



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
LSO - DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO
PACES - PROJETANDO AGRICULTURA COMPROMISSADA EM
SUSTENTABILIDADE

ANA LAURA CAMACHOS DE OLIVEIRA
GABRIEL JOÃO MOREIRA DE LUCAS

Ferrugem asiática da soja

Piracicaba
2023

ANA LAURA CAMACHOS DE OLIVEIRA

GABRIEL JOÃO MOREIRA DE LUCAS

Ferrugem asiática da soja

Revisão bibliográfica apresentada ao Grupo PACES – Projetando Agricultura Compromissada em Sustentabilidade, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Coordenadores:

Rodrigo Cintra Bachega

João Gonçalves Ólea Leone

Piracicaba

2023

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. CONDIÇÕES DE DESENVOLVIMENTO	5
3. PATÓGENO E CICLO DA DOENÇA	7
3.1 DIFERENÇAS ENTRE AS ESPÉCIES DE FERRUGEM ASIÁTICA	9
3.2 FONTES DE INÓCULO	10
4. SINTOMAS	12
5. DIAGNÓSTICO E CONTROLE	14
5.1 VAZIO SANITÁRIO	14
5.2 CULTIVARES RESISTENTES	15
5.3 FUNGICIDAS	16
5.4 OUTROS MÉTODOS	19
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1. INTRODUÇÃO

A soja é a principal commodity agrícola do Brasil, utilizada tanto para óleo quanto para ração animal. Ocupa o primeiro lugar das exportações agropecuárias brasileiras, produzindo 155 milhões de toneladas na safra 22/23, um salto de 23% em relação à 21/22 (CONAB, 2023), e é responsável por uma grande parcela da balança econômica do país. A principal compradora da soja brasileira é a China, apresentando um market share de 73%, traduzindo em 4,46 milhões de toneladas, ou US\$2,79 bilhões, apenas em agosto de 2022, seguido por Rússia, Irã, Vietnã, Espanha, Japão, Tailândia e Turquia. Já as exportações de farelo de soja, no mesmo período, resultaram em um valor de US\$949,00 milhões para o Brasil (MAPA, 2022).

A soja (*Glycine max*) apresenta um ciclo de 90 a 120 dias, o que reflete na sua época de plantio e colheita. Por grande parte das produções serem em sequeiro, o ideal é que a cultura pegue o período das chuvas, ou seja, o verão. Além disso, a soja é uma planta de dia curto, com fotoperíodo em torno de 12 horas, a depender do seu GMR. Tudo isso implica na sua época de plantio e região, de acordo com a tabela 1 (AGRO BAYER, 2022).

Tabela 1. Janela de plantio e colheita de acordo com a região.

REGIÃO		Ano											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Norte	Plantio	■	■	■	■	■							
	Colheita			■	■	■	■	■					
Nordeste	Plantio										■	■	■
	Colheita		■	■	■	■							
Centro-oeste	Plantio										■	■	■
	Colheita	■	■	■	■								
Sudeste	Plantio									■	■	■	■
	Colheita	■	■	■	■								
Sul	Plantio									■	■		
	Colheita	■	■	■	■								

Fonte: Adaptado de Agro Bayer (2022).

Uma das principais doenças que acometem a soja é a ferrugem asiática atualmente, devido ao grande potencial de perda na produtividade. Essa doença é causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, um basidiomiceto biotrófico que é originário da Ásia e foi introduzido no Brasil em 2001, no estado do Paraná

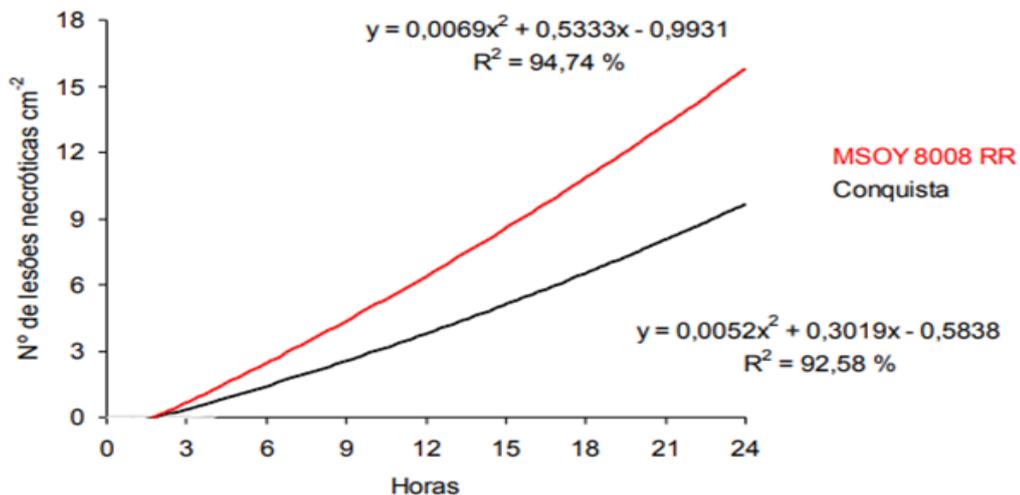
(YORINORI *et al.*, 2004). Desde então, tem sido um grande problema para a agricultura nacional, em grande parte devido às condições climáticas no Brasil, que favorecem sua disseminação em todo o país, como será melhor abordado à frente. De acordo com Xavier *et al* (2015), a doença é responsável por um prejuízo de dois bilhões de dólares por safra em terras brasileiras. A fim de mitigar esses danos econômicos e potencializar a produção nacional, está vigente um dos planos mais eficazes contra essa doença, o vazio sanitário, método que será discutido ao decorrer dessa revisão bibliográfica. Um fator que dificulta seu controle é sua baixa especificidade, podendo infectar mais de 150 espécies, como feijão caupi, corda de viola e outros, o que acaba por criar uma ponte verde para o patógeno (RODRIGUES, 2021; ONO *et al.*, 1992; SLAMINKO *et al.*, 2008).

