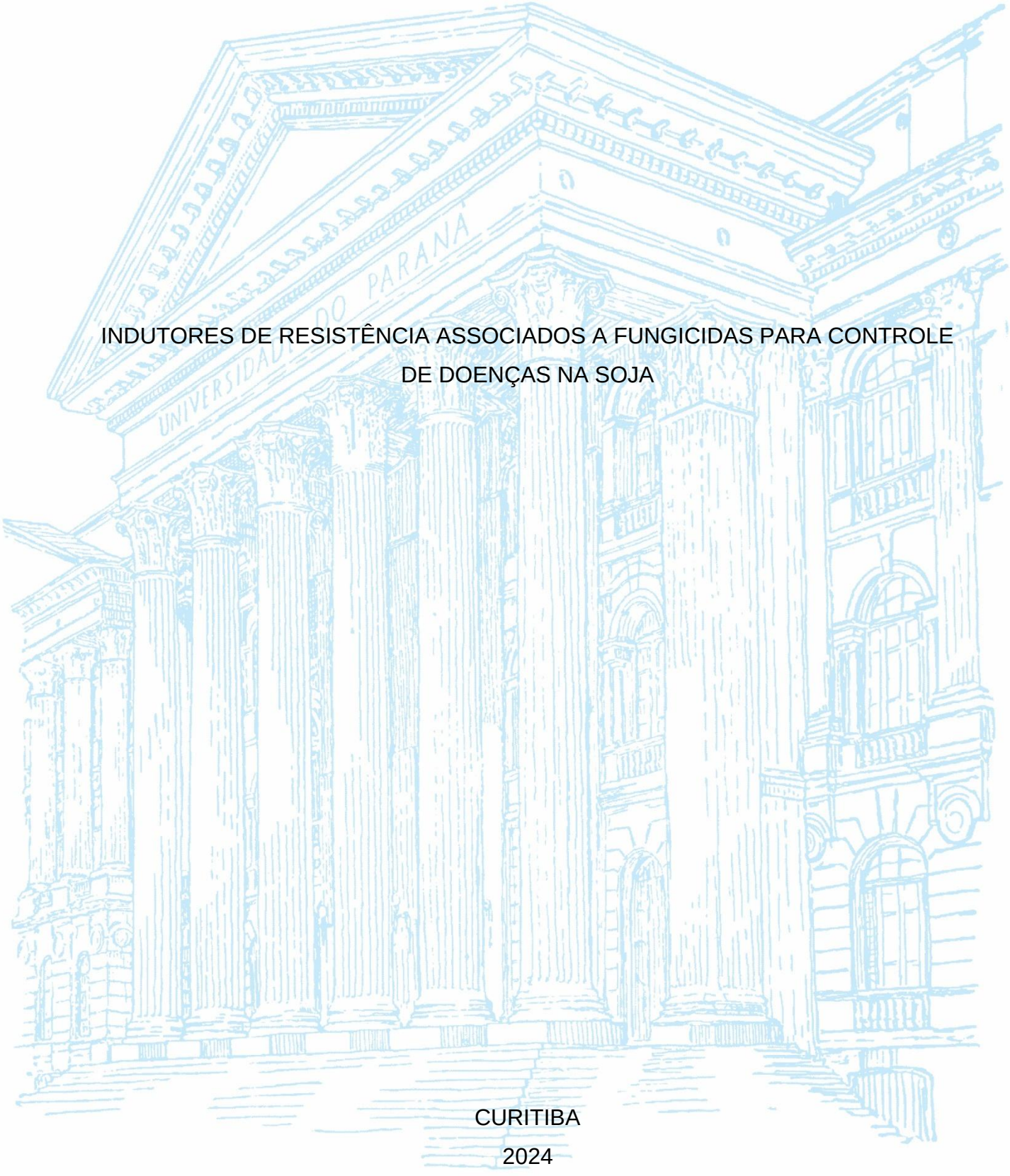
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAROLINA DE SOUSA MORENO



INDUTORES DE RESISTÊNCIA ASSOCIADOS A FUNGICIDAS PARA CONTROLE DE DOENÇAS NA SOJA

CURITIBA

2024

CAROLINA DE SOUSA MORENO

INDUTORES DE RESISTÊNCIA ASSOCIADOS A FUNGICIDAS PARA CONTROLE DE DOENÇAS NA SOJA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Miguel Mazaro

CURITIBA

2024

RESUMO

A soja [*Glycine max* (L.)] é uma cultura de extrema importância econômica e social no cenário mundial, entretanto sua produção vem sendo limitada pelas doenças que acometem a cultura. São vários os agentes fitopatogênicos que causam doenças na cultura no Brasil e no mundo, os quais levam a perdas de produção e danos às plantas afetadas. O custo e a redução da eficiência dos fungicidas existentes no mercado faz com que novas alternativas de controle de doenças sejam estudadas. Estudos têm sido realizados na tentativa de buscar produtos que ativam mecanismos de defesa da planta, propiciando mais uma alternativa de controle. A resistência induzida é definida como a ativação da capacidade da planta em se defender contra um amplo espectro de patógenos após estímulo apropriado. Dessa forma, acredita-se que associações entre fungicidas e indutores de resistência podem promover redução na incidência de doenças na cultura de soja, além de aumentar a eficiência de controle proporcionada pelos fungicidas sítio-específicos. Partindo da hipótese que o uso de indutores de resistência associado a aplicação de fungicida promove um maior controle de doenças na cultura da soja, este trabalho teve como objetivo, realizar uma revisão de literatura apontando os principais indutores de resistência que vem sendo estudados nos últimos anos, seu uso associado a fungicidas, bem como sua eficiência no controle de doenças da cultura da soja. Para a pesquisa, foram utilizados livros, artigos científicos, dissertações, documentos técnicos de instituições confiáveis, disponíveis em bases de dados como Google Acadêmico e Scielo. Pode-se concluir que o uso de indutores de resistência é promissor e seu uso associado a fungicidas é uma estratégia interessante para o manejo de doenças na cultura da soja.

Palavras-chave: *Glycine max*. Fitopatógenos. Produtividade.

ABSTRACT

Soybean [Glycine max (L.)] is a crop of extreme economic and social importance on the world stage, however its production has been limited by diseases that affect the crop. There are several phytopathogenic agents that cause diseases in crops in Brazil and around the world, which lead to production losses and damage to affected plants. The cost and reduced efficiency of fungicides on the market mean that new disease control alternatives are being studied. Studies have been carried out in an attempt to search for products that activate the plant's defense mechanisms, providing yet another control alternative. Induced resistance is defined as the activation of the plant's ability to defend itself against a broad spectrum of pathogens after appropriate stimulation. Therefore, it is believed that associations between fungicides and resistance inducers can promote a reduction in the incidence of diseases in soybean crops, in addition to increasing the control efficiency provided by site-specific fungicides. Based on the hypothesis that the use of resistance inducers associated with the application of fungicide promotes greater control of diseases in soybean crops, this work aimed to carry out a literature review pointing out the main resistance inducers that have been studied in recent Years, its use associated with fungicides, as well as its efficiency in controlling diseases in soybean crops. For the research, books, scientific articles, dissertations, technical documents from reliable institutions, available in databases such as Googles Academic and Scielo, were used. It can be concluded that the use of resistance inducers is promising and their use associated with fungicides is an interesting strategy for disease management in soybean crops.

