

FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA: PERSPECTIVA E CONTROLE

Mayara Bandeira M. Sousa¹, Samuel Batista Nunes¹, Inaia Rhavene F. Fagundes Nacarath²

RESUMO

Atualmente, um dos principais representantes mundiais do agronegócio é o Brasil, destacando-se com o cultivo da soja graças à disponibilidade de recursos hídricos, condições de solo, clima e resultados de pesquisas. Entretanto, há fatores adversos que interrompem o alcance de alta produtividade na cultura da soja, destacando-se as doenças, que até hoje no Brasil já foram apontados 40 tipos que são causadas pelos fungos, bactérias, nematoides e vírus. Devido a grande expansão da cultura para novas áreas e como consequência da monocultura os números vêm aumentando. Dentre as principais doenças, a mais preocupante é a gerada pelo *Phakopsora pachyrhizi*, fungo causador da ferrugem asiática, uma vez que os prejuízos podem chegar a 90% durante a safra. O controle do fungo nas plantações de soja tem sido possível com uso de variedades resistentes, semeadura na época recomendada, adoção ao vazio sanitário e a aplicação de fungicidas como a principal delas. No entanto, estudos têm demonstrado uma menor sensibilidade do patógeno aos fungicidas com registro no Brasil. Diante disso, a adoção de medidas integradas para o controle da doença é importante e indispensável para a sustentabilidade da produção da cultura da soja. Este trabalho apresenta mudanças no sistema de produção de soja após a chegada do patógeno causador da ferrugem asiática no país e as estratégias de controle adotadas para reduzir os prejuízos causados pela doença. O presente trabalho tem como objetivo, abordar sobre ferrugem asiática da soja, uma perspectiva da doença e as estratégias de controle disponíveis no Brasil e MATOPIBA.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*, *Glycines max*, métodos de controle.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycines max*) é uma das culturas mais importantes do mundo, com produção mundial registrada, na safra 2018/19 da ordem de 362,075 milhões de toneladas. No Brasil, a cultura da soja é um dos principais produtos do agronegócio, destacando-se como o segundo maior produtor mundial (EMBRAPA SOJA, 2019). Apesar da significativa produção, a soja brasileira é afetada por várias doenças, gerando prejuízos à produtividade da cultura.

O fungo *Phakopsora pachyrhizi* é o causador da ferrugem asiática, considerada a doença mais severa da cultura da soja, podendo causar perdas de produtividade de até 90%. Em solos brasileiros, o primeiro relato da doença ocorreu no estado do Paraná no ano de 2001. Atualmente, a doença está disseminada em todas as áreas produtoras de soja do Brasil, onde o fungo pode sobreviver durante todo o ano (BROMFIELD, 1984; HARTMAN ET AL., 2015).

Para a Embrapa Soja (2004) a Ferrugem asiática deve se tornar a principal doença da cultura, gerando um custo médio em torno de mais de US\$ 2,5 bilhões por safra no Brasil. As principais estratégias para manejo da doença utilizadas são: o emprego de cultivares resistentes, semeadura na época recomendada, uso de fungicidas e vazio sanitário.

² Eng^a Agrônoma. Dr^a. Inaia Rhavene F. Fagundes Nacarath. Prof^a Titular do curso de Agronomia, Instituto Educacional Santa Catarina – Faculdade Guaraf. Email: inaia.nacarath.@iescfag.edu.br

Devido a grande importância da doença, foi criado no Brasil o Consórcio Antiferrugem, este é uma estratégia coordenada pelo Ministério da Agricultura e tem como objetivo repassar aos agricultores todas as informações atualizadas de pesquisas que envolvem o sistema produtivo da cultura da soja. Além de oferecer informações sobre a doença, o consórcio disponibiliza informações específicas para cada região, como o número de ocorrência e a melhor época para o plantio (EMBRAPA SOJA, 2017).

O aumento dos casos da ferrugem asiática se dá pelas variações nas condições climáticas. Fatores que favorecem a disseminação da doença e a chuva associada a altas temperaturas (até 30°C). Neste caso, recomenda-se o monitoramento das lavouras para determinar as melhores estratégias de manejo e a época correta de execução, o que é de grande importância para manter a doença dentro do limite de dano econômico aceitável (EMBRAPA SOJA, 2017).

De acordo com o Eng.º Agrônomo Ayrton Berger Neto, Mestre e Coordenador da Estação Experimental de Ituverava da UPL, a ferrugem asiática da soja tem surpreendido a cada safra, pois o patógeno se modifica tanto em questão de sensibilidade aos fungicidas registrados quanto ao período de ocorrência e evolução da doença.

Com base nas informações acima, surge a seguinte problemática: como os produtores brasileiros podem evitar ou minimizar a ocorrência da ferrugem asiática da soja dentro das suas propriedades?

Desta forma justifica-se esse trabalho pelo fato de que, atualmente é possível ter uma boa safra sem prejuízos significativos devido à ferrugem asiática, apesar das condições climáticas serem a principal causa da doença devido à imprevisibilidade. O produtor que adotar o manejo correto durante toda a safra, atendendo as recomendações técnicas dos profissionais para o controle da praga, conseguirá obter bons resultados na produtividade e lucratividade da lavoura.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo geral, abordar sobre ferrugem asiática da soja, uma perspectiva da doença e as estratégias de controle disponíveis no Brasil. Os objetivos específicos são: explicar sobre a cultura da soja nas lavouras do Brasil, apresentar informações sobre a ferrugem asiática na cultura da soja e seu agente causal, o fungo *Phakopsora pachyrhizi* e, por fim, demonstrar as principais técnicas de controle da doença no Brasil.