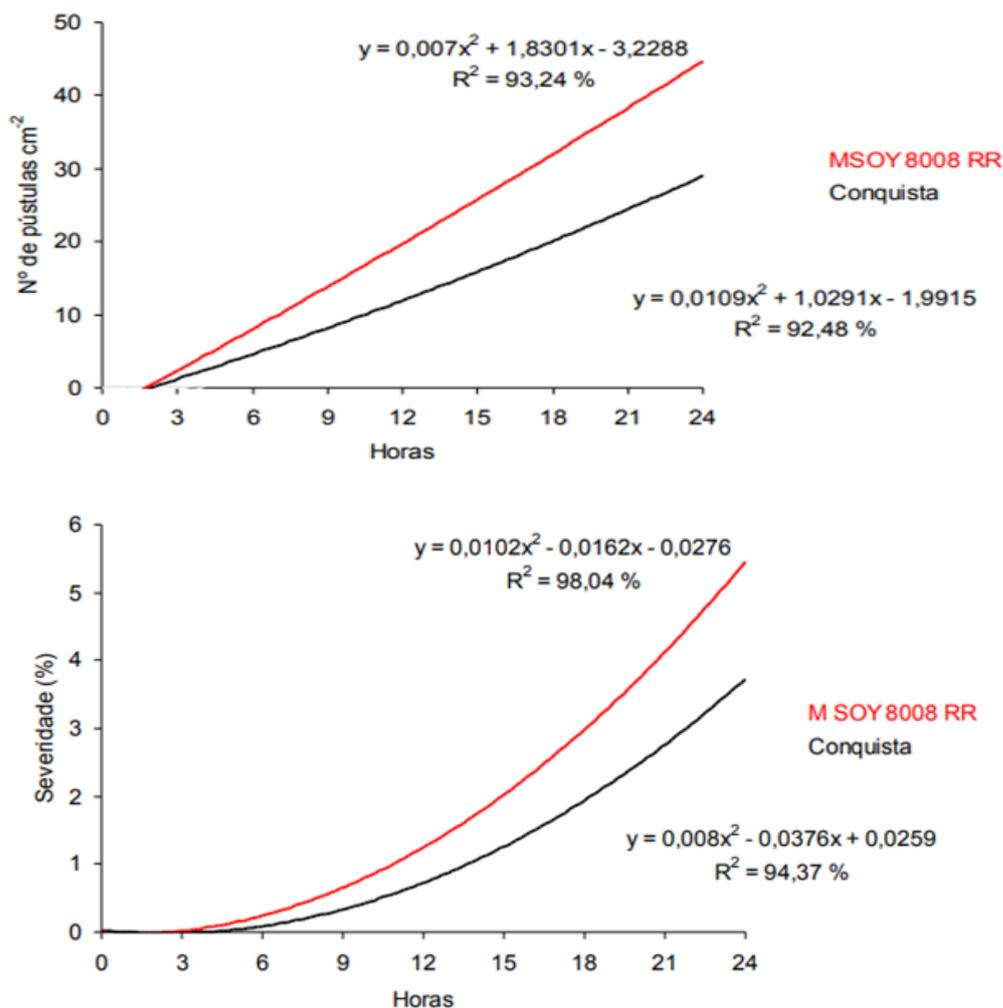
2. CONDIÇÕES DE DESENVOLVIMENTO

O processo de infecção do fungo depende da presença de água no limbo foliar, sendo necessário um molhamento mínimo de seis horas em temperaturas ideais (entre 15°C e 25°C), ou mais de oito horas para temperaturas extremas (10°C ou 27°C) (MELCHIING *et al.*, 1989).

Em um estudo realizado por Júnior e Fernandes (2010) com dois cultivares de soja, é possível observar a correlação entre o número de horas de molhamento foliar e o número de pústulas (urédias), o número de lesões e a severidade da doença. Em ambos os cultivares, o aumento de horas de molhamento foliar foi diretamente proporcional aos parâmetros avaliados, de modo que é possível concluir que, quanto maior o número de horas de molhamento foliar, mais agravada será a epidemia de ferrugem asiática.

Figura 1, 2 e 3 - Relação entre molhamento foliar, número de pústulas, número de lesões e severidade da ferrugem asiática da soja.





Fonte: Júnior; Fernandes (2010).

Devido à importância do molhamento foliar, a ferrugem asiática da soja costuma aparecer na planta nas folhas do baixeiro, primeiramente, pois essas folhas ficam úmidas por um tempo maior do que as demais folhas, devido ao sombreamento e à menor ventilação (ZAMBOLIM, 2006). Assim, a doença se alastra na soja das folhas mais próximas ao chão para as mais distantes.

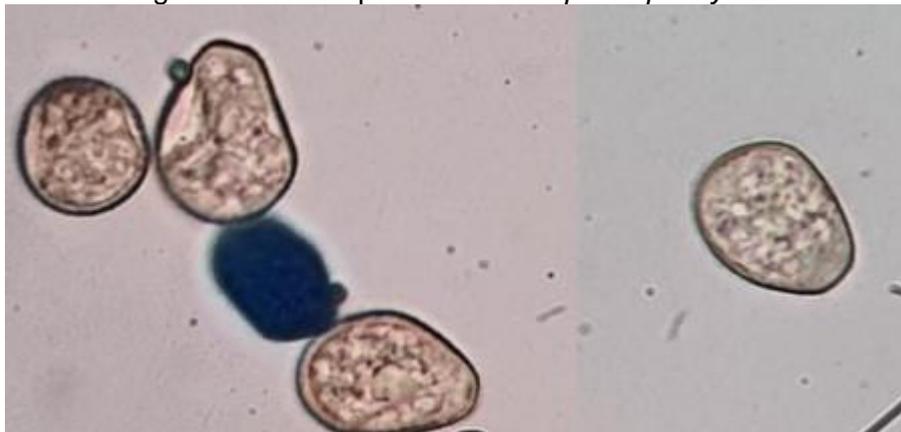
O período latente, tempo entre o início da infecção e a esporulação, também é dependente da temperatura, cercado os seis dias quando a temperatura é de 26°C. Com variações, tanto para cima quanto para baixo, o período latente tende a aumentar, podendo apresentar um intervalo de 12 a 16 dias para temperaturas de 15°C (ALVES *et al.*, 2006).

3. PATÓGENO E CICLO DA DOENÇA

O fungo *Phakopsora pachyrhizi* é biotrófico, ou seja, não consegue sobreviver ou se multiplicar sem a presença de um hospedeiro, e não causa morte da planta ou tecido no início da infecção (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Esse fungo produz teliósporos (esporos sexuados) em sua fase teleomórfica e, posteriormente, uredósporos (ou urediniósporos, outro termo para se referir à mesma estrutura) em sua fase anamórfica, na qual se apresenta como *Malva sojae* (PELIN *et al.*, 2020). Os uredósporos são liberados das urédias, e disseminados através do vento; a chuva também pode facilitar a dispersão do patógeno (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Os uredósporos são os inóculos responsáveis por disseminar o fungo e causar a epidemia de ferrugem (AMORIM *et al.*, 2016). As urédias produzem uredósporos ao longo de, aproximadamente, 3 semanas; essas estruturas são produzidas nas próprias plantas hospedeiras, e os uredósporos, após serem liberados, podem ser transportados por meio do vento por até 96 km por semana (ZAMBOLIM, 2006), evidenciando o alto potencial de disseminação que esse patógeno apresenta.

Figura 4 - Uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi*.



Fonte: Reis *et al.* (2021).

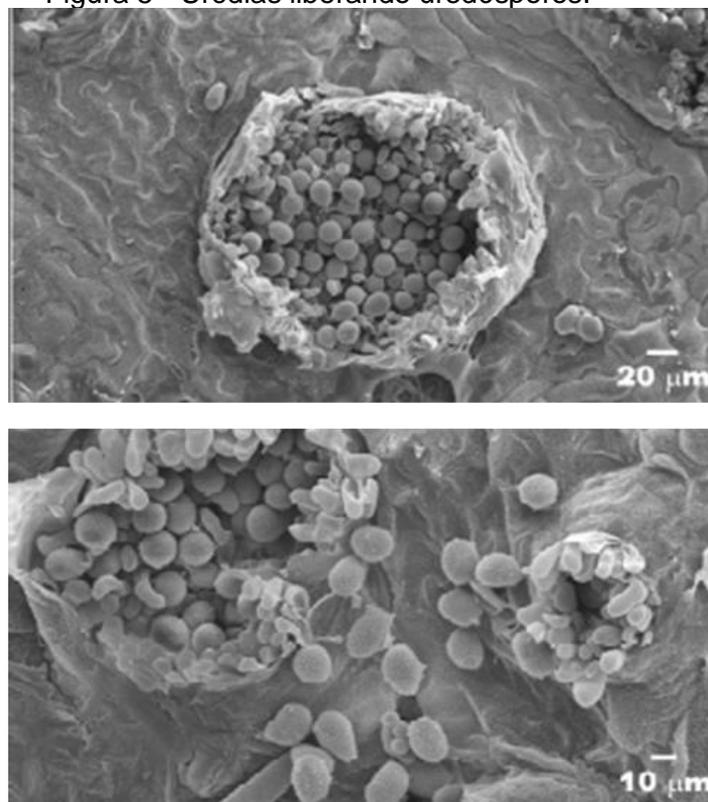
Ao chegar na superfície foliar, os esporos podem levar de uma a quatro horas para germinar, dependendo da temperatura do ar (a faixa adequada vai de 18°C a 25°C) (OLIVEIRA *et al.*, 2022). É necessário que haja molhamento foliar para que a germinação ocorra. Como comentado anteriormente, o molhamento foliar prolongado e a temperatura amena ocorrem mais no baixeiro da planta, isso acontece pois, com o fechamento do dossel, essa região da planta recebe menor incidência solar, o que mantém a alta umidade de baixa temperatura em relação à parte superior.