Keywords: *Glycine max*. Phytopathogens. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - SINTOMAS DA FERRUGEM ASIÁTICA NAS FOLHAS DA SOJA 16
FIGURA 2 – SINTOMAS DA ANTRACNOSE NAS VAGENS DA SOJA.....17
FIGURA 3 – SINTOMAS DA MANCHA-ALVO NAS FOLHAS DA SOJA.....18
FIGURA 4 – SINTOMAS DO CANCRO DA HASTE NAS FOLHAS E HASTES DA SOJA.....19
FIGURA 5 – SINTOMAS DE MÍLDIO NAS FOLHAS E SEMENTE DA SOJA 20
FIGURA 6 – SINTOMAS DE CRESTAMENTO FOLIAR E MANCHA PÚRPURA NAS FOLHAS E SEMENTES DA SOJA.....21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
1.1 JUSTIFICATIVA 11
1.2 METODOLOGIA 11
2 REVISÃO DE LITERATURA 13
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA SOJA 13
2.1.1 A soja no Brasil 13
2.2 DOENÇAS DA SOJA 15
2.2.1 Ferrugem Asiática 15
2.2.2 Antracnose 16
2.2.3 Mancha-Alvo 18
2.2.4 Cancro da haste 19
2.2.5 Míldio 19
2.2.6 Crestamento foliar e mancha púrpura 20
2.3 MANEJO FITOSSANITÁRIO DE DOENÇAS 21
2.3.1 Fungicidas 22
2.4 INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA 22
2.4.1 Ácido Salicílico 24
2.4.2 Acibenzolar-S-metil (ASM) 24
2.4.3 Fosfitos 24
2.4.4 Fitoalexinas 25
2.4.5 Outros indutores de resistência 25
2.5 RESULTADOS PROMISSORES 26
CONSIDERAÇÕES FINAIS 29
REFERÊNCIAS 30

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é mundialmente o maior produtor de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), com uma produção de 160.177,2 milhões de toneladas, 45.309,0 mil hectares plantados e uma produtividade de 3.535 kg/ha, safra 2023/24 (CONAB, 2024). A produtividade da soja é influenciada por diversos fatores bióticos e abióticos, o que torna o manejo e tratos culturais ferramentas indispensáveis para o sucesso da lavoura (CAVALCANTE et al., 2022).

Entretanto, a expansão da cultura, muitas vezes em monocultivo, vem sendo acompanhada pelo aumento do ataque de pragas e doenças, principais fatores que limitam a obtenção de alta produtividade (PACHECO; FAGAN, 2019). Já foram identificadas várias doenças que afetam a cultura, e algumas são potencialmente danosas ao ponto de causarem 100% de perdas na cultura, com destaque para a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), bem como uma gama de outras doenças causadas por fungos (HENNING et al., 2014). A principal alternativa para atenuar esse limitante é por meio da utilização de fungicidas, com o objetivo de proteger a planta contra a infecção de fungos ou controlar as doenças após o seu aparecimento (PACHECO; FAGAN, 2019).

Por serem constantemente aplicadas as mesmas moléculas para controle de doenças, é gerada uma maior pressão de seleção sobre os patógenos, provocando uma perda de eficiência de moléculas. Devido à essa redução gradual da eficiência dos fungicidas, associado ao custo elevado para o desenvolvimento de novas moléculas e o tempo que se leva para lançar uma nova molécula fungicida no mercado (MATUCZAK, 2016), o uso de estratégias que preconizem um sinergismo, considerando a associação de fungicidas e produtos que possam ativar mecanismos de defesa da planta são fundamentais para o manejo de doenças, e uso racional de fungicidas (DEBALD, 2021).

A utilização de indutores de resistência no manejo de doenças da soja, tem se tornando uma ferramenta a disposição do agricultor, acredita-se que associações entre fungicidas e indutores de resistência podem promover redução na incidência de doenças na cultura de soja.

A indução de resistência é a ativação dos mecanismos latentes de defesa das plantas contra patógenos, o que pode ocorrer pelo tratamento destas com moléculas

eliciadoras de origem biótica ou abiótica. Dentre os mecanismos de defesa da planta que podem ser ativados destacamos as enzimas, como a peroxidase, envolvida nos processos de lignificação celular, polifenoloxidase que transforma fenóis em quinonas tóxicas aos microrganismos, e fenilalanina amônia-liase, enzima precursora da síntese dos fenilpropanóides envolvidos na defesa vegetal (STANGARLIN, 2011).

1.1 JUSTIFICATIVA

Como abordado anteriormente, acredita-se que associações entre fungicidas e indutores de resistência podem promover redução na incidência de doenças na cultura de soja, além de aumentar a eficiência de controle proporcionada pelos fungicidas sítio-específicos. Visto a importância da soja como um item fundamental na economia do país, assim como as reduções na produtividade causadas por doenças, alternativas que visam minimizar os danos na produção se tornam imprescindíveis. Diante disso, um levantamento minucioso das informações disponíveis sobre este relevante tema, é de extrema importância para a compreensão da real eficácia dessa alternativa de manejo, visto que há muita discrepância entre os resultados disponíveis na literatura.

1.2 OBJETIVOS

Partindo da hipótese que o uso de indutores de resistência associado a aplicação de fungicida promove um maior controle de doenças na cultura da soja, este trabalho teve como objetivo, realizar uma revisão de literatura apontando os principais indutores de resistência que vem sendo estudados nos últimos anos, seu uso associado a fungicidas, bem como sua eficiência no controle de doenças da cultura da soja.

1.2 METODOLOGIA

Neste trabalho, foi elaborado uma revisão de literatura do tipo expositiva, desenvolvida por meio de pesquisas em base de dados como Google Acadêmico e Scielo. Foram utilizados livros, artigos, dissertações e cartilhas técnicas de instituições

confiáveis. Para as pesquisas, foram empregadas as palavras-chave: Indutores de resistência, *Glycine max*, fitopatógenos e produtividade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA SOJA

A soja é uma planta leguminosa, de ciclo anual, pertencente à família Fabaceae. Evidências indicam que a planta foi domesticada no século XI a.C., ao norte da China (BONATO; BONATO, 1987). No entanto, a soja cultivada (*Glycine max* L.) Merrill, difere-se dos adestrais que lhe deram origem em muitas características (DALL'AGNOL; LAZAROTTO; HIRAKURI, 2010). A partir dos registros de sua origem no norte da China, a soja expandiu-se lentamente para o sul deste país, bem como para a Coréia, Japão e sudeste da Ásia, entre 200 a.C. e o século III d.C. (PROBST; JUDD, 1973).

