

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E GENERALIDADES PARA O CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA NA CULTURA DA SOJA

Cleber Daniel de Goes MACIEL

Departamento de Agronomia da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal - FAEF. Garça, São Paulo, Brasil.

Juliana Parisotto POLETINE

Departamento de Fitotecnia da Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista - ESAPP. Paraguaçu Paulista, São Paulo, Brasil.

RESUMO

Atualmente, dentre as doenças que afetam a cultura da soja, a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sid) é considerada uma das piores, alastrando-se rapidamente na Argentina, Brasil e Paraguai. Em menos de três safras, espalhou-se por quase toda área de soja das regiões de cultivo do Brasil. Na ausência de cultivares resistentes, o controle químico tem sido eficiente, porém com uso bastante exagerado pela falta de conhecimento adequado na identificação e quantificação da doença. O trabalho teve como objetivo reunir informações generalizadas sobre a ferrugem asiática, ressaltando e caracterizando as principais medidas de controle recentemente utilizadas no Brasil.

PALAVRAS CHAVE: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, identificação, perdas, controle.

ABSTRACT

Nowadays, among the diseases that affect soybean crop, soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sid) is considered as one of the worst, spreading quickly for Argentina, Brazil and Paraguay. In less than three harvests, it has been dispersed for almost whole soybean cultivated area in Brazil. In the absence of resistant cultivars, the chemical control is efficient, however its use has been really exaggerated by lack of appropriate knowledge in identification and quantification of the disease. The work had as objective to gather widespread information on soybean rust, standing out and featuring the main control measures recently used in Brazil.

KEY WORDS: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, identification, damages, control.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a soja (*Glycine max* L. Merrill) é considerada no Brasil, a cultura de maior expressão comercial, sendo a mais importante fonte de proteína vegetal, constituindo-se em componente fundamental na alimentação animal e com importância crescente na dieta humana. A leguminosa responde por 54% do volume de produção de grãos entre as culturas oleaginosas, 64% dos farelos protéicos, 29% dos óleos vegetais e 52% do total de óleos mais farelos (BALARDIN, 2002).

Em se tratando dos principais pontos positivos e negativos da safra de soja, nos anos agrícolas 2002/2003, a qual apresentou produção de 52 milhões de toneladas em 17 milhões de hectares, concluiu-se que essa produção garante ao Brasil a segunda posição mundial, atrás apenas dos Estados Unidos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2003a). Nesta safra, o Mato Grosso manteve a liderança entre os Estados, produzindo quase 14 milhões de toneladas de soja em 4,5 milhões de hectares. A produtividade média foi de 3100 kg ha⁻¹, o que garante competitividade internacional. Segundo tal órgão de pesquisa, ocorre destaque para a maior consciência do produtor com relação aos processos produtivos e a possibilidade de expansão da área com o uso da integração lavoura-pecuária.

Sozinha, a produção de soja da cidade de Sorriso (MT) representa 2,8% da safra anual brasileira da cultura e 18% da safra de Mato Grosso, o maior Estado produtor, com 11,6 milhões de toneladas em 2001/2002. Dos 890 mil hectares de área total, 509 mil são postos a serviço da produção do grão, mas variam entre 450 mil e 500 mil hectares, de acordo com a Unidade de Execução de Pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2003b). A expectativa para a safra 2003, era atingir os 2.253.540 de toneladas. Com a saca de 60 quilos cotada a R\$ 35,00, isso significaria um faturamento de R\$ 1,3 bilhão movimentando uma cidade de 50 mil habitantes.

Mas, para que tais metas fossem atingidas, alguns fatores limitantes foram considerados, dentre eles e um dos mais importantes é a problemática das doenças que atacam a cultura. Segundo Wrather et al. (1997), os danos causados por enfermidades podem comprometer até aproximadamente 20% do rendimento, com o conjunto de doenças foliares sendo responsável por um dano médio de 11%.

Entre as diversas doenças que afetam a cultura da soja, a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sid) é considerada pelos especialistas como uma das piores. Ausente no Continente Americano desde a introdução dessa leguminosa há mais de um século, a doença finalmente chegou às lavouras do sul do continente, alastrando-se rapidamente pela Argentina (2002), Brasil (2001) e Paraguai (2001). Em menos três safras, disseminou-se por quase toda a área de soja do Paraguai e 80% das regiões de cultivo do Brasil (YORINORI et al., 2003). O aparecimento desta enfermidade, o atraso das chuvas para o semeadura e excesso na colheita foram apontados como os principais problemas da safra 2003/2004 (VIEIRA, 2003).

Para Carvalho & Figueiredo (2000), a ferrugem asiática é uma das doenças de maior importância no hemisfério oriental do planeta, devido à alta virulência com que incide nas lavouras, representando a principal enfermidade da cultura da soja, em áreas tropicais e subtropicais. Hartman et al. (1999) citam que a cultura é infectada por duas espécies de fungos do gênero *Phakopsora*, as quais causam a doença conhecida como ferrugem: *P. meibocime* (Arthur) Arthur e *P. pachyrhizi* Sydow & Sid. Segundo o autor, a *P. meibocime* (Arthur) Arthur é nativa do Continente Americano, com ocorrência em leguminosas silvestres e cultivadas desde Porto Rico até o sul do Estado do Paraná (Ponta Grossa). A temida *P. pachyrhizi* Sydow & Sid, encontram-se presente na maioria dos países asiáticos e Austrália, estando ausente nas Américas até a safra 1999/2000.

Estudos anteriores mostram que perdas de até 40% foram relatadas no Japão; de 10% a 50%, no Sul da China; 10% a 40%, na Tailândia e 23% a 90%, em Taiwan. Perdas quase totais ocorreram também em determinadas áreas, na maioria desses países (SINCLAIR & BACKMAN, 1989).