REVISÃO DE LITERATURA

CULTURA DA SOJA NO BRASIL E NA REGIÃO DO MATOPIBA

O agronegócio é encarregado por gerar 25% do PIB do País, e as perspectivas para os próximos anos são elevadas – a produção de grãos deve passar dos atuais 200 milhões de toneladas para 250 milhões em 2024–2025, com destaque para as culturas da soja e milho. O processo de conquista da agricultura mecanizada nos cerrados baianos começou na década de 1980. Áreas tidas como marginais foram aos poucos sendo transformadas em agrícolas, por causa da nova realidade econômica na região, e isso aqueceu e inovou a economia local (BATISTELLA; VALLADARES, 2009; SANTOS, 2008).

O primeiro relato do surgimento da soja cultivada no Brasil foi em 1882 no Estado da Bahia. Bonetti (1981) ressalta que foram os imigrantes japoneses que levaram a soja para São Paulo e apenas em 1914 é que a cultura foi introduzida e passou a ser cultivada no Estado do Rio Grande do Sul, onde a soja melhor se adaptou com relação às condições climáticas.

Na safra 1985/86 a produtividade foi de aproximadamente 1.369,4 kg.ha⁻¹, já na safra de 2009/10 a produção saltou para 2.927,0 kg.ha⁻¹, um aumento de 114,77%. A área cultivada

teve um grande salto nesse período, que anteriormente foi de 9,6 milhões e depois na safra 2009/10 foi para 23,6 milhões de hectares cultivados, um crescimento de 145,83% (LAZZAROTTO & HIRAKURI, 2010).

Segundo a Embrapa Soja (2004) a evolução da área cultivada com a cultura ocorreu após a década de 70, esse período se consolidou com a abertura de novas áreas da agricultura para região Sul do país, atingindo a expansão do Centro-Oeste na década de 80.

Atualmente, o Brasil é o segundo maior produto de soja, com produção de 114,843 milhões de toneladas, com uma área plantada de 35,822 milhões de hectares. Os principais Estados produtores são: Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás (EMBRAPA SOJA, 2019). Além destes, outros Estados participam da produção nacional de soja, com destaque atualmente para o MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).

Em setembro de 2010, a Conab (Companhia Nacional de Abastecimento) fez um levantamento do rendimento de soja nos Estados do MATOPIBA. A produção no Estado da Bahia na safra 2009/10 foi de 3,1 milhões de toneladas em uma área de 1 milhão de hectares, apresentando um aumento de 7,3% e 28,6% em relação a safra do ano anterior, respectivamente. Os Estados do Tocantins, Maranhão e Piauí produziram juntas 3,27 toneladas de soja na safra de 2009/10, obtendo um acréscimo de 25,8% em relação à safra de 2008/09 (CONAB, 2010).

Esses dados têm alcançado valores de produtividade cada vez mais elevados, safra após safra. Segundo a Conab na safra 2018/19 o Estado da Bahia plantou 1,5 milhões de hectares de soja, e os estados do Tocantins, Maranhão e Piauí e mais de 2,7 milhões de hectares. A cada safra, a região do Matobipa vem se destacando e aumentando sua produção de soja.

CULTURA DA SOJA NA REGIÃO DO MATOPIBA

O chamado “MATOPIBA”, que tem como os Estados do Cerrado Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, que vem se destacando ano após ano no mercado nacional de grãos (FREITAS, 2011) e tem se consolidado a nova fronteira agrícola brasileira (LIMA FILHO 2013). Características favoráveis associadas ao uso de práticas agrícolas cada vez mais modernas tem tornado a região um grande atrativo para novos produtores, principalmente de outros estados, que buscam grandes áreas, e terras de baixo preço para o desenvolvimento da agricultura empresarial com larga escala (FREITAS, 2011).

A região apresenta estações climáticas bem definidas: uma seca, de maio a setembro, e outra chuvosa, de outubro a abril, com precipitação média anual de 800 mm a 2.000 mm. Suas pastagens plantadas ocupam cerca de 8 milhões de hectares, 3 destes com indicativos de degradação (ANDRADE et al., 2016).

O aumento na produção de grãos na região do MATOPIBA é focado especialmente nas culturas da soja e do milho e está estabelecido em dois principais processos, sendo eles: dinâmica agrícola e amplificação/conversão de áreas, dividindo praticamente de forma igualitária o percentual das áreas plantadas nos últimos anos.

FATORES QUE FAVORECEM A DISSEMINAÇÃO DA *Phakopsora pachyrhizi*

O ambiente é um fator crucial para ocorrência de doenças. Desta forma, a incidência e a severidade de doenças em soja dependem do grau de compatibilidade entre as plantas e agentes causais de doenças, sob a influência do ambiente (COSTAMILAN, 2006), ou seja, para que ocorra uma doença é necessária a interação de três fatores principais: planta hospedeira suscetível, ambiente favorável e patógeno virulento (ROESE; MELO; GOULART, 2012).