Após a germinação, ocorre a produção do tubo vegetativo, que cresce até que haja a formação do apressório (PELIN *et al.*, 2020).

A penetração na folha acontece em seis horas, sendo que 20°C a 25°C é a faixa de temperatura ótima para isso ocorrer (OLIVEIRA *et al.*, 2022); a penetração pode ocorrer pelos estômatos ou pela epiderme foliar (PELIN *et al.*, 2020). Na face adaxial, a penetração ocorre de forma direta pela epiderme foliar, enquanto na face abaxial, ocorre pelos estômatos (ZAMBOLIM, 2006).

Após a penetração, pode levar de 5 a 7 dias para que surjam sintomas da doença, e a planta produz novos uredósporos a partir de 9 dias depois da germinação e penetração. A ausência de chuvas e temperaturas altas desfavorecem a produção de uredósporos (ZAMBOLIM, 2006).

Figura 5 - Urédias liberando uredósporos.

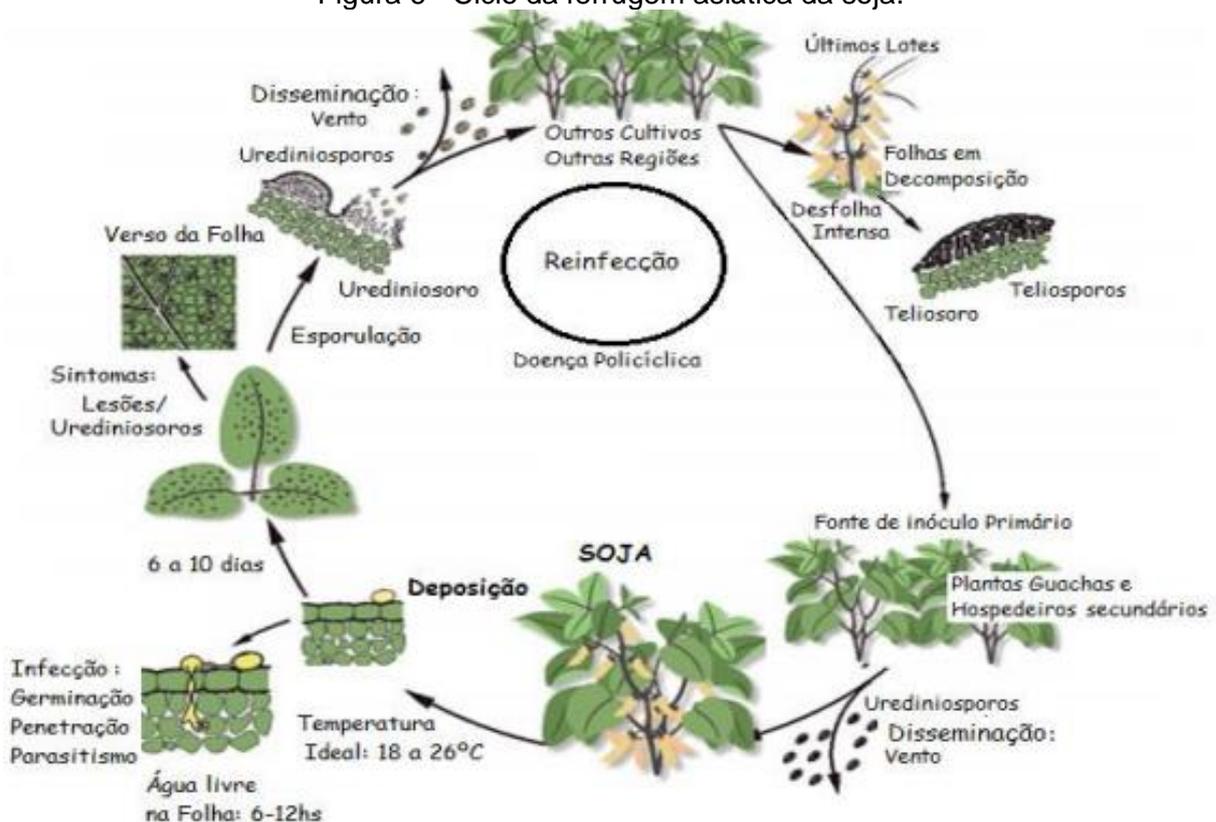


Fonte: Medice *et al.* (2007).

A ferrugem asiática da soja também apresenta um ciclo sexuado, com a formação de télias e teliósporos; no entanto, não se tem conhecimento sobre as circunstâncias em que isso ocorre e não se sabe a importância dessas estruturas para o fungo (ZAMBOLIM, 2006).

A ferrugem asiática da soja é uma doença policíclica (PERANSONI *et al.*, 2020), ou seja, pode haver reinfecção em um mesmo ciclo da cultura da soja, o que pode causar muitas perdas, uma vez que o patógeno pode ser dispersado para plantas da mesma região, aumentando a quantidade de inóculo dessa doença na área. Isso demonstra a importância do vazio sanitário como medida de controle para a ferrugem asiática da soja.

Figura 6 - Ciclo da ferrugem asiática da soja.



Fonte: Peranson *et al.* (2020).

3.1 DIFERENÇAS ENTRE AS ESPÉCIES DE FERRUGEM ASIÁTICA

Na década de 1970, acreditava-se que a ferrugem asiática da soja havia sido identificada no Brasil; no entanto, o fungo *Phakopsora pachyrhizi* estava sendo confundido com outro patógeno, nativo da América do Sul: *Phakopsora meibomia* (ANDRADE, 2002). A ferrugem asiática da soja é mais agressiva do que a americana, apresentando mais urédias nas lesões e maior extensão das necroses (ANDRADE, 2002). A ferrugem asiática possui teliósporos organizados em uma a sete camadas, com coloração marrom-amarelada e paredes dos esporos menos espessas; já a

ferrugem americana possui células com paredes mais espessas, tem teliosporos organizados, geralmente, em até quatro camadas e apresentam cor castanho-claro ou canela (AMORIM *et al.*, 2016). Além disso, o fungo *Phakopsora pachyrhizi* possui maior número de hospedeiros alternativos do que o fungo *Phakopsora meibomiae*: enquanto o patógeno asiático apresenta mais de 150 hospedeiros alternativos, o americano conta com, aproximadamente, 60 (AMORIM *et al.*, 2016).

3.2 FONTES DE INÓCULO

A ferrugem asiática da soja é um patógeno biotrófico, que pode sobreviver depois da colheita da soja por meio da soja tiguera; além disso, essa doença tem hospedeiros alternativos, que mantêm o patógeno vivo nos períodos em que a soja não está sendo cultivada. Essas espécies possuem baixa compatibilidade com o patógeno, além de demonstrarem maior período de incubação e menor frequência de infecção (AMORIM *et al.*, 2016), de modo que a principal preocupação em relação a essas espécies é a possibilidade de manutenção do inóculo em campo (AMORIM *et al.*, 2016).

