

HEWITT, H. G. *Fungicides in Crop Protection*. Cambridge: CAB Internacional, 1998. 221 p.

JACCOUD FILHO, D. S.; DABUL, A. N. G. Rapid Method to Detect *Phakopsora pachyrhizi* and *Phakopsora meibomia* in Fabaceae Plants. *Fitopatologia Brasileira*, v. 31 p. 247, 2006. Suplemento.

JACCOUD-FILHO, D. S.; PASSINI, F. B.; DABUL, A. N. G.; GRANADO, C. J. F.; FIGUEIREDO, M. B. Alternative hosts of the agent of the asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil. *Fitopatologia Brasileira*, v. 32, p.60-64, ago. 2007. Suplemento.

JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A.D.; JULIATTI, F.C. *Manejo Integrado de Doenças na Cultura da Soja*. 1 ed. Uberlândia: Composer, 2004. 327 p.

JULIATTI, F. C. Perdas causadas por doenças na cultura da soja, com ênfase na ferrugem asiática. In: WORKSHOP DE EPIDEMIOLOGIA DE DOENÇAS DE PLANTAS, 1, 2004, Viçosa. *Anais...* Viçosa:UFV; DFP, 2005. p. 81-94.

KRANZ, J. Comparative epidemiology: an evaluation of scope, concepts and methods. In: PALT, J.; KRANZ, J. (Eds.) *Comparative epidemiology. A tool for better disease management*. Wageningen: Pudoc, 1980. p. 18-28.

KRANZ, J. Comparison of epidemics. *Annual Review Phytopathology*, v.12, p. 355–374, set. 1974.

LEITES, A. *Relações entre Refletância, Intensidade da Moléstia e Rendimento de Grãos no Patossistema Ferrugem da Folha – Trigo*. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitopatologia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2001.

MILES, M. R.; LEVY, C.; MOREL, W.; MUELLER, T.; STEINLAGE, T.; VAN RIJ, N.; FREDERICK, R. D.& HARTMAN, G. L. Internacional Fungicide Efficacy Trials for the Managment of Soybean Rust. *Plant Disease*, v. 91, p. 1450-1458, 2007.

NAVARINI, L.; DALLAGNOL. L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, R. C. & MADALOSSO, M. G. Controle Químico da Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*

Sidow) na cultura da soja. *Summa Phytopathologica*, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

OLIVEIRA, A. C. B.; GODOY, C. V.; MARTINS, M. C. Avaliação da Tolerância de Cultivares de Soja à Ferrugem Asiática no Oeste da Bahia. *Fitopatologia Brasileira*, v. 30, n. 6, p. 658-662, nov./dez. 2005.

PARLEVLIET, J. E. Resistance of the non-race-specific type. In: ROELFS, A. P.; BUSHNELL, W. R. *The cereal rusts: diseases, distribution, epidemiology and control*. v. 2. Orlando: Academic Press, 1985, p. 501-525.

PASTOR-CORRALES, M. A. et al. *Reaction of common cultivars to the Asian Soybean Rust pathogen, Phakopsora pachyrhizi, under field conditions in South Africa and Brazil*. Disponível em: < <http://www.cs.s.msu.edu/bic/PDF/Reports/BIC%202006%20volume%2049.pdf> >. Acesso em: 24 jan. 2008.

PICININI, E. C.; FERNANDES, J. M.; IGNACZAK, J. C.; AMBROSI, I. Impacto econômico do uso do fungicida propiconazole na cultura do trigo. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 3, p. 362-368, 1996.

RECOMENDAÇÕES. Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 37, 2005, Cruz Alta, RS. Indicações Técnicas da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo: trigo e triticale. Cruz Alta: FUNDACEP, 2005. 162 p.

RECOMENDAÇÕES. Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 38, 2006, Passo Fundo. Informações técnicas para a safra 2007: Trigo e Triticale. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007a, 114 p. (Documentos 71).

RECOMENDAÇÕES. Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 35, 2007, Santa Maria, RS. Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2007/2008. Santa Maria: Orium, 2007b. 168 p.