Devido a sua adaptabilidade e importância econômica, a soja expandiu-se do continente asiático para a Europa e Américas do Norte e do Sul (CARVALHO, 1999). No início do século XX, a soja passou a ser cultivada comercialmente nos Estados Unidos, onde foi utilizada inicialmente como forrageira e, posteriormente como produtora de grãos (EMBRAPA, 2004). A partir de então, houve um rápido crescimento na produção, com o desenvolvimento das primeiras variedades comerciais (CHUNG; SHING, 2008).

O cultivo da soja começou a ser expressivo quando o teor de óleo e proteína nos grãos, despertou o interesse nas indústrias mundiais e atualmente é uma das culturas mais importantes para economia mundial. De acordo com a United States Department of Agriculture - USDA, a produção global estimada para a soja, é de 370,11 milhões de toneladas na safra de 2023/24 (USDA, 2024a).

2.1.1 A soja no Brasil

Domesticada pelos chineses há mais de cinco mil anos, a soja foi introduzida no Brasil em 1882 por Gustavo Dutra, professor da Escola de Agronomia da Bahia, que realizou os primeiros estudos de avaliação de cultivares introduzidas dos EUA. Posteriormente, o Instituto Agronômico de Campinas (IAC) promoveu a distribuição de sementes de soja para produtores paulistas em 1900 e 1901 e, também nestes anos, obtiveram-se registros do primeiro plantio no estado do Rio Grande do Sul, onde

o cultivo desta cultura encontrou condições favoráveis para se desenvolver, chegando no Paraná em 1939, na Estação Experimental de Curitiba, e como lavoura comercial em meados dos anos 50 (VERNETTI, 1983; EMBRAPA, 2002).

Posteriormente, no final da década de 60, houve a primeira grande expansão da soja no Brasil com um considerável aumento na produção, a cultura passou a ser vista como um produto comercial, especialmente, pela demanda por farelo de soja para nutrição de aves e suínos e, pelo fato da cultura servir como alternativa de cultivo no verão no Sul do Brasil (DIAS et al., 2007; EMBRAPA, 2014). Já na década de 70, houve um aumento no preço da soja em grande parte do mundo, fato que incentivou os produtores aumentarem o plantio de soja, além disso, também houve o incentivo do governo brasileiro para o plantio desta cultura (EMBRAPA, 2014).

O país se beneficia de uma vantagem competitiva em relação aos outros países produtores: o escoamento da safra brasileira ocorre na entressafra americana, período em que os preços atingem a maiores cotações. Desde então, o país passou a investir em tecnologia para adaptação e desenvolvimento da cultura às condições do Brasil, o que promoveu um crescimento da produção e da capacidade competitiva da soja brasileira, a cultura da soja desempenha grande papel econômico e social no cenário nacional, gerando emprego e renda desde os latifúndios até as pequenas propriedades rurais (EMBRAPA, 2014).

Atualmente, o Brasil é maior produtor de soja do mundo, com uma produção de 160.177,2 milhões de toneladas, 45.309,0 milhões de hectares e uma produtividade de 3.535 kg/ha, safra 2023/24. O país lidera o ranking de maior produtor mundial de soja, desde a safra de 2019/2020, sendo também o maior exportador mundial da oleaginosa (CONAB, 2024), além do maior detentor de estoques finais de farelo. A produção de óleo e de farelo de soja também é relevante, sendo o terceiro atualmente, atrás de China e de Estados Unidos (USDA, 2024b)

Para alcançar níveis produtivos mais elevados, é crucial considerar fatores que podem limitar a produtividade da cultura durante o seu desenvolvimento, os quais podem ser evitados através do manejo adequado. Dentre os principais fatores que afetam negativamente a cultura está a presença de pragas e doenças, que causam os danos mais severos.

2.2 DOENÇAS DA SOJA

Dada a importância mundial dessa cultura, o valor econômico que representa, é importante se atentar aos mais diversos cenários que a cultura pode enfrentar durante o desenvolvimento, sendo importante planejar de forma cuidadosa, minimizando assim possíveis obstáculos (CÂMARA, 2015).

Dentre os principais fatores que afetam negativamente a cultura, os quais podem ser evitados através do manejo adequado, está a presença de pragas e doenças, que causam os danos mais severos (REIS, et al. 2007). Dessa forma, o elevado potencial produtivo da cultura nem sempre é expresso a campo, pois a cultura sofre forte redução na produtividade devido à incidência de fitopatógenos. São vários os agentes fitopatogênicos que causam doenças na cultura no Brasil e no mundo, os quais levam a perdas de produção e danos às plantas afetadas. Mais de 40 doenças que ocorrem na cultura, causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus, já foram identificadas no Brasil, esse número continua aumentando devido à expansão da cultura para novas áreas (YORINORI, 2000; EMBRAPA, 2003).

Sendo assim, é de grande importância conhecer os problemas fitossanitários da cultura, e saber como manejá-los, pois, somente um correto manejo traz resultados satisfatórios de sanidade e produtividade da cultura.

2.2.1 Ferrugem Asiática

Phakopsora pachyrhizi, fungo causador da comumente conhecida ferrugem asiática da soja, doença que se destaca pela agressividade, sendo assim destacada como a doença mais severa que acomete a cultura da soja, estando registrada em praticamente todas as regiões agrícolas produtoras de soja, com exceção apenas ao estado de Roraima (SEIXAS, et al. 2019).

Relatada no Brasil ao final da safra de 2001, causando perdas severas nas safras seguintes, a Ferrugem asiática da soja passou a ser considerada uma doença de grande importância, devido a sua rapidez de infecção, facilidade de dispersão e promoção da desfolha acelerada das plantas (YORINORI; JUNIOR; LAZZAROTTO; 2004).

O patógeno causador da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) é altamente destrutivo para cultura, podendo levar a perdas de 10% a 90% na sua produtividade, motivo que leva ao uso muitas vezes indiscriminado de fungicidas, sendo esta, a principal medida de controle, o que pode resultar na seleção de fungos resistentes aos fungicidas disponíveis no mercado, visto que não se tem registros de materiais que apresentam resistência completa a ferrugem (GABARDO, et al., 2020)

A infecção ocorre em ambientes com temperatura entre 18 e 26,5 ºC e elevadas umidades relativas (75 a 80%). Ambientes com períodos prolongados de molhamento foliar favorecem o progresso da doença (HENNING et al., 2014). Os sintomas da ferrugem da soja podem aparecer em qualquer estádio de desenvolvimento da cultura, desde que as condições climáticas estejam favoráveis à sua disseminação (JULIATTI et al., 2019).