Espécies como feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), soja perene (*Neotonia witwigii*) e kudzu (*Pueraria lobata*) são hospedeiros para o fungo da ferrugem asiática da soja, bem como plantas da família Convolvulaceae (corda-de-viola) e Euphorbiaceae (leiteiro) (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Restos vegetais de soja presentes em equipamentos e implementos podem ser fontes de inóculos (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Não foi confirmada transmissão da ferrugem por inflorescências, raízes e mudas; no entanto, as sementes podem transmitir o patógeno - apesar de a probabilidade de isso ocorrer ser baixa (OLIVEIRA *et al.*, 2022): Magnani *et al.* (2012) observaram que o número de uredósporos aderidos a sementes de soja diminui ao longo do tempo de armazenamento, pois, no estudo em questão, em 120 dias já não havia essas estruturas nas sementes de soja. Ao inocular esses uredósporos em plantas de soja, houve germinação de uredósporos que ficaram até 90 dias armazenados; no entanto, as plantas que apresentaram sintomas de ferrugem foram aquelas cujo inóculo foi obtido de sementes recém colhidas (MAGNANI *et al.*, 2012). Assim, o armazenamento reduz o número de uredósporos e a sua probabilidade de germinação, fazendo com que as sementes de

soja não representem um grande perigo para a transmissão de *Phakopsora pachyrhizi*.

Tabela 2. Número de uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi* a cada cem sementes de soja, de acordo com o tempo de armazenamento, em duas regiões.

Tempo de armazenamento (em dias)	Tangará da Serra	Chapada dos Guimarães
0	85.18	243.31
30	46.12	122.25
60	14.62	26.62
90	2.87	3.87
120	0.00	0.00

Fonte: Adaptado de Magnani *et al.* (2012).

Tabela 3. Porcentagem de germinação dos uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi* na semente de soja, de acordo com o tempo de armazenamento, em duas regiões.

Tempo de armazenamento (em dias)	Tangará da Serra	Chapada dos Guimarães
0	91.06	88.62
30	32.06	41.18
60	10.12	10.50
90	1.93	3.68
120	0.00	0.00

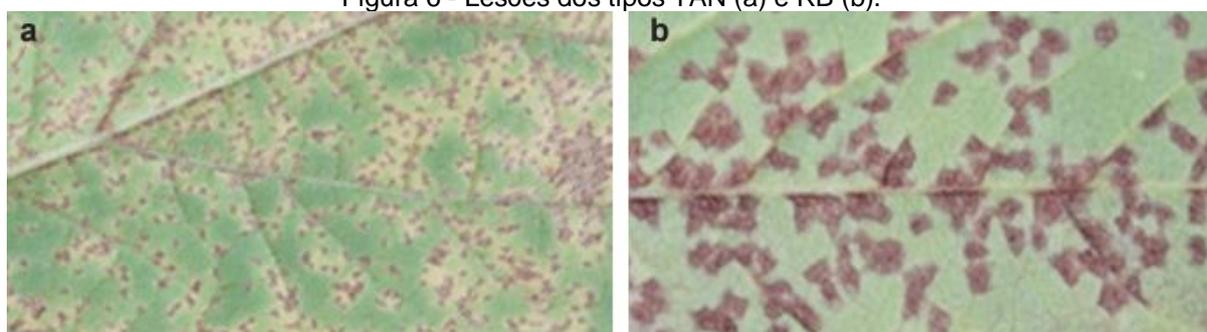
Fonte: Adaptado de Magnani *et al.* (2012).

4. SINTOMAS

Os sintomas podem ser observados em qualquer estágio de desenvolvimento da planta. Inicialmente, surgem pontos muito pequenos, de coloração esverdeada, sendo, no entanto, mais escuros do que os tecidos sem o patógeno; aparecem também urédias, principalmente na face inferior das folhas (AMORIM *et al.*, 2016).

A idade da planta e o genótipo dela influenciam na cor das lesões. Existem dois tipos de lesões: as lesões TAN (coloração castanha), que indicam suscetibilidade, com muita esporulação e sem muita extensão de necrose; e as lesões RB (do inglês *reddish brown*, marrom-avermelhada), com menos esporulação e com necrose extensiva, o que indica resistência (AMORIM *et al.*, 2016). As lesões TAN, por apresentarem muitos uredósporos, são numerosas nas plantas que as apresentam, fazendo com que a progressão da doença seja rápida, com amarelecimento e desfolha ocorrendo prematuramente (GODOY *et al.*, 2020). Já cultivares resistentes à ferrugem desenvolvem lesões do tipo RB, que são maiores do que as lesões TAN e não produzem tantos uredósporos, amenizando os sintomas da doença na soja (GODOY *et al.*, 2020).

Figura 6 - Lesões dos tipos TAN (a) e RB (b).



Fonte: Godoy *et al.* (2020).

De modo geral, as lesões têm formas angulares e são delimitadas pelos vasos condutores das plantas; seu tamanho pode variar de 2 a 5 mm (AMORIM *et al.*, 2016).

A ferrugem asiática da soja provoca o amadurecimento e queda das folhas, gerando perdas de produtividade pois afeta a formação de vagens, formação e enchimento de grãos e, portanto, seu peso final, bem como a qualidade da semente (AMORIM *et al.*, 2016). Isso ocorre devido a redução da atividade fotossintética pois destrói os tecidos foliares, causando a desfolha prematura (SINCLAIR & BACKMAN,

1989). Caso haja infecção severa na formação das vagens (R3) e enchimento dos grãos (R5), pode haver o abortamento e queda das vagens (YORINORI & PAIVA, 2002).

Figura 7 – Folha de soja com ferrugem.



Fonte: Tikami (2020).

5. DIAGNÓSTICO E CONTROLE

Para o controle da ferrugem asiática, é necessário realizar um manejo integrado de estratégias, seja pelo controle químico, cultural e genético, principalmente do ponto preventivo. Essa integração de métodos vem se tornando cada vez mais atrativa visto o aumento da resistência da doença à fungicidas e cultivares resistentes ao patógeno, sendo de grande importância o vazio sanitário (GODOY, 2020).

5.1 VAZIO SANITÁRIO

O vazio sanitário é uma medida fitossanitária bastante eficaz. Ele é definido pelo período mais propício da doença, o qual não se pode ter uma planta de soja emergida, no caso da ferrugem asiática, visando o interrompimento do desenvolvimento e proliferação da doença. No Brasil, o vazio sanitário é assegurado pelo Estado e varia para cada unidade federativa, de acordo com as suas condições mais adequadas. Durante esse período, é importante ressaltar a ausência de culturas hospedeiras da doença e de plantas tigueras (sobras de plantas que não foram colhidas ou geminadas com a queda de sementes após a colheita), uma vez que esses podem servir como ponte verde para o patógeno. A ponte verde é, como o nome diz, uma ligação entre safras para que a doença permaneça na área, seja por culturas, daninhas ou restos culturais que também hospedam o patógeno. No Brasil, o vazio sanitário da soja varia entre 60 e 100 dias, de acordo com a tabela 4. Essa medida também visa reduzir a janela de plantio para que seja utilizado uma menor quantidade de fungicidas, uma vez que encarece o custo de produção e acelera a seleção de plantas resistentes ao princípio ativo do defensivo (GODOY, 2020).

amarelamento e queda das folhas. Já os cultivares resistentes apresentam lesões do tipo RB (figura 6b), de cor marrom-avermelhada maiores que do tipo TAN, porém produzem uma quantidade significativamente menor de uredósporos, diminuindo o amarelamento e desfolha (BROMFIELD & HARTWIG, 1980).