No hemisfério ocidental, a ferrugem da soja é reportada a princípio em Porto Rico, 1976 e, posteriormente, no Brasil e Colômbia. No Brasil, Deslandes (1979), identificou a doença num primeiro momento em soja perene (*Glycine wightii*), feijão de lima (*Phoscolis lunatus* var. macrocorpus) e, em soja (*Glycine max*) no ano de 1979, em Lavras/MG. Na safra 1990/1991, a doença atingiu níveis epidêmicos em São Gotardo e Presidente Olegário, Minas Gerais e Distrito Federal. Em São Gotardo, estima-se que houve redução no rendimento de 30% a 40%. Desde a primeira detecção, têm ocorrido surtos esporádicos e imprevisíveis (YORINORI, 1997).

O controle da ferrugem da soja exige a combinação de várias estratégias, principalmente a rotação de culturas, a fim de evitar perdas e gastos desnecessários (YORINORI et al., 2003). Por ser uma doença nova e de grande impacto sobre o rendimento, diversos estudos estão em andamento, buscando informações sobre resistência genética de cultivares já utilizados e/ou em vias de lançamento, assim como da eficiência relativa dos fungicidas, principalmente quanto ao número e frequência de aplicações, em função da época de semeadura e clima, nas diferentes regiões de cultivo de soja no

Brasil. Na ausência de cultivares resistentes, o controle químico tem mostrado eficiência, porém com uso exagerado devido à falta de conhecimento adequado na identificação e quantificação da doença. Segundo Gassen (2002), é difícil prever o desenvolvimento da doença, uma vez que em alguns países, o patógeno se estabeleceu sem causar danos expressivos e em outros tem causado perdas intensas e necessidade de controle com fungicidas.

Dessa forma, é fundamental que os sojicultores estejam atentos ao problema e busquem informações junto aos órgãos de pesquisa e extensão em cada Estado. Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo reunir informações generalizadas sobre a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), ressaltando as principais medidas de controle recentemente utilizadas no Brasil.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Distribuição geográfica do patógeno

A ferrugem da soja afeta de maneira adversa as produções na Austrália, China, Índia, Indonésia, Japão, Filipinas, Taiwan, Tailândia, Américas e África. A maioria das informações é subjetiva, algumas delas especulativas, e nenhuma suficientemente quantitativa para adequar entendimento e previsão da epidemia (BROMFIELD, 1984). Nas Américas, o patógeno foi reportado em um número de espécies leguminosas como *P. pachyrhizi* ou como um de seus sintomas, a mais comum sendo *P. vignae*. Vale ressaltar também alguns países onde o patógeno foi encontrado e o primeiro ano de relato: Porto Rico (1913), México (1917), Cuba (1926), Trinidad (1926), St. Thomas (1926), Colômbia (1933), Guatemala (1940), Brasil (1940 como *P. crotalariae*, 1979 como *P. pachyrhizi*), Venezuela (1943), Chile (1962) e Costa Rica (1976).

A enfermidade foi primeiramente encontrada nas culturas de soja nas Américas, em plantações experimentais em Porto Rico em 1976 e posteriormente em culturas da Costa Rica, Brasil e Colômbia (BONDE & BROWN, 1980). Segundo Balardin (2002), é uma doença encontrada extensivamente em diversas regiões de produção de soja no Mundo, onde perdas de até 90% são relacionadas.

2. Ferrugem asiática no Brasil

O primeiro relato de *P. pachyrhizi* em soja no Brasil foi feito por Deslandes (1979), quem observou o patógeno em plantações experimentais nas cultivares Paraná, Santa Rosa, IAC -2, e UFV-1 em Lavras, Minas Gerais, em fevereiro de 1979.

Áreas plantadas com a cultura da soja, nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Paraná foram inspecionadas em 1979, após a observação inicial da ferrugem da soja no Município de Lavras, sendo o fungo encontrado em tais Estados, exceto no Paraná (CHAVES & DO VALE, 1981).

Em março de 1982, foram encontrados focos da ferrugem asiática da soja em plantio comercial da cultivar Paraná a uma altitude de 1000 m, nas proximidades de São Gotardo, a oeste de Minas Gerais (BROMFIELD, 1984). Já em maio do mesmo ano, os pesquisadores observaram uma "explosão" da doença em 50 hectares da cultivar Cristalina em altitude de 1150 m, localizada no Alto Paranaíba, região noroeste de Minas Gerais.

Na safra 1990/1991, a doença atingiu níveis epidêmicos em São Gotardo e Presidente Olegário, Minas Gerais, e em áreas do Distrito Federal. Em São Gotardo, estimou-se que a doença provocou redução do rendimento de 30% a 40%. No entanto, desde a primeira detecção tem havido apenas surtos esporádicos e imprevisíveis da enfermidade (YORINORI, 1997).

Carvalho & Figueiredo (2000) fizeram análise dos trabalhos publicados na literatura internacional, sobre a família *Phakopsoraceae* e a ferrugem da soja no Brasil. A partir desses estudos foi feita a correção da identificação de *Phakopsora pachyrhizi* para *Phakopsora meibomiae*. Ou seja, a espécie que ocorria até então no Brasil era *P. meibomiae*, nativa da América do Sul, e menos agressiva que *P. pachyrhizi*. Assim, a doença foi relatada no Brasil como sendo causada pela espécie *P. pachyrhizi* e tinha como base estudos que consideravam apenas os hospedeiros. Fato este, o qual levou os pesquisadores a cometerem tal engano.