O agente causal da ferrugem asiática é o fungo biotrófico *Phakopsora pachyrhizi*, que para sobreviver, necessita da soja viva. A principal forma de dispersão do fungo é pelo vento, o que facilita a disseminação da doença por longas distâncias. O inóculo responsável pela ocorrência de epidemias da Ferrugem é o uredósforo, que ao entrar em contato com as folhas da planta, germina e emite um tubo germinativo que cresce pela superfície da folha e, ao contrário de outras ferrugens, penetra diretamente através da epiderme (REIS; BRESOLIN; CARMONA, 2006).

As condições ambientais influenciam diretamente no desenvolvimento da doença, facilitando o seu desenvolvimento na cultura da soja e a ocorrência da doença. A germinação do esporo acontece de 1 a 4 horas depois de sua deposição na folha e para que ocorra a infecção é necessária a disponibilidade de água, com um período de molhamento foliar de pelo menos 6 horas e temperaturas entre 15 e 28 °C (CAMARGO; BERGAMIN FILHO, 1995).

Os danos causados pela doença variam dependendo do estado fenológico da cultura, às condições climáticas favoráveis para multiplicação do patógeno, do nível de resistência da cultivar plantada. Em casos mais severos da doença, os prejuízos podem chegar a 90% sem a devida utilização de fungicidas preventivamente (YORINORI et al. 2002).

A ferrugem asiática da soja causa perdas da área foliar fotossinteticamente ativa, senescência prematura das folhas, diminuição do peso dos grãos, e em casos mais severos ausência das vagens. Os sinais iniciais da ferrugem na cultura são pontuações minúsculas mais escuras do que os da folha, de coloração esverdeada a cinza-esverdeada. Os pontos surgem na parte inferior da planta, basicamente no terço médio da planta e se alastram pelo resto da planta, chegando ao topo (SOARES et al. 2009).

A facilidade de dispersão de *Phakopsora pachyrhizi* através do vento, associados à sua variabilidade genética alta e a quantidade de aplicação dos fungicidas, têm ocasionado um aumento da resistência do fungo aos fungicidas registrados para o uso na cultura da soja, o que tem dificultado o controle da doença safra após safra (SOARES et al. 2009).

Segundo Balardin (2002) a região do Matopiba tem clima mais favorável para o aparecimento de doenças em soja, devido ao fato de que, com a diminuição da incidência dos raios solares na planta, tem-se a formação de um microclima abaixo das folhas, onde há a diminuição de temperatura e uma menor amplitude térmica, com isso aumenta o tempo de orvalho e gerando um maior molhamento foliar e com longa duração, podendo ser superior a 10 horas por dia, condição que se torna favorável para a germinação do fungo.

BREVE HISTÓRICO NO BRASIL E DIFICULDADES DE CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA

Na safra 2000/01, segundo Yorinori et al., (2002) pela primeira vez foi relatada em lavouras comerciais a ocorrência da ferrugem asiática na soja, no Estado do Paraná. E já na safra 2002/03, a doença se expandiu para maioria das regiões produtoras, tornando-se uma grande ameaça para cultura com potencial de prejuízo de até 90%. Como consequência, houve um grande aumento nos custos de produção para manter o controle da doença. Na safra 2000/01 o produtor realizava no geral duas aplicações de fungicidas para manter controle de doenças foliares, entre elas oídio e doenças de final de ciclo, depois de 2001 a ferrugem asiática alterou drasticamente o manejo das doenças da soja no Brasil.

Na safra 2000/01 de ocorrência da doença, a área afetada no Brasil e Paraguai foi de aproximadamente 10.000 ha. Até o ano de 2005, todas as regiões do hemisfério Sul que são produtoras de soja, já havia registro da ocorrência da ferrugem asiática. Nos anos de 2002 e 2005, no Brasil as principais regiões afetadas foram o Nordeste, principalmente o Estado da Bahia, o Centro-oeste e o Norte, atingindo níveis de redução da safra que, inviabilizavam as

colheitas causando grandes prejuízos aos produtores. O total estimado de perdas entre os anos de 2002 e 2005 foram de 12,4 milhões de toneladas de grãos de soja e as perdas atingiram US\$ 5,143 bilhões de dólares.

Na safra 2018/2019 ocorreu à antecipação da semeadura e clima favorável, permitindo o desenvolvimento do fungo, além da presença da guaxa (soja voluntária) durante a entressafra, sendo esses os principais motivos do aumento expressivo de casos da ferrugem asiática nas lavouras. As áreas comerciais nas quais houve o aparecimento do fungo, ficam sobre um rígido controle de monitoramento para que a tomada de decisões sobre o tratamento que a cultura vai receber seja rápida, assim evitando que se propague para outras lavouras (YORINORI et al. 2002).

A cada safra a dificuldade do manejo para controle da doença vem aumentando, pois o fungo desenvolve resistência aos fungicidas, reduzindo a sua eficácia. Assim, alguns produtos precisam sofrer alterações nas misturas, nas doses e os intervalos de aplicação precisam ser modificados, em algumas lavouras, exigindo reentradas mais frequentes. A maior entrada de máquinas na lavoura, aliada a qualquer erro estratégico de manejo pode ocasionar redução da produtividade e tornar o custo da lavoura de soja cada vez mais alto (YORINORI et al., 2003).