A utilização de cultivares resistentes à ferrugem asiática não dispensa os outros métodos de controle, visto que não é concedida a imunidade para a planta, e sim uma mitigação dos sintomas e disseminação do patógeno. Além disso, outros manejos são importantes para não selecionar os fungos capazes de avançar nessa resistência da planta (GODOY, 2020).

Um pequeno espectro de cultivares apresentam tecnologia de resistência à ferrugem, os quais caem em desuso frequentemente de acordo com a perda da resistência conforme o patógeno é selecionado, sendo algumas delas: BRS 511; BRS 7280 RR; BRS 531; TMG 7061 IPRO; TMG 7062 IPRO; TMG 7063 IPRO; TMG 7067 IPRO; TMG 7260 IPRO; TMG 7262 RR; TMG 7363 RR (GODOY, 2020).

Um estudo realizado com outros doze cultivares resistentes ofertados no mercado regional, no Instituto Federal Catarinense em Concórdia, 2022, analisou a severidade da doença e classificou cada uma em três grupos, como resistentes, moderadamente resistentes e suscetíveis ao patógeno. Após o experimento e análise estatística, constatou-se que os cultivares BMX ZEUS IPRO e BS 2606 IPRO demonstraram-se como resistentes; os cultivares BMX TROVÃO I2X, BMX TORQUE I2X, NS 5505 I2X, TMG X20 - 001 XTD, P95R51 RR, CZ15 B29 XTD, BRS 2553 XTD e M5710 I2X demonstraram resistência moderada; e os cultivares NS 5115 I2X e DM53I54 I2X como suscetíveis. Também foi constatado que a cultivar BS 2606 IPRO apresentou a melhor resistência à ferrugem asiática e maior produtividade sob tal condição (MERFORT, 2022).

5.3 FUNGICIDAS

Também pode ser empregado contra a ferrugem asiática, os fungicidas, sendo recomendado no início dos sintomas ou de forma preventiva. De acordo com McGrath (2004), os fungicidas utilizados no combate à ferrugem podem ser de sítio-específico ou multissítios. Os defensivos de sítios específicos agem em um único ponto da via metabólica do patógeno, geralmente sendo absorvido pela planta de agindo de modo

sistêmico. Entre os principais modos de ação de sítios específicos, encontram-se os inibidores da desmetilação (IDM, triazóis), inibidores da quinina externa (IQe, estrobilurinas) e inibidores da succinato desidrogenase (ISDH, carboxamidas). Já os multissítios interferem em mais de um ponto da via metabólica, diminuindo a seleção de resistentes, e é empregado no controle preventivo da doença. Geralmente, eles não são absorvidos pela planta e formam uma camada de proteção na superfície da folha, fato que impede a germinação do fungo, o que pode ser lavado com a chuva. A tabela 5 traz alguns exemplos de ingredientes ativos de cada grupo.

Tabela 5. Grupos de fungicidas e seus ingredientes ativos.

Grupo	Ingrediente ativo
Estrobilurina	azoxistrobina, trifloxistrobina, picoxistrobina, piraclostrobina, metominostrobin e cresoximmetílico
Triazóis e triazolintiona	epoxiconazol, tebuconazol, ciproconazol, difenoconazol e protioconazol
Morfolina	fenpropimorfe
Carboxamidas	fluxapiróxade, benzovindiflupir e fluxapiróxade
Fenilpiridinilamina	fluazinam
Multissítios	clorotalonil, oxicloreto de cobre, mancozebe e metiran

Fonte: Adaptado de Agrofit (s.d.)

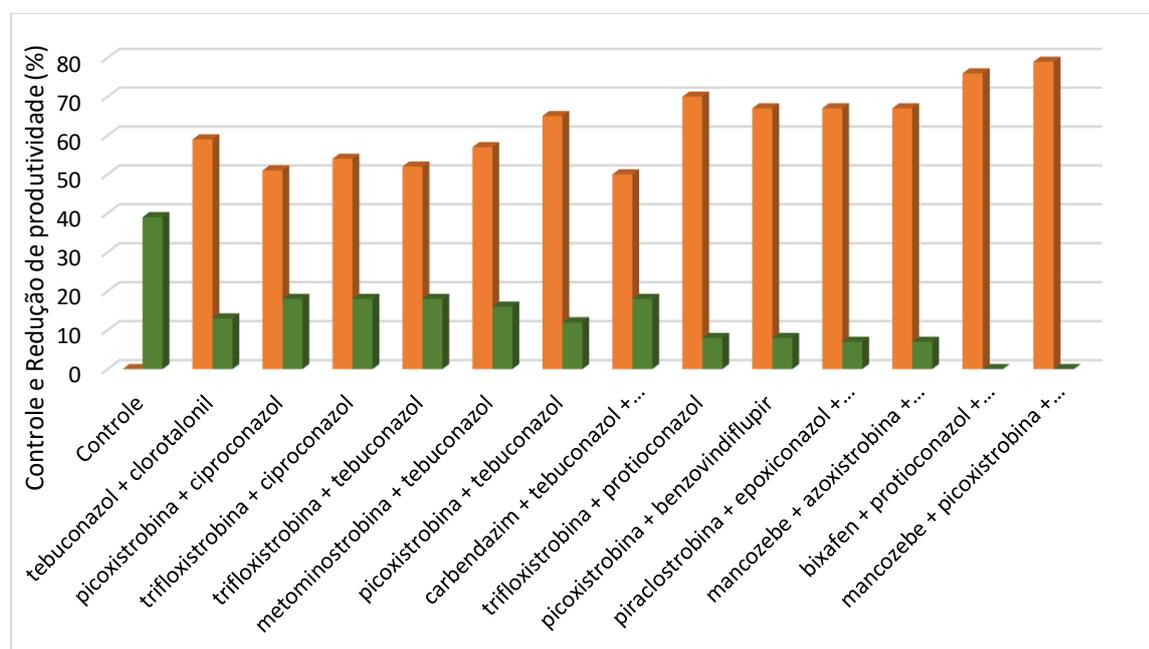
Em experimentos realizados por Godoy *et al* (2019), foi constatado a eficácia no controle, redução da produtividade e doses aplicadas de diversos fungicidas na safra 2018/2019 de soja (tabela 6). Em tal estudo, foi constatado a variação entre 50% e 79% de controle (em laranja) entre os defensivos, com apenas três acima de 70%, conforme mostra o gráfico 1. Também são indicados a redução das produtividades para cada tratamento, em verde.

Tabela 6. Diferentes tratamentos e doses contra ferrugem asiática, seu controle (em relação à testemunha) e a redução de produtividade (em relação ao tratamento com maior produtividade).

TRATAMENTO	DOSE (kg/ha)	CONTROLE (%)	REDUÇÃO DE PRODUTIVIDADE (%)
Controle	-	0	39
tebuconazol + clorotalonil	2.50	59	13
picoxistrobina + ciproconazol	0.30	51	18
trifloxistrobina + ciproconazol	0.20	54	18
trifloxistrobina + tebuconazol	0.50	52	18
metominostrobina + tebuconazol	0.73	57	16
picoxistrobina + tebuconazol	0.50	65	12
carbendazim + tebuconazol + cresoxim-metilico	1.25	50	18
trifloxistrobina + protioconazol	0.40	70	8
picoxistrobina + benzovindiflupir	0.60	67	8
piraclostrobina + epoxiconazol + fluxapiroxade	0.80	67	7
mancozebe + azoxistrobina + ciproconazol	2.00	67	7
bixafen + protioconazol + trifloxistrobina	0.50	76	-
mancozebe + picoxistrobina + tebuconazol	2.50	79	-

Fonte: Adaptado de Godoy (2020).