Atualmente é sabido que duas espécies de fungo podem causar a ferrugem da soja no Brasil: *Phakopsora pachyrhizi*, originária da Ásia e *P. meibomiae*, originária da América do Sul. Porém, até 1992, todos os autores encontraram diferenças apenas fisiológicas entre os isolados do fungo provenientes dos hemisférios oriental e ocidental, o que significa dizer que consideravam a espécie *P. pachyrhizi* encontrava-se presente em ambos os hemisférios, apresentando apenas populações com comportamento fisiológico distinto. Estudos demonstraram que isolados analisados da Ásia eram mais agressivos do que aqueles da América do Sul, produzindo lesões com mais de duas pústulas (urédias) e necrose bastante extensa (MELCHING et al., 1979; BROMFIELD et al., 1980; YANG, 2002).

A ferrugem asiática da soja, causada por *P. pachyrhizi*, foi identificada pela primeira vez no Continente Americano, no Paraguai - localidade de Pirapó (Itapuá), em março de 2001, segundo Paiva (1982), citado por Yorinori & Paiva (2002). No final dessa safra, a doença já estava disseminada neste País e no Estado do Paraná (ANDRADE & ANDRADE, 2002).

Na safra 2001/2002, a doença foi constatada nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, sendo que os Municípios mais atingidos foram Passo Fundo, Cruz Alta e Cruzaltina (RS); Ortigueira, Ponta Grossa e Guarapuava (PR); Chapadão do Sul, Costa Rica e São Gabriel do Oeste (MS); Chapadão do Céu, Rio Verde, Jataí, Mineiros, Portelândia e Santa Rita do Araguaia (GO) e Alto Taquari, Alto Araguaia e Alto Garças (MT). Lavouras atingidas nessas localidades perderam até 70% da produtividade (840 a 900 kg ha⁻¹), conforme descrito por Yorinori & Paiva (2002). Registraram-se, ainda, perdas médias de 16% em Chapadão do Sul e 10% em Chapadão do Céu. Nessas regiões, a produtividade da soja, cultivada em condições de safrinha, sofreu redução de até 100%, devido à enfermidade.

Na região de Chapadão do Sul, a ferrugem asiática foi observada pela primeira vez na safra 2001/2002, mais precisamente no início de março. É possível que a doença já estivesse ocorrendo bem antes dessa época e que, pela semelhança na sintomatologia, estivesse sendo confundida com aquelas que fazem parte do complexo de doenças de final de ciclo da soja (DFCS). Segundo Andrade & Andrade (2002), a semelhança no aspecto visual, de lavouras afetadas por mancha parda e ferrugem, assim como o uso de fungicidas para controle das DFCS, podem ter feito com que a ferrugem não fosse identificada em muitas lavouras e regiões, na safra 2001/2002.

3. Sintomatologia

De acordo com Yorinori et al. (2003), os primeiros sintomas da ferrugem asiática são caracterizados por minúsculos pontos (no máximo 1 mm de diâmetro) mais escuros do que o tecido sadio da folha, com coloração de esverdeada a cinza-esverdeada. Para melhor visualização, os autores recomendam tomar uma folha com suspeita de mancha de ferrugem e observá-la, pela face superior, contra um fundo claro, como por exemplo o céu. Uma vez localizado o ponto suspeito, deve-se confirmar com uma lupa de 10 x a 20 x de aumento, ou sob microscópio estereoscópico, desta vez, observando-se o verso da folha. No local da mancha, observa-se inicialmente, uma minúscula protuberância semelhante a uma ferida (bolha) por escaldadura, sendo essa, o início da formação da estrutura de frutificação do fungo, a urédia.

Hartman et al. (1999) constatou que para facilitar a visualização das urédias, deve-se fazer com que a luz incida com máxima inclinação sobre a superfície da folha (vista pela face inferior), de modo a formar sombra em um dos lados das urédias. Esse procedimento permitirá a observação das urédias, a campo, mesmo sem o auxílio de lupa de bolso, ou seja, a olho-nu. Progressivamente, a protuberância adquire coloração castanho-clara a escura, abrindo-se um minúsculo poro, expelindo daí, os uredosporos.

Os uredosporos formados no interior das urédias, inicialmente de coloração hialina (cristalina), mais tarde tornam-se bege, são expelidos e acumulam-se ao redor dos poros ou são carregados pelo vento. O número de urédias (ou pústulas), por lesão, pode variar de uma a seis. À medida que prossegue a esporulação, o tecido da folha ao redor das primeiras urédias adquire coloração castanho-clara (lesão tipo TAN) a castanho-avermelhada (lesão do tipo RB), formando lesões que são facilmente visíveis em ambas faces da folha (HARTMAN et al., 1991).

A formação de urédias e esporulação podem ser estimuladas colocando-se folhas com sintomas de ferrugem em sacos plásticos, mantendo-as incubadas por um a dois dias. Os uredosporos se acumularão sobre as urédias tornando mais visíveis as estruturas e frutificações do fungo. As urédias que deixaram de esporular apresentam as pústulas nitidamente com poros abertos, permitindo a distinção da pústula bacteriana, causa freqüente de confusão (YORINORI et al., 2003). Lesões de ferrugem são facilmente confundidas com lesões de mancha parda (*Septoria glycines*), principalmente nos estádios iniciais da fase vegetativa da soja. A possibilidade de confusão entre as duas doenças prossegue durante todo o ciclo. Em ambos os casos (ferrugem e mancha parda), as folhas infectadas amarelecem, secam e caem prematuramente, dificultando a distinção. Portanto, a observação da presença das urédias e uredosporos na ferrugem e a coloração rosada a castanho-clara, com ausência de estrutura visível na face inferior da folha na mancha parda são fundamentais para o correto diagnóstico das duas doenças.