Diante disso, métodos de controle se fazem necessários para tentar reduzir riscos e prejuízos decorrentes da ferrugem asiática, como semeadura em época adequada, utilização de cultivares resistente e mais tolerante e, eliminação de plantas espontânea com a adoção do vazio sanitário, são estratégias que associadas com o controle químico permitem uma safra sem grandes prejuízos a cultura da soja (SOARES et al., 2009).

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA NO BRASIL

As principais medidas de controle recomendadas no Brasil para a doença incluem: a escassez de plantio da soja, destruição de plantas voluntárias da cultura durante o vazio sanitário para redução do inóculo do fungo, utilização de variedades de ciclo precoce, plantio no início da época recomendada como estratégia de escape da doença, semeadura de variedades com genes resistentes, monitoramento da lavoura iniciando desde a germinação até o desenvolvimento pleno, utilização de fungicidas preventivamente ou no aparecimento dos sintomas e redução do período de semeadura podem diminuir o número de pulverizações dos fungicidas durante a safra e assim, atrasar a seleção de populações do fungo resistentes/menos sensíveis aos fungicidas.

A utilização do vazio sanitário ocorre quando os estados produtores de soja do país apresentam estresse de umidade e temperatura, o que favorece a ocorrência de *P. pachyrhizi*. Caso haja plantas da cultura no campo o fungo continuará se multiplicando. Sendo o período mínimo para o vazio sanitário estabelecido a partir de dados de pesquisas relacionadas à sobrevivência de fungos nas folhas (ANDRADE & ANDRADE, 2002).

De acordo com Andrade & Andrade, 2003 o monitoramento para detecção do patógeno já no surgimento dos primeiros sintomas e a utilização do controle químico adequados, têm sido fundamentais para amenizar os danos causados pela ferrugem asiática da soja. A aplicação de fungicidas na planta, exclusivamente na parte aérea é considerada a principal alternativa no controle dessa doença. A aplicação de produtos químicos se tornou uma ferramenta estratégica de fundamental importância e deve ser feita conforme recomendação na bula, para isso, recomenda-se o monitoramento nas lavouras para evitar que a doença se alastre. Para tomada de decisão na hora da aplicação, o produtor deve se basear na manifestação da doença, no estágio da cultura, disponibilidade de equipamentos, condições climáticas, tamanho da área e os custos na aplicação. As recomendações dos fungicidas para controle da ferrugem pertencem a grupos químicos como ditiocarbamatos, estrobilurinas e

triazóis (SOARES et al., 2009).

As medidas de controle para prevenção são tomadas antes de se realizar a semeadura, já outras são realizadas durante o ciclo da cultura de acordo com o monitoramento que deve ser realizado para correta identificação dos estádios da doença (YORINORI et al., 2003).

Tendo em vista a relevância da ferrugem asiática para produção de soja brasileira, a tomada de decisões é de grande importância desde o plantio até a colheita, especialmente em regiões que são propícias ao aparecimento e aumento da severidade da doença.

CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM E VAZIO SANITÁRIO

Devido aos prejuízos alcançados nas safras anteriores, em 2004 foi criado o Consórcio Antiferrugem com a intenção de transferir todas as informações sobre a doença. Após 2004 com a criação do Consórcio redes de ensaio foram criados para realização de testes de fungicidas com a colaboração de alguns pesquisadores de todo o Brasil, responsável por fornecer conhecimento para contribuir com as pesquisas de técnicos ou de produtores na lavoura. Na atualidade a rede de ensaios cooperativos também compõe o Consórcio Antiferrugem.

Atualmente o Consórcio tem cerca de 100 laboratórios registrados no país, capacitados para estudar a doença ferrugem asiática da soja. O Consórcio conta com cerca de 60 colaboradores na área de pesquisa, que são de instituições privadas e públicas, que estão nas mais diversas regiões do Brasil monitorando e coletando informações atualizadas sobre a ferrugem. A página do Consórcio disponível na internet reúne todas as informações, materiais de pesquisa, orientações técnicas e monitoramento da doença em cada estado específico e em tempo real durante a safra da soja. Quando ocorre a detecção de focos da doença na safra, o consórcio gera um mapa sobre a ocorrência da doença no país conforme exemplo demonstrado na figura 1 na safra 2018/2019.



Figura 1. Estados que registraram focos da ferrugem asiática da soja na safra 2018/2019: Rio Grande do Sul (127), Paraná (58), Mato Grosso do Sul (54), Mato Grosso (31), Goiás (21), Rondônia (13), Bahia (12), Minas Gerais (11), Piauí (11), Santa Catarina (10), São Paulo (09), Maranhão (02), Tocantins (02) e Pará (02).

No ano de 2006, o vazio sanitário da soja foi instituído em três Estados produtores, sendo: Mato Grosso, Goiás e Tocantins. Em 2007, o Ministério da Agricultura através da Instrução Normativa Número 2, de 29 de Janeiro, instituiu o Programa Nacional de Controle da Ferrugem Asiática da Soja onde ficou estabelecido que os Estados devem respeitar o calendário para semeadura da soja, durante um período mínimo 60 dias, sem nenhuma presença de plantas cultivadas ou voluntárias (Figura 2). O principal objetivo do vazio sanitário é a prevenção da ferrugem asiática, tentando reduzir o inóculo nos primeiros plantios, diminuindo a incidência no período vegetativo, reduzindo a quantidade de inóculo e consequentemente, as aplicações de fungicidas. (EMBRAPA SOJA, 2019)

O vazio sanitário corresponde ao período sem a cultura da soja e plantas voluntárias no campo. Atualmente no Brasil são treze Estados e o Distrito Federal que estabeleceram essa medida para minimizar a ocorrência da ferrugem asiática. O Paraguai determinou o período de vazio sanitário, que por lá é conhecido como "pausa fitossanitária". A principal finalidade do vazio sanitário é minimizar a permanência do fungo causador da ferrugem asiática na soja durante a entressafra para retardar a ocorrência da doença na safra.