REIS, E. M. *Doenças do Trigo V – Ferrugens*. São Paulo, 1991. 20 p.

REIS, E. M.; CASA, R. T. Cereais de inverno. In: VALE, F.X.R.; ZAMBOLIN, L. Controle de doenças de plantas: grandes culturas. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia; Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. p. 231-288.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; LAÉRCIO L. HOFFMAN; MENDES, C. M. Effect of leaf rust on wheat grain yield. *Fitopatologia Brasileira*, v. 25, n. 1, p. 67-71, 2000.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; MEDEIROS, C. A. *Diagnose, patometria e controle de doenças de cereais de inverno*. Londrina: MC Gráfica Ltda., 2001a. 81 p.

REIS, E. M.; FORCELINI, C. A.; REIS, A. C. *Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas*. 4 ed. Florianópolis: Insular, 2001b. 176 p.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R. Ferrugem da soja: revisão e aspectos técnicos. In: REIS, E. M. (Ed.). *Doenças na cultura da soja*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2004. p. 55-70.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R.; CARMONA, M. *Doenças da soja I: Ferrugem asiática*. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. 48 p.

REIS, E. M.; FORCELINI, C. A.; REIS, A. C. *Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas*. Passo Fundo: UPF Editora, 2007. 153 p.

REIS, E. M.; RICHTER, R. Efeito de substratos sobre a germinação de uredosporos e comprimento de tubos germinativos de *Puccinia triticina*. *Fitopatologia Brasileira*, v. 32, n. 1, p. 75-78, jan./fev., 2007.

RIMÉ, D.; ROBERT, C.; GOYEAU, H.; LANNOU, C. Effect of host genotype on leaf rust (*Puccinia triticina*) lesion development and urediniospore production in wheat seedlings. *Plant Pathology*, 54, p. 287-298, 2005.

RODRIGUES, M. A. T.; CERQUEIRA, W. S.; VENÂNCIO, W.S.; BEGLIOMINI, E.; ZAGONEL, J.; MILLÉO, M. V. R. Avaliação de fungicidas, em duas aplicações, no controle de ferrugem da folha na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), cultivar OR-1. *Fitopatologia Brasileira*, v. 27, p. 94, ago. 2002. Suplemento.

ROELFS, A. P.; SINGH, R. P.; SAARI, E. E. *Las royas del trigo: conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades*. México: CIMMYT, 1992. 81 p.

ROESSING, A. C. M. *Impacto econômico da ocorrência da ferrugem asiática na soja*. Disponível em: < <http://www.cnpso.embrapa.br/alerta/veralerta>>. Acesso em: 12 jul. 2006.

SAMBORSKI, D. J. Wheat Leaf Rust. In: ROELFS, A. P. & BUSHNELL, W. R. (Eds.). *The Cereal Rusts – Diseases, Distribution, Epidemiology and Control*. Orlando (Florida): Academic Press, 1985. p.39-59.

SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. Infectious diseases: rust. In: _____. *Compendium of soybean diseases*. 3. ed. St. Paul: APS Press, 1989. p. 24-27.

SINCLAIR, J. B.; HARTMAN, G. L. Soybean rust. In: HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. (Eds.). *Compendium of soybean diseases*. 4. ed. Saint Paul: APS Press, 1999. p. 25-26.

SINGH, R. P.; HUERTA-ESPINO, J.; ROELFS, A. P. *The wheat rusts*. Disponível em: < <http://www.fao.org/docrep/006/Y4011E/y4011e0g.htm>>. Acesso em: 26 jan. 2008.

SINGER, A. C.; YORINORI, J. T. Eficácia do prothioconazole (Proline 250 EC) em comparação com outros fungicidas recomendados no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). *Fitopatologia Brasileira*, v.32, p. 326, ago. 2007a. Suplemento.

SINGER, A. C.; YORINORI, J. T. Translocação de fungicidas em folíolos de soja e seus efeitos no controle da ferrugem asiática

(*Phakopsora pachyrhizi*). *Fitopatologia Brasileira*, v.32, p. 326, ago. 2007b. Suplemento.