A semelhança do aspecto visual de lavouras afetadas por mancha parda e ferrugem asiática, no final da safra, e o uso de fungicidas para controle das doenças de final de ciclo (mancha parda e crestamento foliar de *Cercospora*) podem ter feito com que a ferrugem não fosse identificada em muitas lavouras na safra 2001/2002 (YORINORI, 2002; YORINORI & PAIVA, 2002).

4. Estimativas de perdas e danos causados pela doença

Muitas publicações sugerem a quantificação dos parâmetros de enfermidades como: área foliar infectada, desfoliação, contagem de pústulas e área sob as curvas dos componentes de produção (HARTMAN et al., 1997).

Wamontree & Quebral (1984), utilizando-se de um modelo pontual crítico, encontraram que a severidade da doença na folha, no período do florescimento, era um bom indicador das perdas de produção. Yang et al. (1991) regressaram a área relativa sob a curva de progresso da doença, na taxa de crescimento das sementes, períodos entre R4 e R7 e produção. Hartman et al. (1991) aplicaram a análise de regressão na área foliar infectada no estágio de crescimento R6 e na área sob a curva de progresso da doença, para porcentagem de produção em parcelas protegidas com o uso de fungicidas.

Em estudos conduzidos por Kawuki et al. (2003), as perdas de produção foram quantificadas utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\% \text{ perda} = \frac{\text{produção de parcelas com fungicidas} - \text{produção de parcelas sem fungicidas}}{\text{produção de parcelas com fungicidas}} \times 100$$

O índice de tolerância à ferrugem (ITF) foi computado como segue:

$$\text{ITF} = \frac{\text{produção de parcelas não protegidas com fungicidas}}{\text{produção de parcelas protegidas contra ferrugem}}$$

Segundo os autores, parâmetros que quantificam a doença em relação à produção foram eficientes, e informações adicionais auxiliaram na incorporação da previsão de perdas pela doença, assim como nos modelos específicos para produção.

Em termos mais conclusivos, cita-se que a ferrugem reduz a atividade fotossintética pela destruição dos tecidos foliares, causando a desfolha prematura e redução do ciclo. A queda prematura das folhas evita a plena formação dos grãos (SINCLAIR & BACKMAN, 1989). Em casos de ataques mais severos, quando a doença atinge a soja na fase de formação das vagens ou início da granação, pode causar aborto e queda das vagens (YORINORI & PAIVA, 2002). O efeito cumulativo da ferrugem sobre a produção se traduz no menor peso das sementes e redução do número de vagens e sementes (SINCLAIR & BACKMAN, 1989).

De acordo com Sinclair & Hartman (1996), perdas de 80% e 90% de rendimento foram registradas na Austrália e Índia, respectivamente, assim como em Taiwan há registro de perdas entre 70 e 80%. Na primeira ocorrência no Paraguai (2000/2001), foram registradas perdas acima de 1100 kg ha⁻¹. Nos anos agrícolas de 2001/2002, a seca severa na segunda metade do ciclo evitou maiores perdas pela doença no Paraguai. Segundo Yorinori (2003), no Brasil, safra 2001/2002, as perdas de rendimento variaram de 30-75% nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Paraná e Rio Grande do Sul. Lavouras severamente atingidas tiveram reduções de rendimento entre 55 a 60 sacos por hectare, para 14 a 15 sacos (840 - 900 kg ha⁻¹).

Utiamada (2003), estudando a determinação das perdas efetivas ao nível de lavoura de cinco áreas comerciais nos Estados da Bahia e Minas Gerais, concluiu que os níveis de ferrugem foram altos em todas as áreas avaliadas, promovendo desfolha antecipada, redução do ciclo da cultura e redução no rendimento e peso de 1000 sementes, com as perdas variando de 27 a 64%.

5. Disseminação do patógeno e condições predisponentes

A ferrugem ocorre com maior severidade sob condições de prolongado período de molhamento foliar (10 a 12 horas) e temperaturas médias abaixo de 28°C. Os uredosporos germinam em três a seis horas sob temperaturas de 14°C a 29°C. Porém, a germinação e penetração no tecido da folha podem ocorrer à temperatura variando de 8°C a 28°C (SINCLAIR & HARTMAN, 1996).

Em condições de casa-de-vegetação, sob ausência de luz e a 20°C, uredosporos de *P. pachyrhizi* iniciaram a germinação em uma hora e meia, a partir do momento em que se iniciou o orvalho, atingindo o máximo após seis a sete horas. Após oito horas de orvalho e sob temperaturas de 18°C a 26,5°C, a quantidade de lesões era 10 vezes maior que após seis horas sob as mesmas temperaturas. Uredosporos sobre folhas expostas durante quatro a seis horas de orvalho, seguidas de seca durante quatro dias, foram capazes de infectar quando ministrado um período de 12 horas de orvalho. Entretanto, apresentaram 50% ou menos de infecção, quando comparados a uredosporos que não foram expostos ao período inicial de molhamento (MELCHING et al., 1975). Alguns trabalhos mencionam o surgimento das primeiras lesões sendo de sete dias após a inoculação e a produção de uredosporos secundários iniciando-se aos nove dias (MELCHING et al., 1979).

Dados preliminares obtidos em estudos de casa-de-vegetação na Embrapa Soja, Londrina/PR, demonstraram que as primeiras lesões podem ser visíveis de cinco a seis dias após a inoculação e as primeiras frutificações (urédias) podem ser visíveis seis a sete dias após a inoculação (YORINORI, 2003).