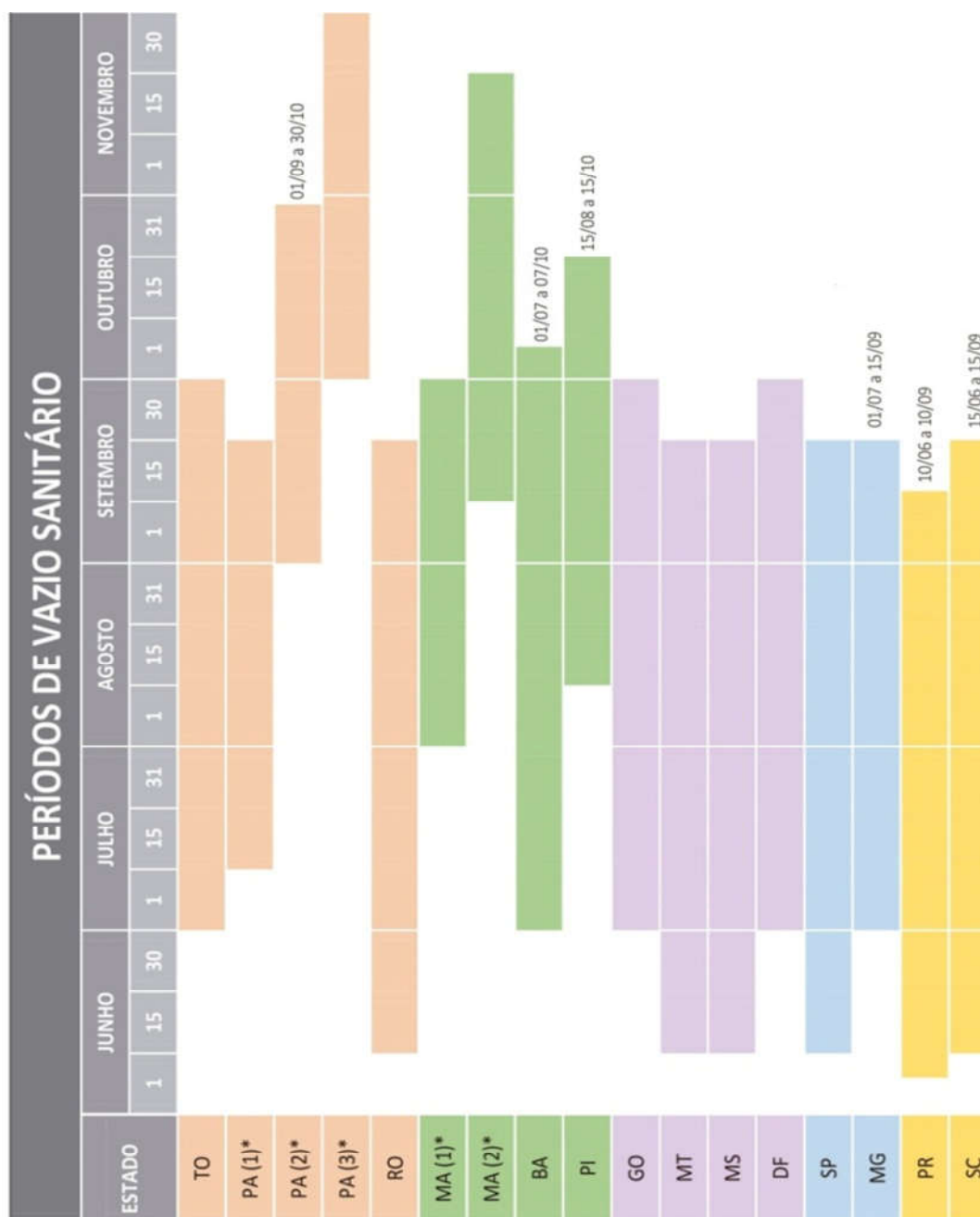


Figura 2. Períodos de vazio sanitário determinados para diferentes estados do Brasil. PA (01): Microrregiões de Conceição do Araguaia, Redenção, Marabá, São Feliz do Xingu, Parauapebas, Itaituba (com exc. Dos municípios de Rurópolis e Trairão), e Altamira (Distritos de Castelo dos Sonhos e Cachoeira da Serra). PA (02): Microrregiões de Paragominas, Bragantina, Guamá, Tomé-Açu, Salgado, Tucuruí, Castanhal, Arari, Belém, Cametá, Furos de Breves e de Portel. PA (03): Microrregiões de Santarém, Almeirim, Óbidos, Itaituba (municípios de Rurópolis e Trairão) e de Altamira (com exc. Distritos de Castelo de Sonhos e Cachoeira da Serra). MA (01): Microrregiões de Alto Mearim e Grajaú, Chapada do Alto Itapecuru, Chapadas das Mangabeiras, Gerais de Balsas, Imperatriz, Porto Franco. MA (02): Microrregiões de Aglomeração Urbana de São Luís, Baixada Maranhense, Baixo Parnaíba Maranhense, Chapadinha, Codó, Coelho Neto, Gurupi, Itapecuru Mirim, Lençóis Maranhenses, Litoral Ocidental Maranhense, Médio Mearim, Pindaré, Presidente Dutra, Rosário.