Para obter melhores resultados no controle da ferrugem, o monitoramento das áreas é o maior aliado, bem como o diagnóstico precoce. Os sintomas iniciais são caracterizados por minúsculos pontos (no máximo 1 mm de diâmetro), de coloração esverdeada a cinza-esverdeada, com correspondente protuberância (urédia), na página inferior da folha. As urédias adquirem cor castanho-escura, e com o progresso da doença as se abrem expelindo os esporos hialinos (uredósporos), sendo facilmente transportados pelo vento (HENNING et al., 2014).

Os sintomas da ferrugem asiática podem ser observados na FIGURA 1.

FIGURA 1 - SINTOMAS DA FERRUGEM ASIÁTICA NAS FOLHAS DA SOJA

FONTE: HENNING et al., 2014.

2.2.2 Antracnose

O fungo *Colletotrichum truncatum* (Schw.) Andrus & Moore, causador da antracnose, é um dos mais importantes patógenos transmitidos via semente, restos

culturais e parte aérea da soja (MANANDHAR; HARTMAN, 2008). As plantas de soja podem ser infectadas por esta doença em todos os seus estágios de desenvolvimento, atingindo folhas, pecíolos, hastes, vagens e pedicelos. Quando o fungo é transmitido pela semente, os primeiros sintomas são observados durante a germinação, causando damping-off em pré ou pós-emergência. Nas plântulas que emergem aparecem nos cotilédones lesões necróticas deprimidas de cor cinza a negra podendo ocasionar a morte da plântula (CAMPOS et al., 2006).

As vagens infectadas nos estádios R3-R4 adquirem coloração castanho-escura a negra e ficam retorcidas; nas vagens em granação, as lesões iniciam-se por estrias de anasarca e evoluem para manchas negras. As partes infectadas geralmente apresentam várias pontuações negras que são as frutificações do fungo (acérvulos) (HENNING et al., 2014). Sob condições de alta umidade, a antracnose é favorecida, causando apodrecimento e queda das folhas e vagens, abertura das vagens imaturas e germinação dos grãos em formação com maior intensidade (GALLI et al., 2005).

A antracnose ocorre com maior frequência na região dos Cerrados, por causa da elevada precipitação e das altas temperaturas. Em anos chuvosos, pode causar perda total da produção, mas, com maior frequência, causa redução do número de vagens, induzindo a planta à retenção foliar e à haste verde (HENNING et al., 2014).

Os sintomas da antracnose podem sem observados na FIGURA 2.

FIGURA 2 – SINTOMAS DA ANTRACNOSE NAS VAGENS DA SOJA

FONTE: HENNING et al., 2014.

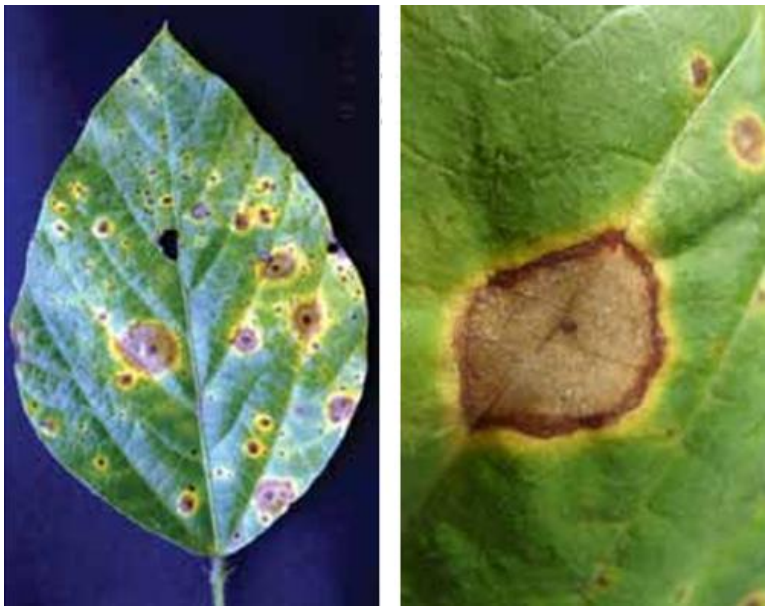
2.2.3 Mancha-Alvo

A mancha-alvo, causada pelo fungo *Corynespora cassiicola*, foi relatada pela primeira vez na cultura da soja no Brasil, no Estado do Paraná e posteriormente no Estado de São Paulo, em 1976. Nas últimas safras, a incidência dessa doença tem aumentado em razão da menor sensibilidade/ resistência do fungo aos fungicidas mais comumente utilizados na cultura da soja e do aumento da semeadura de cultivares suscetíveis, sendo encontrada em praticamente todas as regiões de cultivo do Brasil (GODOY et al., 2016).

Aparentemente, o fungo é nativo e infecta muitas plantas nativas e cultivadas. Pode sobreviver em restos de cultura e semente infectada. Umidade relativa é favorável à infecção na folha. As lesões se iniciam por pontuações pardas, com halo amarelado, evoluindo para grandes manchas circulares, de coloração castanho-clara a castanho-escura, atingindo até 2 cm de diâmetro. Geralmente, as manchas apresentam uma pontuação escura no centro, semelhante a um alvo. O fungo também infectar as raízes das plantas (HENNING et al., 2014).

Os sintomas da mancha-alvo podem sem observados na FIGURA 3.

FIGURA 3 – SINTOMAS DA MANCHA-ALVO NAS FOLHAS DA SOJA



Fonte: HENNING et al., 2014.

2.2.4 Cancro da haste

O cancro da haste causado pelo patógeno *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalisI* Morgan-Jones, foi detectado no Brasil, pela primeira vez, na safra 1989/90. Disseminou-se rapidamente a muitas regiões produtoras de soja e chegou a causar grandes perdas, devido à ocorrência de forma muito severa. O patógeno é um fungo adaptado a regiões de temperatura mais elevada e encontrou no Brasil, país tropical, o ambiente favorável ao seu desenvolvimento. O patógeno pode ser transmitido pela semente e sobrevive também em restos culturais (ITO, 2013).

Os sintomas iniciais, visíveis aos 15-20 dias após a infecção, são pequenos pontos negros que evoluem para manchas alongadas a elípticas e mudam da coloração negra para a castanho-avermelhada. No estádio final, as manchas adquirem coloração castanho-claro, com bordas castanho-avermelhadas, geralmente de um lado da haste. Infecções severas causam quebra da haste e acamamento. Como sintoma secundário, as folhas apresentam necrose entre as nervuras, conhecida como folha carijó (HENNING et al., 2014).

Os sintomas do cancro da haste podem sem observados na FIGURA 4.

FIGURA 4 – SINTOMAS DO CANCRO DA HASTE NAS FOLHAS E HASTES DA SOJA

Fonte: HENNING et al., 2014.