Segundo Yorinori et al. (2003), em se tratando de disseminação, os uredosporos são facilmente disseminados pelo vento para lavouras próximas ou a longas distâncias, porém, não são transmitidos pela semente. Supõe-se que os esporos do fungo tenham atravessado o Oceano Atlântico ou Oceano Pacífico, vindo dos países do sul da África (Zimbábue e Zâmbia, desde 1998 ou África do Sul, em 2001), onde a doença tem causado severas perdas ou da Austrália, onde a ferrugem ocorre há várias décadas.

De acordo com Balardin (2003), o patógeno pode disseminar-se numa taxa entre 0,45 e 1,0 metro/dia, valores excepcionalmente elevados e que explicam a severidade com que a doença se manifestou no Oeste Baiano. Para que se desenvolva uma epidemia severa, é necessário período de molhamento de 10 horas por dia, e temperaturas entre 18 e 26°C. Temperaturas mais altas que 30°C e abaixo de 15°C, em clima seco, retardam o progresso da doença (GODOY & YORINORI, 2003).

6. Raças fisiológicas do patógeno

Lin (1966) multiplicou individualmente nove isolados de *P. pachyrhizi* obtidos de folhas infectadas com ferrugem coletadas de três localidades em Twain e comparadas com 11 acessos obtidos de leguminosas: seis acessos de soja e um acesso cada de *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus radiatus* L. var. *tipicus* Prain, *Phaseolus radiatus* L. var. *aurea* Prain, *Pachyrhizus bulbosus* Britt., e *Vigna catjang* Endl. Todos os nove isolados do patógeno comportaram-se semelhantemente em seis variedades de soja inoculadas, mas seis distintos patótipos entre os isolados foram reconhecidos na reação padrão das leguminosas, que não a soja.

Mclean & Byth (1976) demonstraram a presença de duas raças fisiológicas em Queensland, Austrália, podendo ambas ser diferenciada na cultivar Wills e acesso PI 200492. A raça 1 comportou-se como virulenta em Wills e avirulenta em PI 200492; já a raça 2 foi virulenta aos dois materiais. Bromfield et al. (1980), encontraram quatro raças fisiológicas entre isolados de *P. pachyrhizi*, a partir de diferentes regiões mundiais, utilizando três acessos de soja, cada um deles com um gene dominante para resistência.

Em 1984 (e até os dias atuais), um padrão de variedades diferenciadoras para a identificação de raças fisiológicas ainda não havia sido publicado. Isto, em parte, reflete a exploração limitada da interação patógeno-variedade que tem sido efetuada. A perda de informações de genes que condicionam reações específicas é outro fator contribuinte para falta de designação de acessos como diferenciadores. Até que um trabalho adicional seja feito, na caracterização de especificidades do patógeno-hospedeiro e identificação de genes para resistência específica, a designação de padrões diferenciáveis e a adoção de um esquema de designação universal de raças parece prematuro (BROMFIELD, 1984).

P. meibomiae e *P. pachyrhizi* possuem ampla gama de hospedeiros que incluem soja, outras espécies *Glycine*, e um grande número de gêneros na família das leguminosas, com a última espécie infectando pelo menos 95 espécies da sub-família *Faboideae*, muitos dos quais se constituem em hospedeiros alternativos (Bromfield, 1984, citado por BALARDIN, 2002). Baseando-se em confirmações de espécies em herbário, Ono et al. (1992) encontraram *P. meibomiae* em 19 gêneros e 42 espécies com adicional de 12 gêneros e 18 espécies cientificamente confirmadas como hospedeiros após inoculação. Já a espécie *P. pachyrhizi* foi identificada em 17 gêneros e 31 espécies com adicional de 28 gêneros e 60 espécies confirmados como hospedeiros após inoculação.

Na cultura da soja, *P. pachyrhizi* ocorre na maioria dos países na extensão Austro-Ásia e também já relatado no Congo, Ghana, Nigéria, Sierra Leone e Uganda (Ono et al., 1992, citados por HARTMAN et al., 1997). Todas as espécies *Glycine* parecem ser hospedeiras, com algumas apresentando acessos resistentes (Burdon, 1988; Hartman et al., 1992). Esta ampla variabilidade justifica-se ao fato de ambos organismos causadores da doença apresentam diversidade genética elevada, devido às populações heterogêneas com habilidade variada para infectar e esporular; ou por apresentarem inerente plasticidade genética dentro de uma dada população.

7. Métodos de controle

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2004), o fato da ferrugem asiática ser de ocorrência recente e ainda haver limitada disponibilidade de informações sobre a influência climática nas distintas regiões de cultivo da soja, torna-se difícil fazer uma recomendação genérica de controle que amplamente satisfaça os produtores. Para atenuar os danos ocasionados pela doença, o

monitoramento para detecção do patógeno logo no princípio e o controle químico efetuado o quanto antes têm sido princípios fundamentais (ANDRADE & ANDRADE, 2003).

O controle da ferrugem da soja exige a combinação de várias estratégias, principalmente a rotação de culturas, a fim de evitar perdas no controle da doença. Por ser uma enfermidade nova e de grande impacto sobre o rendimento, diversos estudos estão em andamento na busca de informações. A resistência genética das cultivares atualmente em uso, e/ou em vias de lançamento, assim como a eficiência relativa de fungicidas, principalmente quanto ao número e frequência de aplicações, em função da época de semeadura e do clima, são as principais linhas de pesquisa nas diferentes regiões de cultivo da soja no Brasil (YORINORI et al., 2003).

Atualmente, sabe-se que períodos contínuos de molhamento das folhas, por chuva ou orvalho, favorecem o desenvolvimento da doença. Embora as plantas sejam infectadas desde a fase inicial de desenvolvimento, a evolução da doença é mais lenta na fase vegetativa, atingindo o pico na fase de enchimento das vagens (YORINORI, 2003). Com base nas informações disponíveis até o momento, e como medidas gerais de controle da ferrugem, devem ser adotadas estratégias combinadas de manejo cultural, utilização racional de fungicidas e cultivares resistentes ("tolerantes"), caracterizando o manejo integrado da doença, sempre buscando mantê-la abaixo do nível de dano econômico com o minimizar efeitos deletérios ao ambiente (HOFFMANN, 2003).