Gráfico 1. Diferentes tratamentos contra ferrugem asiática, seu controle (em relação à testemunha) e a redução de produtividade (em relação ao tratamento com maior produtividade).



Fonte: Adaptado de Godoy (2020).

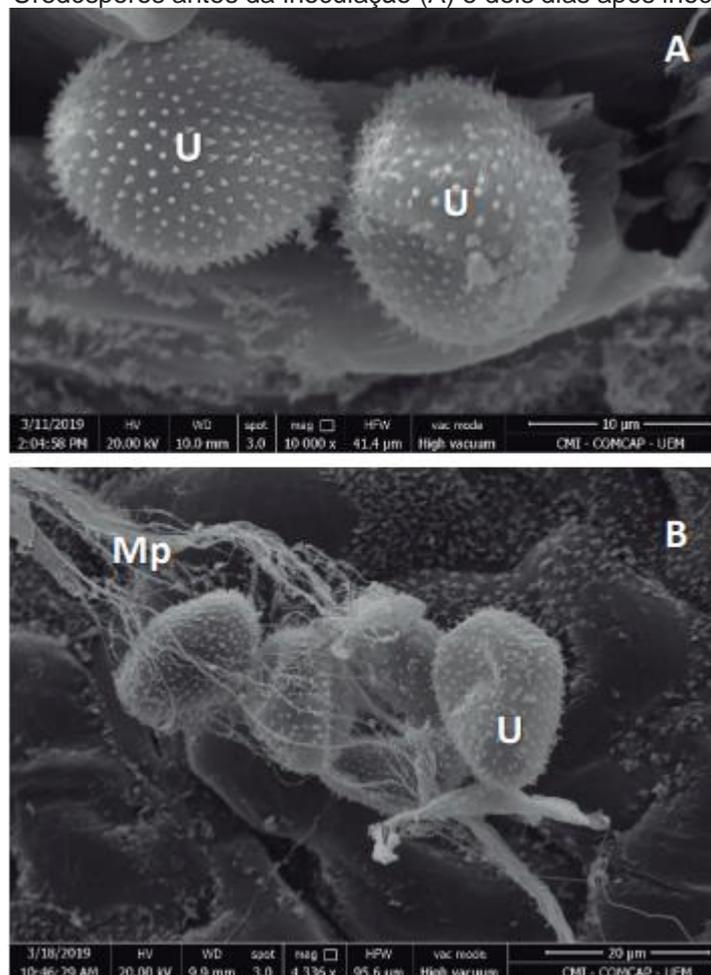
5.4 OUTROS MÉTODOS

Além do controle químico, existem outros métodos que representam potenciais formas de controle da ferrugem asiática da soja.

Um exemplo disso é o uso de microparasitas, como o fungo *Simplicillium lanosoniveum*, utilizado no estudo de Pilla *et al.* (2019): foi comprovado por meio da observação do fungo por microscopia eletrônica de varredura que há inibição do patógeno da ferrugem pelo parasita, demonstrando potencial para ser usado como controle biológico.

A figura 8 retrata uredósporos (U) de *P. pachyrhizi* antes de serem infectados com o microparasita (imagem A) e uredósporos depois de dois dias de inoculação, com as hifas do parasita (Mp) os entrelaçando e apresentando sinais de murcha (B) (PILLA *et al.*, 2019).

Figura 8 - Uredósporos antes da inoculação (A) e dois dias após inoculação (B).



Fonte: Pilla *et al.* (2019).

Aos 5 dias, os uredósporos - incluindo aqueles dentro das urédias (Urd) - se encontravam totalmente murchos (PILLA *et al.*, 2019).

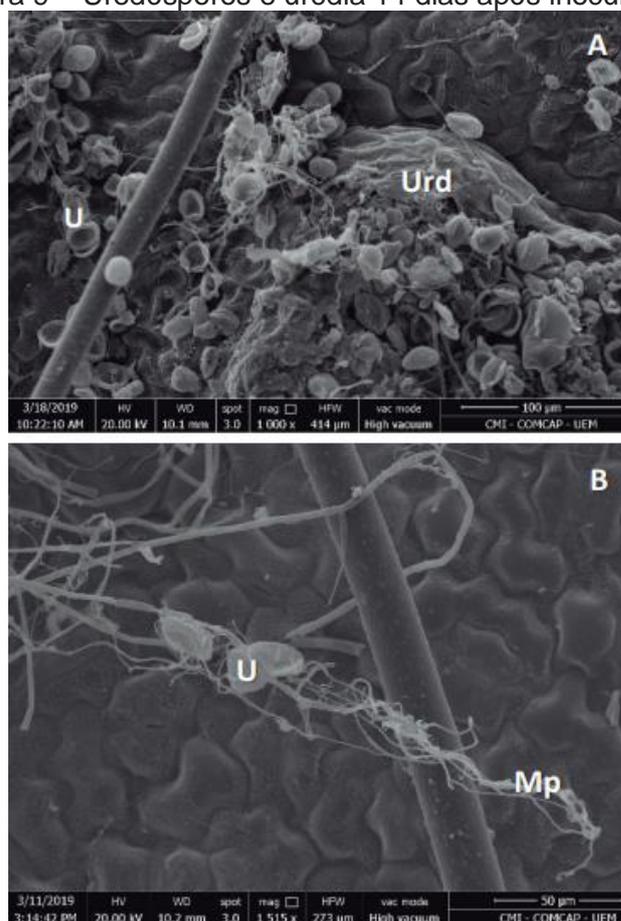
Figura 9 – Uredósporos e urédia após 5 dias a partir da inoculação.



Fonte: Pilla *et al.* (2019).

Aos 14 dias, houve uma intensificação na presença de hifas do microparasita; os uredósporos continuaram completamente murchos (PILLA *et al.*, 2019).