2.2.5 Míldio

O míldio é causado pelo fungo *Perenospora manshurica* (Naumov) Syd., é considerada uma doença secundária na cultura da soja, seu agente etiológico é um

parasita obrigatório, pelo fato que necessita do seu hospedeiro para sobreviver, se mantendo na planta viva ou sementes (KOWATA, L.S. et al., 2008).

O patógeno é inoculado na cultura por sementes infectadas ou por ação do vento, que carrega os esporos. As condições climáticas para o desenvolvimento da doença são temperaturas entre 20 °C a 22 °C, e umidade elevada (HENNING et al., 2014).

A doença tem início nas folhas unifolioladas e progride, podendo atingir toda a parte aérea. Os sintomas iniciais são manchas de 3 a 5 mm, verde-claras, que evoluem para cor amarela na página superior da folha, e mais tarde para tecido necrosado. No verso da mancha amarelada, aparecem estruturas de frutificação do patógeno, de aspecto cotonoso e de coloração levemente rosada a cinza. As infecções na vagem podem resultar em deterioração da semente ou infecção parcial, com formação de uma crosta pulverulenta, constituída de micélio e esporos, dando uma coloração bege a castanho-clara ao tegumento (HENNING et al., 2014).

Os sintomas do míldio podem sem observados na FIGURA 5.

FIGURA 5 – SINTOMAS DE MÍLDIO NAS FOLHAS E SEMENTE DA SOJA

Fonte: HENNING et al., 2014.

2.2.6 Crestamento foliar e mancha púrpura

Essa doença é conhecida como doença de final de ciclo. É causada pelo fungo *Cercospora Kikuchii*, que se encontra amplamente disseminado nas regiões

produtores de soja no Brasil. O desenvolvimento desse fungo é favorecido pela alta temperatura, entre 28º C a 30º C e alta umidade (ITO, 2013).

O fungo ataca todas as partes da planta. Nas folhas, os sintomas são caracterizados por pontuações escuras, castanho-avermelhadas, com bordas difusas, as quais coalescem e formam grandes manchas escuras que resultam em severo crestamento e desfolha prematura. Nas vagens, aparecem pontuações vermelhas que evoluem para manchas castanho--avermelhadas. Através da vagem, o fungo atinge a semente e causa a mancha púrpura no tegumento (HENNING et al., 2014).

Os sintomas de crestamento foliar e mancha púrpura podem sem observados na FIGURA 6.

FIGURA 6 – SINTOMAS DE CRESTAMENTO FOLIAR E MANCHA PÚRPURA NAS FOLHAS E SEMENTES DA SOJA

Fonte: HENNING et al., 2014.

2.3 MANEJO FITOSSANITÁRIO DE DOENÇAS

Por se tratar de uma cultura de alto valor econômico e estar implantada em grandes áreas, problemas fitossanitários, estão entre os principais limitantes da produtividade, sendo assim é de extrema importância manejá-los de forma adequada afim de suprimi-los, sendo fundamental observar os avanços que a pesquisa proporcionou ao longo do tempo (STÜRMER et al., 2012; DEBALD, 2021).

A utilização de cultivares que apresentam certa tolerância ao fungo, respeito ao zoneamento agrícola, vazio sanitário da soja, uso de tecnologias de aplicação,

cultivares de ciclo precoce, bem como manejo de produtos evitando a resistência de patógenos, são técnicas que reduzem a incidência da doença, e mesmo assim o controle de doenças fúngicas representa um custo elevado para o setor (CHINELATO, 2020).

2.3.1 Fungicidas

A aplicação de fungicidas químicos é uma das principais táticas de controle para evitar ou minimizar danos à produtividade na cultura de soja. Existem moléculas de alguns grupos de ação, como as estrobirulinas, triazóis, carboxamidas, benzimidazóis, que podem ser associadas ou não, capazes de controlar diversas doenças. Entretanto, devido ao fato de serem constantemente aplicadas as mesmas moléculas para controle de doenças, é gerada uma maior pressão de seleção sobre os patógenos, provocando uma perda de eficiência de moléculas (LEWANDOWSKI, 2016).

Tanto fungicidas protetores como os sistêmicos vem demonstrando problema de perda de eficiência, sendo que a média de eficiência dos fungicidas protetores fica em torno de 56% (GODOY et al., 2018) e dos sistêmicos em torno de 65% (GODOY et al., 2020). Devido à essa redução gradual da eficiência dos fungicidas, associado ao custo elevado para o desenvolvimento de novas moléculas e o tempo que se leva para lançar uma nova molécula fungicida no mercado (MATUCZAK, 2016), o uso de estratégias que preconizem um sinergismo, considerando a associação de fungicidas e produtos que possam ativar mecanismos de defesa da planta são fundamentais para o manejo de doenças, e uso racional de fungicidas (DEBALD, 2021).

Além disso, uma das medidas que favoreceriam a manutenção da sustentabilidade do sistema da produção de soja no país seria a utilização racional desses fungicidas químicos de forma integrada com outras medidas de controle, como a rotação de culturas, resistência genética e, mais recentemente, medidas promissoras como a indução de resistência (BARROS, 2011).

2.4 INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA

As plantas apresentam barreiras em sua constituição contra a entrada de patógenos. Essas barreiras de resistência podem ser pré-formadas, quando já existem antes do contato com o patógeno (cutícula mais expessa, tricomas), e pósformadas (enzimas hidroliticas, fitoalexinas, espécies reativas de oxigênio, pectina, lignina), estas se manifestam após a infecção do patógeno, gerando uma resposta de defesa do vegetal. Tais formas de defesa podem ser classificadas como compostos estruturais servem de barreira física, ou bioquímica, estes estimulam a síntese e liberação de compostos tóxicos, que funcionam de forma antagônica ao desenvolvimento dos patógeno (PASCHOLLATI; LEITE, 2004).

As barreiras de resistência podem ser estimuladas com a aplicação de agentes externos (indutores) bióticos ou abióticos, que interferem nos processos tanto fisiológicos quanto bioquímicos das diversas espécies de plantas, sendo capazes de ativar a resistência contra um amplo espectro de patógenos, em qualquer alteração no genoma da planta (STADNIK, 2000; EMBRAPA, 2008).

Tratando-se de resistência induzida, temos os seguintes tipos, sendo, resistência sistêmica adquirida (RSA), e resistência sistêmica induzida (RSI), sendo a RSA induzida por fatores bióticos ou abióticos ou ainda por patógenos em uma infecção localizada, tendo assim um acúmulo de proteínas, já na RSI, não há acúmulo de proteínas, no entanto requer aumento no acúmulo de ácido jasmônico e etileno. Em ambos, um sinal é gerado junto ao sítio de contato com o indutor e órgão vegetal, o qual é enviado para outros órgãos, que ativam os genes de defesa e posterior induzindo a resistência (BARROS, et al. 2010; LOCATELLI, 2017).