7.1. Manejo Cultural

Segundo Andrade & Andrade (2002), nos estados e municípios onde a ferrugem foi constatada na safra 2001/02, as seguintes estratégias de manejo podem ser adotadas: aumentar a área de rotação com milho ou algodão (nos cerrados), evitando-se perdas pela doença; semear cultivares mais precoces, concentrando os plantios no início da época de semeadura indicada para cada região; evitar a semeadura em várias épocas e cultivares tardios, pois a soja semeada mais tardiamente (ou de ciclo longo) irá sofrer mais danos por receber a carga de esporos do fungo multiplicada nos primeiros plantios; reduzir as perdas na colheita e eliminar as plantas guaxas que multiplicam o fungo durante a entressafra, permitindo o desenvolvimento de nova(s) raça(s).

O controle da ferrugem pode ser obtido através da destruição de hospedeiros secundários para reduzir o inóculo para a próxima safra de soja. O aumento dos teores de fósforo no solo pode reduzir a incidência da doença. Cultivares de ciclo precoce podem apresentar menor dano, já que tendem a completar o ciclo antes que o nível de inóculo seja epidêmico. Por outro lado, plantios no final da época recomendada tendem a apresentar maior dano devido ao fato de completarem o ciclo sob elevada pressão de inóculo (BALARDIN, 2003).

7.2. Controle Químico

Segundo Soares et al. (2004), o controle da ferrugem da soja compreende diversas medidas conjuntas, mas quando a doença já está instalada, o controle químico é, até o momento, o principal forma de medida de controle. A Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul (2002) elaborou indicações de fungicidas para combater a ferrugem, baseadas em testes de eficácia.

Para definir a real necessidade do controle por meio de aplicação de fungicidas é necessário realizar um monitoramento da lavoura, observando se há ocorrência da doença nas folhas mais velhas e verificando o histórico de ocorrências nas regiões próximas (GODOY & YORINORI, 2003). Em estudos conduzidos em campo e casa de vegetação, constata-se que os fungicidas do grupo triazóis e estrobilurinas, registrados para o controle de oídio e outras doenças que aparecem no final de ciclo da cultura são eficientes no controle da ferrugem, sendo sua inclusão no registro obtida em novembro de 2002. A utilização de fungicidas pode ser vista como medida de controle para minimizar os danos em curto prazo.

De acordo com Yorinori (2003), havendo condições climáticas para desenvolvimento da ferrugem, deve-se adotar alguns procedimentos básicos como: nos primeiros plantios aplicar fungicida entre o início da granação e meia granação; à medida que a semeadura for atrasada (após início de novembro), antecipar gradualmente a aplicação de fungicidas para os estádios entre R3 (final de floração) e R 5.1 (início da formação dos grãos). Dependendo das condições climáticas durante a safra (chuvas regulares e/ou abundante formação de orvalho), assim como do momento em que for aplicado fungicida, pode haver necessidade de repetir as aplicações uma ou duas vezes.

Conforme Utimada (2003), em avaliações de fungicidas na safra 2002/2003, observou-se comportamento diferenciado de fungicidas quanto à eficiência de controle em aplicações em lavouras com diferentes níveis de infecção. Dentre os fungicidas indicados pela XXV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, na modalidade Protetor (aplicação com 0-1% de incidência) estão: difenoconazole (50 g i.a. ha⁻¹), fluquinconazole (62,5 g i.a. ha⁻¹) + 250 ml de óleo mineral ou vegetal,

tebuconazole (100 g i.a. ha⁻¹), tetraconazole (50 g i.a. ha⁻¹), flutriafol (50 a 75 g i.a. ha⁻¹), azoxystrobin + óleo mineral (50 g i.a. ha⁻¹ + 0,5% v/v), pyraclostrobin + epoxiconazole (66,5 + 25 g i.a. ha⁻¹), trifloxystrobin + propiconazole (50 + 50 g i.a. ha⁻¹); na modalidade Curativo (até 5% de incidência): tebuconazole (100 g i.a. ha⁻¹), tetraconazole (50 g i.a. ha⁻¹), flutriafol (50 a 75 g i.a. ha⁻¹) e pyraclostrobin + epoxiconazole (66,5 + 25 g i.a. ha⁻¹).

Em estudos conduzidos por Soares et al. (2004), avaliou-se o efeito de fungicidas no desenvolvimento da ferrugem asiática e na produtividade da cultura. Os tratamentos com os fungicidas azoxystrobin, difenoconazole + propiconazole, fluquinconazole, myclobutanil, pyraclostrobin + epoxiconazole, tebuconazole e trifloxistrobina + propiconazole controlaram o patógeno em relação à testemunha, mostrando produtividades superiores. O tratamento com carbendazin, em relação à severidade, não se diferenciou da testemunha, mostrando que esse fungicida teve pouco efeito sobre o patógeno.

Para Hoffmann & Boller (2004), ainda não existe no Brasil um critério com base científica para iniciar o controle da ferrugem asiática. A aplicação preventiva deve ser adotada caso ocorra a ferrugem na região e as condições climáticas estejam favoráveis ao desenvolvimento da doença. Porém, o mais importante é monitorar a lavoura para diagnosticar a ferrugem precocemente e obter controle satisfatório. Segundo os autores, as aplicações com fungicidas a partir dos estádios R5.5 e R6 não têm originado incremento de rendimento, apesar de trazer benefícios à qualidade das sementes (germinação, vigor e menor incidência do fungo). O sucesso da tecnologia de aplicação dos fungicidas deve estar baseado na eficácia do produto, assim como do momento e qualidade da aplicação, visando obtenção de máximo efeito fungitóxico.