O vazio sanitário isoladamente não resolve o problema da doença, mas vem se mostrando efetivo na redução do inoculo, assim a aplicação de fungicida diminui e consequentemente reduz os custos durante a produção. Em algumas regiões a ampliação desse período contribui na redução do número de pulverização, que consequentemente reduz a pressão do fungo para resistência aos produtos utilizados para o controle (SOARES et al. 2009).

CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA

Os principais fungicidas empregados no controle da ferrugem são pertencentes a três grupos distintos: triazóis, estrobilurinas e carboxamidas. Os triazóis são inibidores de desmetilação (DMI), as estrobilurinas são inibidores da Quinona externa (IQe) e as carboxamidas são inibidores da Succinato Desidrogenase (ISDH) (Quadro 1). Após a identificação da ferrugem-asiática no Brasil, a mesma foi controlada utilizando fungicidas triazóis isoladamente e mistura de triazóis com estrobilurinas. Desde 2008, a utilização de ingredientes ativos isolados não é comum e nem recomendados em decorrência da seleção de populações dos fungos serem menos sensíveis aos fungicidas DMI, sendo apenas recomendadas as misturas comerciais de fungicidas com diferentes mecanismos de ação.

Quadro 1. Grupos químicos, modo/sítio de ação e princípios ativos de fungicidas registrados para aplicação e controle da ferrugem asiática da soja.

Grupo	Modo/Sítio de ação	Princípio ativo
DMI (Triazol)	Inibidores da biossíntese de ergosterol	Ciproconazol Epoxiconazol Flutriafol Metconazol Propiconazol Protioconazol Tebuconazol Tetraconazol
SDHI (Carboxamidas)	Inibidores da respiração (complexo II)	Benzovindiflupyr Fluxapyroxad
EBDC (Ditiocarbamatos)	Inibidores multissítio	Mancozebe
IQe (Estrobilurinas)	Inibidores da respiração (complexo III)	Azoxistrobina Picoxistrobina Piraclostrobina Troxloxistrobina Kresoxim Metilico

Baseado no modo de ação, os fungicidas são classificados em multissítios ou sítio-específico (MCGRATH, 2004). Os fungicidas de sítio-específicos existentes no mercado possuem princípio ativo contra um ponto da via metabólica do patógeno ou contra uma única proteína ou enzima para o fungo. Para Mcgrath (2004) fungicidas específicos em sua toxicidade podem ser absorvidos pelas plantas e pendem ter propriedades sistêmicas. Os

principais modos de ação de sítio-específicos utilizados para controle da ferrugem asiática sobressai os triazóis (DMI), estrobilurinas (IQe) e as carboxamidas (ISDH).

Como consequência dessa ação específica, os fungos têm uma maior proporção a se tornarem resistentes aos fungicidas, pois apenas uma mutação no patógeno pode diminuir a sensibilidade ao fungicida. Os fungicidas multissítios apresentam uma capacidade de afetar diferentes pontos metabólicos do fungo e tem baixo risco de resistência. Não são absorvidos pela planta e formam uma camada protetora na superfície da folha, sendo mais facilmente lavados com chuvas (MCGRATH, 2004).

Segundo Reis et al (2001) os fungicidas do grupo químico dos triazóis são inibidores da biossíntese de ergosterol, que fazem parte dos componentes funcionais na manutenção da membrana, assim, estes fungicidas tem a função de seletividade da membrana plasmática. Os fungicidas do grupo químico das estrobilurinas apresentam a função de inibir a respiração mitocondrial, interferindo na produção de ATP, que é a energia vital para o desenvolvimento dos fungos.

Para o Eng. Agrônomo Dr. Em Fitotecnia José Luiz da Silva, a aplicação dos fungicidas tem que ser feita logo após o aparecimento dos primeiros sinais da ferrugem na lavoura. A tomada de decisão sobre o devido momento para realizar a aplicação deve ser específica, levando em consideração fatores necessários para o aparecimento da ferrugem asiática (presença do fungo na região, idade da planta na lavoura e condições climáticas propícias), o planejamento da aplicação, a presença de outras doenças e o custo para controle.

Segundo o profissional, o atraso na aplicação pode gerar perda de produtividade, caso as condições climáticas sejam favoráveis ao progresso da doença. A quantidade de reaplicações deve ser determinada de acordo com o estágio em que a doença for identificada na lavoura e pelo período residual de cada produto. O quadro 2 mostra um resumo das fases de controle químico usado na Ferrugem asiática da soja.

Quando a doença já estiver instalada, o controle químico é o mais indicado para realizar o manejo da doença. No entanto, vale ressaltar que atrasos na aplicação, depois do estabelecimento da doença, podem acarretar perdas significativas de produtividade e produção (LEVY, 2005), sendo possível controlar a ferrugem asiática da soja quando apresentar baixos níveis de severidade (GODOY, 2009).