É importante salientar que, a atividade do agente indutor não é devida à ação antimicrobiana ou sua transformação em agentes antimicrobianos, mas sim devida à capacidade do mesmo em sensibilizar a planta e a mesma ativar os seus mecanismos de defesa estruturais e bioquímicos em resposta à presença de um patógeno em potencial (EMBRAPA, 2008).

Devido ao baixo impacto que gera ao ambiente e potencial comercial, bem como os resultados que entrega ao produtor, o uso de métodos alternativos vem ganhando ênfase nos últimos anos, proporcionando induzir resistência a plantas suscetíveis sobre um amplo espectro de patógenos, induzindo que os genes de defesa sejam expressos, manifestando assim os mecanismos de defesa das plantas tratadas (ROESE; FILHO; MELO, 2012).

Atualmente, existem diversos trabalhos sobre a utilização de indutores de resistência como o ácido salicílico, ASM, fosfitos, silicatos, entre outros que merecem destaque por possuírem capacidade direta e indireta de controle de patógenos.

2.4.1 Ácido Salicílico

O Ácido Salicílico (AS) é um ativador químico de resistência, conhecido como importante sinalizador na resposta das plantas à imunidade, conhecida como resistência sistêmica adquirida (RSA). Esse mecanismo permite que as plantas desenvolvam estratégias de resistência para futuras infecções de patógenos, o que reduz a severidade das doenças (AN; MOU, 2011).

Quando aplicado de forma exógena, é capaz de induzir a síntese do próprio AS nos tecidos vegetais devido ao aumento da atividade de enzimas da via dos fenilpropanoides, como a fenilalalina amônio-liase (FAL), através do qual AS é sintetizado, podendo induzir a produção de proteínas-PR e, consequentemente, proteger as plantas contra o ataque de patógenos (EMBRAPA, 2007).

2.4.2 Acibenzolar-S-metil (ASM)

Acibenzolar-S-metílico (ASM) é um composto sintético, análogo funcional do ácido salicílico, capaz de ativar defesas de plantas, que pode ser utilizado nos programas de controle químico de doenças de plantas promovendo melhoria na eficiência de controle. Este produto tem a capacidade de aumentar a atividade das enzimas quitinases e β-1,3-glucanases presentes nas plantas, enzimas essas passíveis de influenciar no controle de doenças (Pereira et al. 2009b).

O ASM se constitui no primeiro ativador vegetal sintético de RSA disponível no mercado (nome comercial - Bion®), registrado para as culturas do cacau, tomate e citros (EMBRAPA, 2007).

2.4.3 Fosfitos

O termo fosfito é o nome genérico empregado para os sais do ácido fosforoso (H_3PO_3) que apresentam elevada solubilidade, rápida absorção pelas plantas, com

grande seletividade e translocação via xilema e floema (GUEST; GRANT, 1991). Além de atuarem na função de ativador bioquímico de enzimas de defesa dos vegetais (quitinases, β-1,3-glucanases, peroxidases, polifenoloxidases, lipoxigenases e fenilalanina amônia-liases) (GOMES et al., 2011), no contexto de atividade fungitóxica, seu modo de ação atua de forma direta contra o patógeno, inibindo o crescimento micelial, levando a ruptura das hifas, possibilitando uma ação tóxica contra determinadas espécies de fungos (DALIO et al., 2012).

Já existem produtos comercializados a base de Fosfito, como exemplo o Phytogard o qual é vendido no Brasil como fertilizante foliar à base de fosfito de potássio, que possui ação na formação de fitoalexinas em plantas, aumentando a resistência contra a infecção de pátogenos, além de contribuir com a tolerância vegetal. É um produto considerado como não fitotóxico e de baixa toxicidade aos mamíferos (DALIO et al., 2012).

2.4.4 Fitoalexinas

As Fitoalexinas são compostos secundários, antimicrobianos, de baixo peso molecular, sintetizados pelas plantas em resposta a infecção por microrganismos, estresses físicos ou químicos, sendo fator importante na resistência a doenças de plantas (EMBRAPA, 2007). Estes compostos ficam acumulados nas células das plantas e quando o agente infeccioso entra em contato com estes compostos tóxicos, acaba morrendo, trata-se de uma resposta à infecção microbiana, sendo uma maneira da planta se proteger contra a invasão (PASCHOLATTI; LEITE, 1994).

2.4.5 Outros indutores de resistência

A fenilalanina está ligada com a produção de compostos fenólicos de defesa como, por exemplo, taninos, lignina e flavonoides. Além disso, participa da síntese do ácido salicílico (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O Silicato de Potássio é um ativador bioquímico de enzimas de defesa dos vegetais e apresenta efeito na integridade da parede celular dos vegetais que dificulta a infecção de fitopatógenos (BOWEN et al., 1992)

O Óxido Nítrico está envolvido no acúmulo de fitoalexinas e na ativação de respostas de defesa contra o ataque de patógenos (FERREIRA, 2011)

2.5 RESULTADOS PROMISSORES

Com objetivo de estudar diferentes fontes comerciais de fosfito e acibenzolar-S-metílico (ASM) no controle do míldio, do oídio e da ferrugem asiática, para reduzir o número de aplicações de fungicidas, Silva et al. (2013), avaliaram cinco fontes comerciais de fosfitos de potássio e uma de manganês (450 g P_2O_5 ha^{-1}) e ASM (12,5 g i.a. ha^{-1}), aplicados nos estádios V7 e R2. Também foi realizada uma aplicação do fungicida piraclostrobina + epoxiconazole (66,5 + 25 g i.a. ha^{-1}) no estádio R3. Foi observado que o uso de fosfito e ASM reduziram significativamente a área abaixo da curva de progresso do míldio, entretanto não tiveram efeito sobre o oídio e a ferrugem asiática.

Foi avaliado o potencial de indução de resistência de diferentes produtos a base de fosfitos de potássio, manganês e cobre, além de Acibenzolar-S-Metil (ASM), na cultura da soja, de forma isolada e associada aos fungicidas (azoxistrobina + ciproconazol e azoxistrobina+benzovindiflupir), na ativação de rotas metabólicas associadas à indução de resistência e sua relação com o comportamento de doenças. Os resultados demonstraram que todos os fosfitos e o ASM, quando associados com fungicidas apresentaram eficiente controle de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e míldio (*Peronospora manshurica*), com menor Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), em comparação com a testemunha, por outro lado, quando utilizados de forma isolada não demonstram potencial de controle dessas doenças. Todos os produtos avaliados apresentaram potencial de ativar as enzimas (LEWANDOWSKI, 2016).