Como os resultados de pesquisa disponíveis nas condições de Brasil são escassos em virtude da recente introdução da doença, as recomendações de controle químico adotadas estão baseadas no aspecto de segurança, buscando-se mais conhecimento sobre o desenvolvimento e agressividade da doença e métodos de controle. É importante salientar que a ocorrência da ferrugem pode variar de um ano para outro, dependendo das condições climáticas da safra (GODOY & YORINORI, 2003).

7.3. Resistência Genética

Na soja tem sido observado um tipo de resistência que retarda a evolução da doença, ou seja, diminui a velocidade com que esta enfermidade aumenta com o passar do tempo. Entretanto, é difícil o desenvolvimento de genótipos que apresentem esse tipo de resistência, porque as linhagens de populações segregantes, ou de acessos, possuem diferentes grupos de maturação (VELLO et al., 2002). Materiais que na fase vegetativa se mostram resistentes e quando na fase reprodutiva passam a sofrer os efeitos da doença, culminam em baixos rendimentos.

Esse fato foi verificado em ensaio de competição de variedades realizado na área experimental da Fundação Chapadão, na safra 2001/2002, onde os materiais foram avaliados quanto ao comportamento em relação à ferrugem (Andrade & Andrade, 2002). Verificou-se que, à medida que a soja foi evoluindo no seu ciclo, o índice de doença foi aumentando e o número de trifólios na haste principal foi decrescendo.

Segundo Balardin (2002), não existem cultivares de soja imunes a todas as raças fisiológicas de *P. pachyrhizi*, embora algumas linhagens promissoras tenham sido selecionadas apresentando elevado nível de resistência. A obtenção de cultivares resistentes tem sido dificultada em função da existência de raças fisiológicas do fungo e até o momento não são disponíveis genótipos resistentes para essa doença (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2004).

Em estudos conduzidos por Yorinori (2003), no período de fevereiro a junho de 2002, 452 cultivares comerciais foram testadas para reação à ferrugem, com inoculações artificiais, em casa de vegetação, em Londrina, e a campo, em Ponta Grossa, sob infecção natural. Houve grande variação na reação entre os cultivares, desde alto grau de resistência à alta suscetibilidade. A maioria das cultivares (440) apresentou reações variando de suscetível a altamente suscetível. As que apresentaram reação uniforme, variando de resistente a moderadamente resistente, foram: BRS 134, BRSMS Bacuri, Campos Gerais, CS 201 (Esplendor), FT-2, FT-3, FT-17 (Bandeirantes), FT-2001, IAC PL-1, IAS-3 (Delta), KJ-5 601 e OCEPAR 7 (Brilhante). Embora limitada, existe a possibilidade de controle da ferrugem por meio de cultivares tolerantes/resistentes, onde as mencionados forem adaptadas (YORINORI, 2002).

8. CONCLUSÕES

A expectativa para as próximas safras é de que a ferrugem se espalhe rapidamente para todas as regiões produtoras de soja do País, ocorrendo grandes variações na severidade da doença, de um ano para outro, nas diferentes regiões de cultivo. É fundamental a identificação dos sintomas no início,

pois nessa fase a aplicação de fungicidas terá eficiência máxima, uma vez que até o momento não existem genótipos resistentes.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, P. J. M.; ANDRADE, D.F.A. A. Ferrugem Asiática: uma Ameaça à Sojicultura Brasileira. **Documentos - Embrapa Agropecuária Oeste**, 2002.11p.
- ANDRADE, P. J. M.; ANDRADE, D.F.A. A. Ferrugem Controlada a Tempo. **Cultivar: Grandes Culturas**. n.55, p.24-25, 2003.
- BALARDIN, R. S. **Doenças da Soja**. Santa Maria: Edição do Autor, 2002. 100p.
- BALARDIN, R. S. Armas contra a ferrugem. **Cultivar: Grandes Culturas**. n.55, p.20-23, 2003.
- BONDE, M. R.; M. F. BROWN. Morphological comparison of isolates of *Phakopsora pachyrizi* from different areas of the world. **Canadian Journal of Microbiology**. v.26, p.1443-1449, 1980.
- BROMFIELD, K. R. **Soybean Rust**. Monograph No. 11, St.Paul: APS Press Incorporation, 1984. 65p.
- BROMFIELD, K. R.; MELCHING, J. S.; KINGSOLVER, C. H. Virulence and aggressiveness of *Phakopsora pachyrizi* isolates causing soybean rust. **Phytopathology**. v. 70, p. 17-21, 1980.
- BURDON, J. J. Major gene resistance to *Phakopsora pachyrizi* in *Glycine canescens*, a wild relative of soybean. **Theoretical and Applied Genetics**. v.25, p.923-928, 1988.
- CARVALHO, A. A. de; FIGUEREDO, M. B. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. **Summa Phytopathologica**. Jaboticabal, v.26, n.2, p.197-200, 2000.
- CHAVES, G. M.; DO VALE. F. X. R. Research on soybean rust in Brazil. **Soybean Rust News**. v.4, p.6-10, 1981.
- DESLANDES, J. A. Ferrugem da soja e de outras leguminosas causada por *Phakopsora pachyrizi* no Estado de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**. v.4, p.337-339, 1979.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Ferrugem da soja**. Londrina, 2003. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br.html> Acesso em 20 set. 2003a.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Identificação e Controle da Ferrugem da soja**. Dourados, 2003. Disponível em: <http://www.cpa0.embrapa.br.html> Acesso em 20 set. 2003b.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de Produção de Soja – Região Central do Brasil 2004**. Londrina: Embrapa Soja. 2004, 237p.
- GASSEN, D. Ferrugem da soja, *Phakopsora pachyrhizi*. **Revista Plantio Direto**. n.69, p.13, 2002.
- GODOY, C. V.; YORINORI, J. T. Ferrugem Asiática. **Revista Plantio Direto**. n.73, p.19-20, 2003.
- HARTMAN, G. L.; WANG, T. C.; TSCHANZ, A.T. Soybean rust development and the quantitative relationship between rust severity and soybean yield. **Plant Disease**. v.75, p.596-600, 1991.
- HARTMAN, G. L.; WANG, T. C.; HYMOWITZ, T. Sources of resistance to soybean rust in perennial *Glycine* species. **Plant Disease**. v.76, p.396-399, 1992.
- HARTMAN, G. L.; WANG, T. C.; SHANMUGASUNDARAM, S. **Soybean rust research: progress and future prospects**. Thailand: Kasetsart University Press. 1997, 186p.
- HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; ROPE, J. C. **Compendium of soybean diseases**. 4 ed. St Paul: American Phytopathological Society. 1999, 284p.