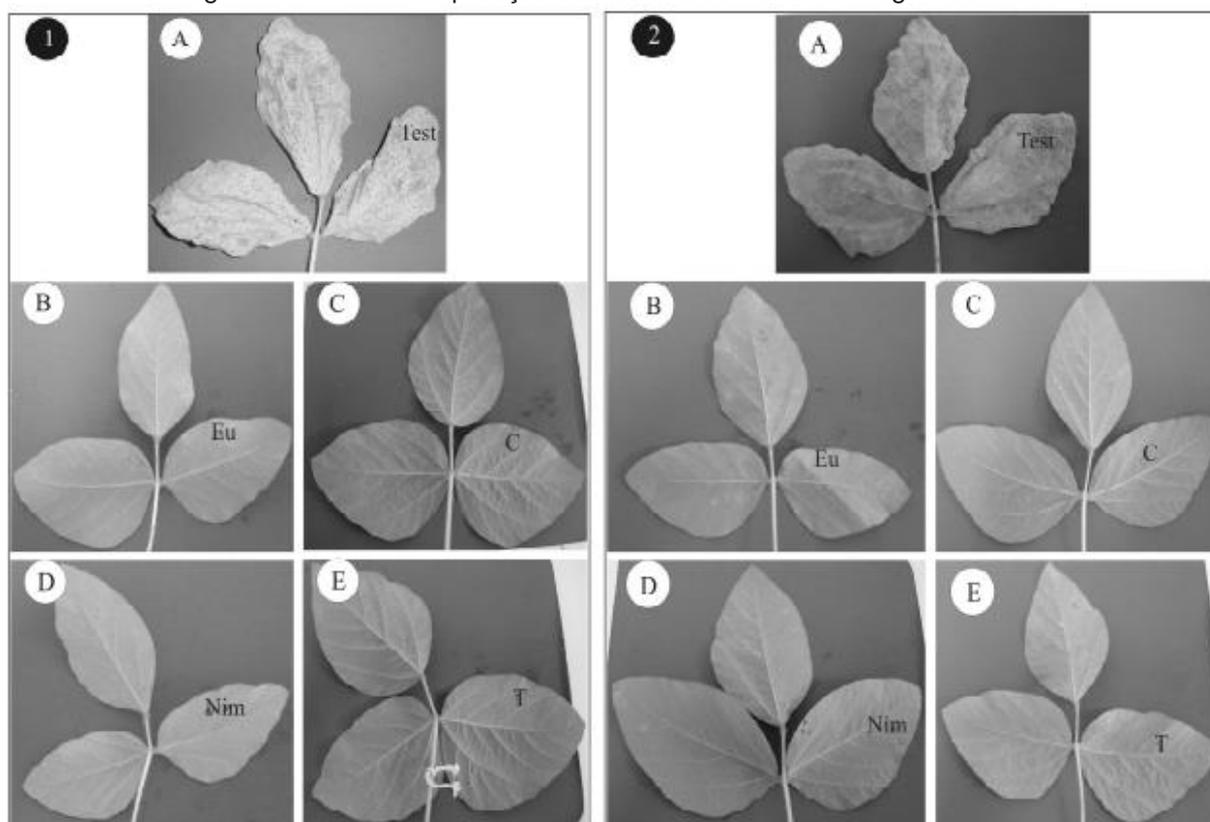
Figura 9 – Uredósporos e urédia 14 dias após inoculação.



Fonte: Pilla *et al.* (2019).

O estudo de Medice *et al.* (2007) demonstrou que a aplicação de óleos de tomilho, eucalipto, citronela e nim teve influência na germinação de uredósporos, reduzindo a severidade da ferrugem asiática da soja. Na figura 10, as plantas marcadas com a letra “A” são de duas diferentes cultivares de soja e foram infectadas com ferrugem; as plantas logo abaixo receberam tratamentos com óleos de eucalipto (B), citronela (C), nim (D) e tomilho (E), desenvolvendo menor número de pústulas da doença.

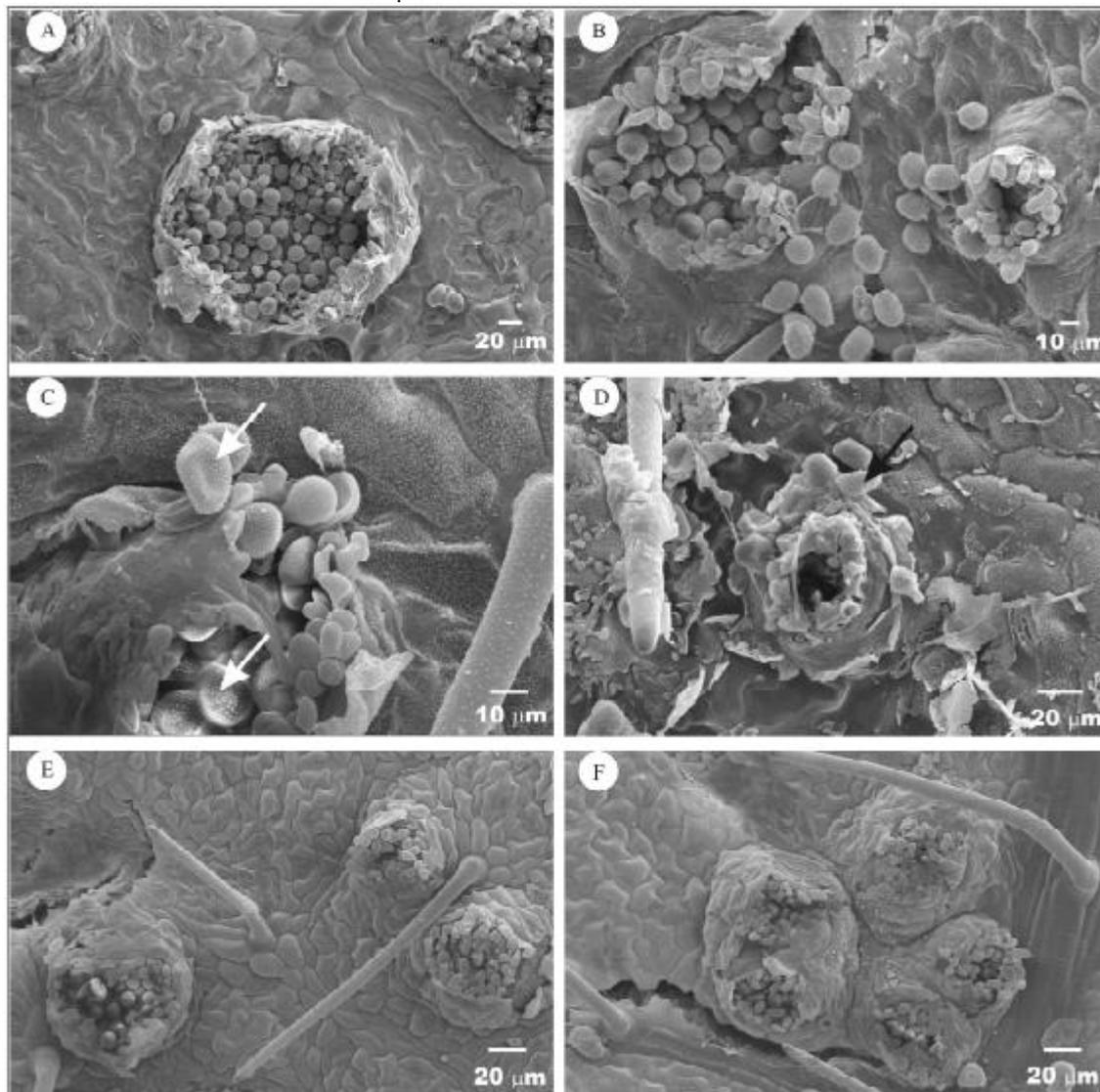
Figura 10 – Efeito da aplicação de óleos no combate à ferrugem asiática.



Fonte: Medice *et al.* (2007).

Além disso, observou-se que o óleo de tomilho resultou no murchamento dos uredósporos, afetando sua viabilidade; os óleos de eucalipto, citronela e nim tiveram influência apenas no tamanho das urédias (MEDICE *et al.*, 2007). Na figura 11, observa-se a diferença entre urédias que se desenvolverem em folhas nas quais não foram aplicados óleos (A e B) e urédias que surgiram onde houve aplicação de óleo de tomilho (C e D), eucalipto (E) e citronela (F): para todos os óleos, o tamanho das urédias foi reduzido; o óleo de tomilho fez com que os uredósporos ficassem murchos, inviabilizando-os (MEDICE *et al.*, 2007).

Figura 11 – Efeito da aplicação de óleos no combate à ferrugem asiática observado por microscopia eletrônica de varredura.



Fonte: Medice *et al.* (2007).