Com o intuito de avaliar os efeitos da aplicação do acibenzolar-S-metil (ASM) em plantas de soja sob o controle de *Phakopsora pachyrhizi*, foi realizado um experimento em Maracaju, MS, na variedade CD 219 RR com a aplicação de cinco tratamentos em diferentes programas de pulverização de herbicida, inseticidas e fungicidas com e sem a associação do ASM em diferentes estádios da cultura, entretanto, não foi detectado benefícios da utilização do ASM tanto isoladamente quanto em mistura com fungicidas para o controle da ferrugem asiática em soja, tendo havido controle apenas quando

da utilização de fungicida químico independentemente da adição do ASM (BARROS, 2021).

Para avaliar o efeito na eficácia de Acibenzolar-S-Methyl (ASM) no programa de controle químico das doenças foliares na cultura da soja, um experimento foi instalado com as cultivares IAS 5, CD 201 e RS 10. O efeito do ASM foi avaliada isoladamente e em mistura com Difenoconazole aplicados em diferentes estádios R3, R4 e R5.1 e o Azoxystrobin em R5.1 A inclusão de ASM nos programas de controle químico aumentou, na maioria dos casos, a eficácia dos fungicidas para todos os parâmetros avaliados, porém com variação entre as cultivares. Os melhores resultados foram obtidos com aplicações de Difenoconazole + ASM aplicado em R3 e R4 entretanto, não foi verificado efeito na eficácia do Azoxystrobin em R5.1 (DALLAGNOL, et al., 2006).

Partindo da hipótese que o uso de indutores de resistência associado a aplicação de fungicida promove um maior controle de doenças na cultura da soja, foi quantificado a incidência e severidade de doenças em função do uso de indutor de resistência (Fosfito de Cu) associado a aplicação de fungicida na cultura da soja. O indutor de resistência em combinação com fungicidas reduziram a severidade e a incidência de doenças com um ou duas aplicações, bem como promoveram incrementos significativos na produtividade de grãos de soja (CAVALCANTE et al., 2022).

Oliveira et al. (2015) avaliaram o efeito do fosfito e do silicato de potássio, de forma isolada e/ou associada com fungicida, no controle da ferrugem asiática da soja. Entretanto, os autores observaram que a utilização de fosfito ou silicato de potássio, associado ou não com fungicida, não reduziu as perdas ocasionadas pela ferrugem asiática da soja, mesmo em aplicações preventivas (antes da manifestação dos sintomas iniciais); contudo, ocorreu redução nos níveis de severidade da doença nos estádios finais da cultura quando da aplicação apenas de fosfito e silicato de potássio associados.

Com objetivo de avaliar o efeito de fungicida Mancozeb associado aos indutores de resistência Ácido salicílicoe, Óxido nítrico e Fenilalanina sob os parâmetros fisiológicos da soja, Pacheco e Fagan (2019) constataram que a aplicação de mancozeb + fosfito proporcionou incremento de 5,25 sacas ha-1 em relação ao

controle, além e de elevar os níveis de atividade da peroxidase (POD) e fenilalanina amônia-liase (PAL).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de fungicidas químicos é uma das principais táticas de controle para evitar ou minimizar danos à produtividade na cultura de soja. Contudo, o uso de fungicidas não se tem mostrado tão eficiente, devido ao fato de serem constantemente aplicadas as mesmas moléculas.

A utilização de indutores de resistência no manejo de doenças da soja é uma estratégia a disposição do agricultor que pode promover redução na incidência de doenças na cultura de soja. Além disso, diversos indutores de resistência já foram relatados na literatura

O uso de indutores de resistência associados com fungicidas apresentam eficiência no controle de doenças da soja. Entretanto, quando utilizados de forma isolada os indutores de resistência não apresentam potencial de controle de doenças.

Ademais, partindo do levantamento apresentado e da análise de eficiência e vantagens, pode-se concluir que o uso de indutores de resistência é promissor e seu uso associado a fungicidas é uma estratégia interessante para o manejo de doenças na cultura da soja.

REFERÊNCIAS

AN, C.; MOU, Z. Salicylic acid and its function in plant immunity. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 53, p. 412-428, 2011.

BARROS, F. C. SAGATA, É. FERREIRA, L. C. de C. JULIATTI, F. C. Indução de resistência em plantas contra fitopatógenos. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 231-239, 2010.

BARROS, R. Estudo sobre a aplicação foliar de Acibenzolar-S-Metil para indução de resistencia à ferrugem asiática em soja e cercosporiose em milho. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, n. 4, p. 519-528, 2011.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. A soja no Brasil: história e estatística. Londrina: Embrapa-CNPSo, Documentos 21, 1987, 61 p.

BOWEN, P.; MENZIES, J.; EHRET, D. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. **Journal American Society Horticulture science**, v.117, n.6, p.906-912, 1992.

CÂMARA, G. M. de S. Produção de Cana, Mandioca e Soja - Introdução Ao Agronegócio Soja. USP/ESALQ – Departamento de Produção Vegetal - novembro/2015.

CAMPOS, H.D.O.; SILVA, L.H.C.P.; SILVA, J.R.C. Soja: Antracnose. **Cultivar Grandes Culturas**, n. 83, p.26-28, 2006.

CARVALHO, V. P. **Identificação de marcadores moleculares para a resistência ao Nematóide de Cisto da Soja [Heterodera glycines (Ichinobel)],** 1999. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 1999.

CAVALCANTE, W. S. da S.; SILVA, N. F. da; ZANOTTO NETO, G.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.; CUNHA, F. N.; CORRêA, F. R.; MARTINS, G. R. Uso do indutor de resistência associado a diferentes fungicidas na cultura da soja. **Research, Society And Development**, v. 11, n. 1, e51711125204, 2022.

CHINELATTO, G. Ciclo da ferrugem da soja, novidades da doença para esta safra. Blog Aegro. Disponível em: https://blog.aegro.com.br/ciclo-da-ferrugem-dasoja/. Acesso em 09 mai. 2020.

CHUNG, G. SHING, R. J. Broadening the genetic base of soybeas: A multidisciplinar approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 17, n. 5, p. 295-341, 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Safra Brasileira de Grãos. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos. Acesso em: 09 mai 2024.

DALL'AGNOL, A.; LAZAROTTO, J.J.; HIRAKURY, M. H.; Desenvolvimento, mercado e rentabilidade da soja brasileira. p.19, 2010. Circular técnica 74.

DALLAGNOL, L. J.; NAVARINI, L.; UGALDE, M. G.; BALARDIN, R. S.; CATELLAM, R. Utilização de Acibenzolar-S-Methyl para controle de doenças foliares da soja. **Summa phytopathologica**, v. 32, p. 255-259, 2006.

DE OLIVEIRA, G. M.; PEREIRA, D. D.; DE CAMARGO, L. C. M.; ABI SAAB, O. J. G. Fosfito e silicato de potássio no controle da ferrugem asiática da soja (Phakopsora pachyrhizi Syd. & P. Syd). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 60-65, 2015.