HOFFMANN, L. L. Tecnologia de Aplicação de Fungicidas na Cultura da Soja. In: COOPAVEL/COODETEC/BAYER CropScience. **Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas II**. Cascavel: Bayer Crop Science. p. 48-71, 2003.

HOFFMANN, L. L.; BOLLER, W. Tecnologia de Aplicação de Fungicidas em Soja. In: COOPAVEL/COODETEC/BAYER CropScience. **Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas II**. Cascavel: Bayer Crop Science. p. 46-60, 2004.

KAWUKI, R. S.; ADIPALA, E.; TUKAMUHAWA, P. Yield loss associated with soybean rust (*Phakopsora pachyrizi* Syd.) in Uganda. **Journal of Phytopathology**. v.151, p. 7-12, 2003.

LIN, S.Y. Studies on the physiologic races of soybean rust fungus, *Phakopsora pachyrizi* Syd. **Journal Taiwan of Agricultural Research**. v.15, n.3, p.24-28, 1966.

McLEAN, R. J.; BYTH, D. E. Resistance of soybean to rust in Australia. **Australian Plant Pathology Society Newsletter**. v.5, n.3, p.34-36, 1976.

MELCHING, J. S.; K. R. BRONFIELD; KINGSOLVER, C.H. Factors influencing spore germination and infection by *Phakopsora pachyrizi* and intensification and spread of soybean rust under controlled conditions. **Proceedings of American Phytopathology**. v.2, p.125, 1975.

MELCHING, J. S.; K. R. BRONFIELD; KINGSOLVER, C.H. Infection, colonization, and uredospore production on Wayne soybean by four cultures of *Phakopsora pachyrizi*, the cause of soybean rust. **Phytopathology**. v.69, p.1262-1265, 1979.

ONO, Y; BURITICA, P.; HENNEN, J. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella*, and *Cerotelium* and their species on Leguminosae. **Mycology Resource**. v.96, p.825-850, 1992.

REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 30. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2002/2003**. Cruz Alta: FUNDACEP/FECOTRIGO, 2002. 140p.

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

SINCLAIR, J. B.; HARTMAN, G. L. **Proceedings of the Soybean Rust Workshop**. National Soybean Research Laboratory Publ. 1. 1996. 189p.

SOARES, R. M.; RUBIN, S. D. A. L.; WIELEWICKI, A. P.; OZELAME, J. G. Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrizi*) e produtividade da soja. **Ciência Rural**. V.34, n.4, p.1245-1247, 2004.

UTIAMADA, C. M. Ferrugem da Soja. In: **Novos Desafios da Soja Brasileira**. Cascavel: Coodetec/Bayer Crop Science, 2003. p. 84-102.

VELLO, N. A.; BROGIN, R. L.; ARIAS, C. A. A. Estratégias de melhoramento para o controle de ferrugem da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2. Foz do Iguaçu, 2002. p. 188.

VIEIRA, C. P. **Controle para ferrugem da soja**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br.html>> Acesso em 18 set. 2003.

WAMONTREE, L. E.; QUEBRAL, F. C. Estimating yield loss in soybeans due to soybean rust using the critical point model. **Philippines Agricultural**. v.67, n.2, p.135-140, 1984.

WRATHER, J. A.; ANDERSON, . T. R.; ARSYAD, D. M. Soybean disease losses estimates for the top 10 soybean producing countries in 1994. **Plant Disease**. v.81, p.107-110, 1997.

YANG, X. B. Soybean rust: epidemiology and management. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2. Foz do Iguaçu, 2002. p.187.

YANG, X. B.; DOWLER, W. M.; TSCHANZ, A. T. A simulation model for assessing soybean rust epidemics. **Journal of Phytopathology**. v.133, p.187-200, 1991.

YORINORI, J. T. Soja: controle de doenças. In: DO VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa: Editora UFV, 1997. v.2, p.953-1024.

YORINORI, J. T. Doenças Foliares da Soja. **Doenças Emergentes em Soja**. Cascavel: COODETEC/BAYER Crop Science, 2002. 51p.

YORINORI, J. T. Soja - Ferrugem Asiática, doença recente e preocupante. **Correio Agrícola**. v. 1, p. 16-21, 2003.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M. **Ferrugem da soja: *Phakopsora pachyrizi* Syndow**. Londrina: Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 2002. 18p.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F. **Ferrugem da Soja: identificação e controle**. Londrina: Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 2003. 25p.