Assim sendo, métodos alternativos de controle da ferrugem asiática da soja estão sendo pesquisados e se mostram promissores com base nos experimentos realizados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notória a periculosidade que a ferrugem asiática pode causar na soja, seja do ponto de vista agrônomo ou econômico. Portanto, é necessário conhecer o ciclo de vida do patógeno, seu método de infecção, como ele age, como ele se propaga, as condições que favorecem a doença, assim como os sintomas causados por ele e como combatê-lo.

Ao levar em consideração o ciclo do patógeno, observa-se a importância de seu controle e do cumprimento do vazio sanitário, uma vez que patógenos biotróficos precisam de hospedeiros vivos para se manterem no campo. A diminuição do inóculo desse patógeno em áreas de cultivo é, portanto, uma prioridade no combate a essa doença.

O fato de a doença ser policíclica é um agravante para epidemias que podem surgir, pois a ferrugem asiática apresentará vários ciclos de infecção dentro de um mesmo ciclo produtivo da soja, contribuindo para o aumento da população do patógeno e, conseqüentemente, para a infecção de outras plantas.

Condições climáticas podem desfavorecer ou favorecer o fungo causador da ferrugem, sendo que esse fator pode não ser possível de ser alterado em condições de campo. Assim, a ferrugem asiática é uma doença preocupante e deve ser combatida com medidas rigorosas.

O vazio sanitário tem grande importância para evitar essa doença, bem como aplicações de fungicidas e uso de cultivares de soja resistentes. O desenvolvimento de novos métodos de controle pode diversificar as medidas utilizadas contra a ferrugem asiática da soja, contribuindo para menores chances de ocorrência dessa doença.

Em suma, a ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* é uma doença que tem grande potencial para reduzir a produtividade da soja. No entanto, se forem usados os métodos de prevenção e controle a esse patógeno de forma correta, a incidência da doença será menor, reduzindo riscos de perdas e garantindo a continuidade da fitossanidade das lavouras de soja no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRO BAYER (org.). **Lavoura de sucesso: entenda quando plantar soja no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/conteudos/quando-plantar-soja>. Acesso em: 28 ago. 2023.

ALVES, S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIN FILHO, A. **Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja**. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Ferrugem asiática da soja*. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2006. p. 37-59.

AMORIM, L *et al.* Doenças da soja. In: AMORIM, Lilian *et al* (ed.). **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. Ouro Fino: Ceres, 2016. Cap. 67. p. 657-686.

ANDRADE, P; ANDRADE, D. **Ferrugem Asiática: uma Ameaça à Sojicultura Brasileira**. Dourados: Fundação Chapadão, 2002. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/245522/1/CT200311.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2023.

BROMFIELD, K. R.; HARTWIG, E. E. **Resistance to soybean rust and mode of inheritance**. *Crop Science*, v. 20, p. 254-255, 1980.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 27 ago. 2023.

FAVERIN, V. **Governo vai ampliar janela de plantio de soja no Paraná, diz Fávaro**. 2023. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/projeto-soja-brasil/favaro-mapa-calendario-semeadura-soja-parana-sera-revisto/>. Acesso em: 27 ago. 2023.

GODOY, C. *et al.* **Ferrugem-asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência**. bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência. 2020.

GOVERNO FEDERAL. **Brasil exporta US\$ 14,8 bilhões em produtos do agronegócio em agosto.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2022/09/brasil-exporta-us-14-8-bilhoes-em-produtos-do-agronegocio-em-agosto>. Acesso em: 28 ago. 2023.

GOVERNO FEDERAL. **Mapa divulga os períodos de vazio sanitário da soja para 2023.** 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-divulga-os-periodos-de-vazio-sanitario-da-soja-para-2023>. Acesso em: 27 ago. 2023.

MAPA. **Agrofit.** Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 29 ago. 2023.

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

MEDICE, R et al. **Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática da soja Phakopsora pachyrhizi** Syd. & P. Syd. *Ciência e Agrotecnologia*, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 83-90, fev. 2007.

MELCHING, J. S.; DOWLER, W. M.; KOOGLE, D. L.; ROYER, M. H. **Effects of duration, frequency, and temperature of leaf wetness periods on soybean rust.** *Plant Disease*, v. 73, p. 117-122, 1989.

MELO, H *et al.* **Período de molhamento foliar para ocorrência de ferrugem asiática (Phakopsora pachyrhizi) em dois cultivares de soja (Glycine max).** *Enciclopédia Biosfera, Goiânia*, v. 6, n. 11, 10 p. 2010.

MERFORT, E; *et al.* **RESISTÊNCIA DE CULTIVARES DE SOJA À FERRUGEM ASIÁTICA.** Concórdia: Instituto Federal Catarinense, 2022. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/mic/article/view/3021>. Acesso em: 27 ago. 2023.

OLIVEIRA, A et al. **Monitoramento da ferrugem asiática da**

ONO, Y.; BURITICÁ, P.; HENNEN, J. F. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella* and *Cerotelium* and their species on Leguminosae. *Mycological Research*, v. 96, n. 10, p. 825-850, 1992.

PATRONI, L; PETROLI, V. **A pedido da Ampa, Mapa autoriza plantio excepcional de soja a partir de 1º de setembro em MT; entenda.** 2023. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/mato-grosso/a-pedido-da-ampa-mapa-autoriza-plantio-excepcional-de-soja-a-partir-de-1o-de-setembro-em-mt-entenda/>. Acesso em: 28 ago. 2023.

PELIN, C; WORDELL FILHO, J; NESI, C. Ferrugem asiática da soja: etiologia e controle. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 18-21, 30 dez. 2020.

PERANSONI, A et al. **CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS ASSOCIADAS A OCORRÊNCIA DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA NA FASE ASSINTOMÁTICA.** *Geoambiente On-Line*, Jataí, n. 37, p. 238-260, 10 jul. 2020. Universidade Federal de Goiás.

PILLA, T. C. S. *et al.* **Caracterização de um micoparasita de *Phakopsora pachyrhizi*, agente causal da ferrugem-asiática da soja.** Maringá: Embrapa Soja, 2019.

RIBEIRO, C. **Ferrugem asiática no Brasil: História e estratégias de controle.** 2021. Disponível em: <https://blog.sensix.ag/ferrugem-asiatica-no-brasil-historia-e-estrategias-de-controle/>. Acesso em: 27 ago. 2023.

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.

SLAMINKO, T. L.; MILES, M. R.; FREDERICK, R. D.; BONDE, M. R.; HARTMAN, G. L. New legume hosts of *Phakopsora pachyrhizi* based on greenhouse evaluations. *Plant Disease*, v. 92, n. 5, p. 767-771, 2008.

TIKAMI, Isis. **Ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*)**. 2020. Disponível em: [XAVIER, S.A.; KOGA, L.J.; BARROS, D.C.M.; CANTERI, M.G.; LOPES, I.O.N.; GODOY, C.V. Variação da sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas inibidores da desmetilação no Brasil. *Summa Phytopathologica, Botucatu*, v.41, n.3, p.191-196, 2015.](https://agroadvance.com.br/blog-ferrugem-asiatica-da-soja/#:~:text=A%20doen%C3%A7a%20se%20inicia%20quando,et%20al.%2C%202016).. Acesso em: 05 ago. 2020.</p></div><div data-bbox=)

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

YORINORI, José *et al.* Ferrugem "asiática" da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. **Embrapa**, Londrina, v. 247, n. [], p. 1-36, dez. 2004.

ZAMBOLIM, Laércio. Manejo integrado da ferrugem asiática da soja. In: ZAMBOLIM, Laércio (ed.). **Ferrugem asiática da soja**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2006. p. 73-98.