DEBALD, A. M. **Biofertilizante a base de ácido l-glutâmico associado a fungicidas no manejo de ferrugem da soja**, 2021, 26F. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2021.

DIAS, W. P; J. F. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S. Nematóides de importância para a soja no Brasil. Boletim de Pesquisa de soja, FUNDAÇÃO MT, Ed. Central de textos, Rondonópolis – MT, p. 173-178, 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola. A origem do grão, histórico no Brasil. 2014.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola. Defesa de Plantas contra o Ataque de Fitopatógenos. 2008. Documentos 250.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola. Tecnologia de produção de soja – Paraná., Londrina. Embrapa Soja, 2002.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola. Tecnologia de produção de soja na região central do Brasil: A soja no Brasil. 2004.

FERREIRA, E. P. D. B.; STONE, L. F.; PARTELLI, F. L.; DIDONET, A. D. Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p. 695-701, 2011.

GABARDO, G.; PRIA, M. D.; SILVA, H. L. D.; HARMS, M. G. Produtos alternativos no controle da ferrugem asiática da soja e sua influência no desfolhamento, produtividade e componentes de rendimento. **Summa Phytopathologica**, v. 46, p. 98-104, 2020.

GALLI, J. A.; PANIZZI, R. D. C.; FESSEL, S. A.; SIMONI, F. D.; ITO, M. F. Efeito de Colletotrichum dematium var. truncata e Cercospora kikuchii na germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, 182-187, 2005.

GODOY, C. V. et al. Eficiência de fungicidas multissítios no controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/2018: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Circular Técnica 144.

Embrapa: Londrina, 2018.

GODOY, C. V; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. O. N. ... CARLIN, V. J. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugemasiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2019/2020: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Circular Técnica 160, Embrapa, Londrina, julho de 2020.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; PIMENTA, A.B .... BALARDIN, R. S. Eficiência de fungicidas para o controle da mancha-alvo, *Corynespora cassiicola*, na safra 2015/16: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Circular Tecnica 120, Embrapa, Londrina, 2016.

GOMES, E.C.S.; LEITE, R.P.; SILVA, F.J.A.; CAVALCANTI, L.S.; NASCIMENTO, L.C.; SILVA, S.M. Manejo do míldio e ferrugem em videira com indutores de resistência: produtividade e qualidade pós-colheita. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n.5, p.332-335, 2011.

GUEST, D. I.; GRANT, B. R. The complex action of phosphonates as antifungal agents. **Biological Review**, v. 66, p. 159-187, 1991.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, Á. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; ... DIAS, W. P. Manual de identificação de doenças da soja. Londrina: Embrapa-CNPSo, 5 ed. 76p. 2014.

ITO, M. F. Principais doenças da cultura da soja e manejo integrado. **Nucleus**, v. 3, n. 3, p. 83-101, 2013.

KESSMANN, H.; RYALS, J.; STAUSB, T.; OOSTENDORP, M.; AHA GOY, P.; HOFFMANN, C.J.; FRIEDRICH, L.; DELANEY, T.; LAWTON, K.; RYALS, L.; WEYMANN, K.; LIGON, H.; VERNOIJ, B.; UKNES, S. CGA245704: **Mode of action of new plant activator.** In: International Plant Protection Congress, Proceedings... The Hague The Netherlands. ISPP. pp. 2-7, 1995.

KOWATA, L. S.; MAY-DE-MIO, L. L.; DALLA PRIA, M.; SANTOS, H. A. A. D. Escala Diagrámatica para avaliar severidade de míldio na soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p.105-110, 2008.

LEWANDOWSKI, A. **Indução de resistência na cultura da soja pelo tratamento com produtos a base de fosfitos, acibenzolar-s-metil em associação com fungicidas.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharelado em Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

LOCATELI, B. T. **Indução de resistência por agentes abióticos em soja à mosca-branca.** 2017. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2017.

MANANDHAR, J. B.; HARTMAN, G. L. **Anthracnose.** In: HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. (Ed.) Compendium of soybean diseases. 4 ed., Minnesota: APS, p. 13-14, 2008.

PACHECO, V. B.; FAGAN, E. B. Utilização de indutores de resistência associados com fungicida na cultura de soja. **Revista do COMEIA**, v. 1, n. 2, p. 28-40, 2017.

PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B. Mecanismos bioquímicos de resistência às doenças. Revisão Anual de Patologia de Plantas, Passo Fundo, v.2, p.1-51, 1994.

PASCHOLATTI, S. F.; LEITE, B. **Hospedeiro: Mecanismos de Resistência**. In: BERGAMIN FILHO, Armando; KIMATI, Hiroshi; AMORIM, Lilian (Ed.). Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceito. 3. ed. São Paulo: Agronomica Ceres, 1995.

PEREIRA, S.C.; RODRIGES, F.A.; CARRÉ-MISSIO, V.; OLIVEIRA, M.G.A.; ZAMBOLIM, L. Efeito da aplicação foliar de silício na resistência à ferrugem e na potencialização da atividade de enzimas de defesa em cafeeiro. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n.4, p.223-230, 2009.

PROBST, A.H.; JUDD, R. W. **Origin, U.S. history and development and word distribution.** In: CALDWELL, B.E. (Ed.). Soybeans: improvement, production and uses. Madison, WI: American Society of Agronomy, 1973. 115 p.

SEIXAS, C.; POSSAMAI, E.; dos REIS, E. A.; MATSUSHITA, M.; HARGER, N.; de OLIVEIRA, F. T.; ... LIMA, D. D. Monitoramento de Phakopsora pachyrhizi na safra 2018/2019 para tomada de decisão do controle da ferrugem-asiática da soja. Circular Técnica 150. Embrapa, Londrina, PR. Julho, 2019.

SILVA, O. C.; SANTOS, H. A.; DESCHAMPS, C.; DALLA PRIA, M.; MAY DE MIO, L. L. Fontes de fosfito e acibenzolar-S-metílico associados a fungicidas para o controle de doenças foliares na cultura da soja. **Tropical plant pathology**, v. 38, p. 72-77, 2013.

STADNIK, M. Indução de resistência a oídios. In: Congresso Paulista de Fitopatologia, 2000. Campinas. **Anais...** Campinas: GPF, p. 176-181, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954p

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Crop production. Disponível em: https://www.usda.gov/topics/farming/crop-production. Acesso em: 09 mai 2024a.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Production, Supply and Distribution (PSD). Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery. Acesso em: 09 mai 2024b.

VERNETTI, J. F. (ed.). Soja, planta, clima, pragas e invasoras. Campinas, Fundação Cargill, p. 6-9, 1983.

YORINORI, J.T.; JUNIOR, J.N.; LAZZAROTTO, J.J. Ferrugem “asiática” no Brasil: evolução, importância econômica e controle. n 247. p. 09-10. Embrapa soja, 2004.