Por outro lado, o constante uso dos fungicidas vem apresentando alguns problemas de controle, devido, principalmente, à resistência do fungo aos mecanismos de ação, especialmente os que atuam em um único sítio do fungo (REIS et al., 2006). Nesse contexto mostra que o uso dos fungicidas de modo de ação de sítio específico associados a um fungicida multissítios (fungicidas protetores), vem apresentando melhorias relevantes na eficiência de controle da ferrugem (ZAMBOLIM; VEÂNCIO; OLIVEIRA, 2007).

Quadro 2. Resumo das fases de controle químico da Ferrugem asiática da soja. Tabela Adaptada do Departamento de agronomia da DuPont Pioneer.

Produtos	FASE I Triazól Estrobilurina	FASE II Triazól Estrobilurina	FASE III Triazól Estrobilurina Triazolintiona Carboxamidas	FASE V Triazól Estrobilurina Triazolintiona Carboxamidas Protetores
Numero de aplicações	2 ou 3	4 ou 5	4 ou 5	5 ou 6
Estádio inicial de controle	Pós-florescimento	Início do florescimento	Pré-fechamento	V6 – v8
Intervalo	21-28	15-20	15	15

VARIEDADES RESISTENTES A FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

De acordo com Camargo e Bergamin Filho (1995), a resistência é uma resposta de defesa da planta, resultante do conjunto de fatores que buscam minimizar a agressividade do agente causador ou também pode se apresentar de forma variável, originando plantas imunes em um extremo ou completamente suscetíveis no outro. Os termos resistente e suscetível são considerados relativos e quantitativos porque resultam em menor ou maior desenvolvimento da doença nos tecidos da planta. A resistência pode ser classificada pela sua efetividade contra as raças do patógeno, sendo conhecida como vertical quando é efetiva contra uma ou poucas raças do patógeno e resistência horizontal quando é efetiva contra todas as raças (LI et al., 2012).

O termo tolerância refere-se à aptidão inativa ou adquirida de uma planta em suportar o ataque do patógeno sem que ocorram lesões significativas na produção. Para alguns agrônomos da região a tolerância pode ser definida como a capacidade da planta em suportar o desenvolvimento do patógeno sem apresentar redução significativa na produtividade e qualidade do produto.

Até o momento o que mais se encontra no mercado são variedades de soja tolerantes a ferrugem asiática, com bom retrospecto que inibem a infestação causadora da doença. Na safra de 2008, em Mato Grosso, foi lançado à soja Inox cultivar tolerante/resistente à ferrugem asiática produzida para reduzir custos na lavoura. A tecnologia Mato-grossense foi testada e aprovada 100% por pesquisadores e vem rompendo fronteiras em outras regiões do país.

Para Sérgio Suzuki, a soja Inox que foi desenvolvida para ser resistente a doença tem grande potencial produtivo, o que permite ao produtor ter uma maior janela para plantio, controle da praga e maior tempo para realizar a colheita. Sérgio Suzuki informa que as variedades de soja Inox TMG 801 e TMG 803 têm como grandes características a resistência ao fungo causador da ferrugem asiática, o *Phakopsora pachyrhizi*, a sua boa adaptação ao cerrado brasileiro permite a redução de aplicação dos fungicidas na lavoura de soja e, como consequência, uma redução nos custos de produção.

Benefícios das variedades TMG com a junção das tecnologias Intacta e Inox, que confere a elas a resistência à ferrugem asiática, como a TMG 7061IPRO, TMG 7260IPRO, TMG 7063IPRO e TMG 7067IPRO. A soja Inox proporciona resistência à ferrugem asiática, lançada entre uma parceria da Fundação MT e a TMG (Tropical Melhoramento e Genética).

As cultivares TMG 803 e TMG 801 foram produzidas pela metodologia convencional de melhoramento, com base em informações adquiridas nos bancos de germoplasma de entidades nacionais e internacionais. Após distinguir plantas que demonstram a resistência de forma natural, foi viável isolar a característica e, por meio de seleções e testes foi possível alcançar essas duas cultivares que foram habituadas às condições climáticas e solo para plantio no cerrado brasileiro.

Segundo Menezes (2011), analisando as cultivares de soja em relação à resistência a ferrugem em função da cultivar usada, notou-se que a cultivar TMG 803 tecnologia Inox, apresenta menor severidade e maior resistência ao patógeno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho serve de alerta ao produtor, que deve estar sempre atento à ocorrência da ferrugem asiática na sua lavoura de soja. Quando o inverno é menos rigoroso, com sobra de plantas voluntárias servindo de fonte de inóculo e um começo de safra com chuvas irregulares, que ampliem a janela de semeadura, são características de permitem a ocorrência da doença de forma mais severa. Assim, para um manejo adequado da doença, todas as estratégias disponíveis devem ser empregadas com boas práticas, especialmente a adoção ao vazio sanitário, semeaduras no início da época recomendada, a utilização de cultivares resistente e o controle químico com uso de fungicidas preventivamente, bem como no aparecimento dos primeiros sintomas. É importante frisar que devemos priorizar o uso misto de fungicidas comerciais que tenha mais de um modo de ação em conjunto com fungicidas multissítios com objetivo de evitar a ocorrência de resistência do fungo aos produtos químicos disponíveis. Para que haja sustentabilidade na produção da soja brasileira, a Embrapa e o Consórcio Antiferrugem atentam para adoção de todas as medidas possíveis, visando o manejo integrado para controle da ferrugem asiática da soja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, P. J. M.; ANDRADE, D.F.A. A. **Ferrugem Asiática: uma Ameaça à Sojicultura Brasileira**. Dourados-MS: Embrapa Agropecuária Oeste. (Circular Técnica 11). 2003.