UGALDE, M. G. *Controle da ferrugem asiática (Phakopsora pachyrhizi Sidow) na cultura da soja*. 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). *Circular maio 2006*. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/oilseeds>>. Acesso em: 03 jul. 2006.

_____. *Agricultural Baseline Projections to 2014*. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/Publications/OCE051>>. Acesso em: 24 jan. 2008.

VANDERPLANK, J. E. *Plant Diseases: Epidemics and Control*. New York: Academic Press, 1963. 349 p.

VITTI, A. J.; BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L.; FEGIES, N. C. Epidemiologia comparativa entre a ferrugem comum e a helmintosporiose do milho: I) Efeito de variáveis climáticas sobre parâmetros monocíclicos. *Summa Phytopathologica*, v. 21, n. 2, p. 127-130, 1995a.

VITTI, A. J.; BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L.; FEGIES, N. C. Epidemiologia comparativa entre a ferrugem comum e a helmintosporiose do milho: II) Desenvolvimento de epidemias sob condições naturais de infecção. *Summa Phytopathologica*, v. 21, n. 2, p. 131-133, 1995b.

VITTI, A. J.; PAIVA, S. B.; CASTRO, R. M.; VEIGA, J. S. & GARCIA, L. Efeito residual e curativo de fungicidas para o controle de ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). *Fitopatologia Brasileira*, v. 29, p. 290, 2004. Suplemento.

WAHL, I. et al. Evolution at the Center of Origin. In: BUSHNELL, W. R. & ROELFS, A. P. (Eds.). *The Cereal Rusts – Origins, Specificity, Structure and Physiology*. Orlando (Florida): Academic Press, 1984. p.39-77.

WIESE, M. V. *Compendium of wheat diseases*. 2. ed. Saint Paul (USA): Academic Press, 1998. 112 p.

YAMAOKA, Y.; FUJIWARA, Y.; KAKISHIMA, M.; KATSUYA, K.; YAMADA, K.; HAGIWARA, H. Pathogenic races of *Phakopsora pachyrhizi* on soybean and wild host plants collected in Japan. *Plant Pathology*, v. 68, p. 52-56, 2002.

YORINORI, J. T. Doenças da soja no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *Soja no Brasil Central*. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.301-363.

YORINORI, J. T. Ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): ocorrência no Brasil e estratégias de manejo. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE DOENÇAS DA CULTURA DA SOJA, 2, 2002, Passo Fundo. *Resumos de palestras...*Passo Fundo: Aldeia Norte, 2002. p.47-54.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M. *Ferrugem da soja: Phakopsora pachyrhizi* Sydow. Londrina: Embrapa Soja, 2002. (Folder).

YORINORI, J. T.; WILFRIDO, M. P. *Ferrugem da soja: Phakopsora pachyrhizi* Sydow. Londrina: Embrapa, 2002. (Folder).

YORINORI, J. T.; GODOY, C. V.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. N., BERTAGNOLLI, P. F.; NUNES JÚNIOR, J. Evolução da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil, de 2001 a 2003. *Fitopatologia Brasileira*, v. 28, p. 210, ago. 2003. Suplemento.

YORINORI, J. T. Country report and rust control strategies in Brazil. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7, SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4, CONGRESSO BRASILEIRO DA SOJA, 3, 2004, Foz do Iguaçu. *Proceedings...* Londrina: Embrapa Soybean, 2004a. p. 447-455.

_____. Ferrugem da soja: ocorrência no Brasil e estratégias de manejo. In: REIS, E. M. (Ed.). *Doenças na cultura da soja*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2004b. p. 77-84.

YORINORI, J. T.; NUNES JÚNIOR, J. ; LAZZAROTTO, J. J. *Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle*. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 36 p. (Documentos, 247).

ZAMBOLIM, L. Manejo integrado da ferrugem asiática da soja. In: In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Ferrugem Asiática da Soja*. Viçosa: UFV, DFP, 2006. p. 73-98.