ANDRADE, P. J. M.; ANDRADE, D.F.A. A. Ferrugem Controlada a Tempo. **Cultivar: Grandes Culturas**. n.55, p.24-25, 2003.

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. de D.; NOGUEIRA, S. F. **Geotecnologia: recuperação de pastagens no cerrado**. Agroanalysis, v. 10, p. 30-33, 2016.

BALARDIN, R.S. **Doenças da soja**. Santa Maria: Ed. Autor, 2002. 107p.

BATISTELLA, M.; VALLADARES, G. S. Farming expansion and land degradation in Western Bahia, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, p. 61-76, 2009.

BONETTI, L. P. **Distribuição da soja no mundo: origem, história e distribuição**. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). A soja no Brasil. Campinas ITAL, p. 1-6, 1981.

BROMFIELD, K. R. Soybean Rust. Monograph No. 11, St.Paul: **APS Press Incorporation**, p.65, 1984

CAMARGO, L. E.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. 5. Ed. Piracicaba: Agronomica Ceres, 1995.

COSTAMILAN, A. M.; SOARES, R. M.; ALMEIDA, A. M. R. Avaliação de resistência de genótipos de soja à ferrugem. In: ALMEIDA, A. M. R. et al., **XXXIV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul Pelotas - 25 a 27 de julho de 2006 - ATA E RESUMOS**, Pelotas, 2006. Ed.1. 342p. p.281-282.

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2017. p. 265.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Identificação e Controle da Ferrugem da soja**. Dourados, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Ferrugem da soja**. Londrina, 2019. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br.html> Acesso em: 10 agosto. 2019.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera—Centro Científico Conhecer**, Goiânia-GO, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.

GODOY, C.; UTIAMADA, C; SILVA, L.H.; SIQUERI, F. **Ensaio de fungicida realizados na safra 2009/10 para avaliar a ação de misturas triazóis e estrobilurinas frente à ferrugem asiática da soja**. Revista Cultivar Grandes Culturas.v. 34, p. 055-056. 2010.

HARTMAN, G. L., Rupe, J. C., Sikora, E. F., Domier, L. L., Davis, J. A., and Steffey, K. L. 2015. **Compendium of Soybean Diseases and Pests**. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.

LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, p. 46, 2010. (Embrapa Soja. Documentos, 319).

LEVY, C.; TECHAGWA, J. S.; TATTERSFIELD, J. R. The status of soybean rust in Zimbabwe and South Africa. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7., 2004. Foz do Iguaçu. **Proceedings...**Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.340-348.

LIMA FILHO, R. R; AGUIAR, G. A. M; TORRES JUNIOR, A. M. MATOPIBA: a última fronteira agrícola. **Revista Agroanalysis**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, p. 15-16, 2013.

LI, S. et al. Identification of a new soybean rust resistance gene in PI 567102B. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 125, n. 1, p. 133–142, 29 jun. 2012.

MCGRATH, M.T. What are fungicides? **The Plant Health Instructor**, 2004. DOI: 10.1094/PHI-I-2004-0825-01. Disponível em: . Acesso em 29 ago. 2019.

MENEZES, P. C. **Métodos de controle da ferrugem asiática da soja para redução do uso de fungicida**. (Monografia em engenharia agrícola e ambiental). Universidade Federal de

Mato Grosso, Rondonópolis-MT, 46f., 2011.

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

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

ROESE, A. D; MELO, C. L. P.; GOULART, A. C. P. Espaçamento entre linhas e severidade da ferrugem-asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 4, p. 300-305, 2012.

SANTOS, C. C. M. dos. Os cerrados da Bahia sob a lógica do capital. **Revista IDEAS**, v. 2, n.1, p. 76-108, jan./jun. 2008.

SOARES, R.M.; AKAMATSU, H.; YAMANAKA, N.; SUENAGA, K.; YAMAOKA, Y.; IVACOVICH, A.; MOREL, W.; JANEGITZ, T. **Variabilidade patogênica do fungo *Phakopsora pachyrhizi***. Parte I – projeto ferrugem da soja JIRCAS/Embrapa Soja/ CRIA/ INTA/Tsukuba University. In: REUNIÃO DO CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM SAFRA 2008/2009, 2009, Londrina. Resumos. Londrina: Embrapa Soja, 2009. p.93-101. (Embrapa Soja. Documentos 315).

YORINORI, J. T.; MOREL PAIVA, W. **Ferrugem da soja: *Phakopsora pachyrhizi* Sydow**. Londrina-PR: Embrapa Soja, 2002.

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 pachyrhizi* Syndow**. Londrina: Embrapa Soja. Comunicado Técnico, p. 18, 2002.

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

ZAMBOLIM, L.; VENÂNCIO, W. S.; OLIVEIRA, H. F. **Manejo de Resistência de Fungos a Fungicidas**. Viçosa, MG : UFV, DFP. p.168, 2007.