



**PEDRO ANTONIO MONTENEGRO SÁNCHEZ**

**ESTUDO DAS RELAÇÕES DE *Septoria glycines* COM  
SEMENTES DE SOJA (*Glycine max*)**

**LAVRAS-MG  
2021**

**PEDRO ANTONIO MONTENEGRO SÁNCHEZ**

**ESTUDO DAS RELAÇÕES DE *Septoria glycines* COM SEMENTES DE SOJA  
(*Glycine max*)**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, área concentração em Patologia de sementes, para obtenção do título de Mestre.

Prof. PhD. José da Cruz Machado  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Montenegro Sánchez, Pedro Antonio.  
ESTUDOS DAS RELAÇÕES DE *SEPTORIA GLYCINES* COM  
SEMENTES DE SOJA (*GLYCINE MAX*). /Pedro Antônio  
Montenegro Sánchez. – Lavras: UFLA, 2021. 44 p.: il.  
Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de  
Lavras, 2021.  
Orientador (a): José da Cruz Machado.  
Bibliografia.  
1. Patologia de sementes. 2. fungos. 3. soja. I. Universidade  
Federal de Lavras. II. Título.

**PEDRO ANTONIO MONTENEGRO SÁNCHEZ**

**ESTUDO DAS RELAÇÕES DE *Septoria glycines* COM SEMENTES DE SOJA  
(*Glycine max*)**

**STUDY OF THE RELATIONS *Septoria glycines* WITH SOYBEAN SEEDS (*Glycine  
max*)**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, área concentração em Patologia de sementes, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 20 de dezembro de 2021.

Dra. Carolina da Silva Siqueira      UFLA

Dra. Maria Luiza Nunes Costa      UFMS

Dra. Iara Eleutério Dias      Corteva Agrisciense Brasil

Prof. PhD. José da Cruz Machado  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2021**

*A minha mãe Berenice, aos meus irmãos Laura e José e a minhas sobrinhas Kristel e  
Yuliana, pelo amor, carinho e confiança em mim depositada.  
A Hellen, pelo companheirismo, conforto, paciência e incentivo em todos os momentos.  
Sem seu apoio, carinho e amor, nada seria possível.*

**DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por sempre estar presente em minha vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade em realizar o mestrado e pela estrutura disponível, e à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor e orientador José da Cruz Machado, pela orientação, ensinamentos, oportunidade e amizade. Aos professores do Programa de Pós-Graduação de Fitopatologia, por compartilharem seus conhecimentos e estarem sempre disponíveis para nos ajudar. Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade e sugestões para a elaboração deste trabalho.

À Iara Eleutério Dias, pela amizade, serenidade, ensino e ajuda incondicional do início até o final do projeto de pesquisa.

Aos amigos do Laboratório de Patologia de Sementes. Em especial Carol e a Luiza, pela amizade, pelo suporte e ajuda para a realização deste trabalho.

À minha mãe Berenice Sánchez Camacho e a toda a minha família, pelo amor, força e incentivo, sempre.

À Hellen, pelo amor, carinho e compreensão, e por sempre me apoiar.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para que este trabalho pudesse ser concluído.

Muito obrigado!

## RESUMO

A septoriose da soja, causada por *Septoria glycines* vem se constituindo uma séria preocupação para os produtores de soja no Brasil em razão de sua crescente ocorrência em grande parte das regiões produtoras dessa leguminosa no país. Embora seja uma doença já conhecida no Brasil desde a década de 70, somente nos últimos anos é que tem sido considerada uma séria ameaça à produção de soja no país. Pela literatura, o agente causal da referida doença é transmitido pelas sementes de soja, não havendo, entretanto, relatos desse tipo de relação nas condições brasileiras. Neste trabalho, o intuito foi investigar a transmissibilidade e efeitos do patógeno de plantas de soja para as suas sementes e a partir de sementes para as plantas, decorrentes do processo de semeadura em condições ambientais controladas. Os ensaios foram conduzidos na casa de vegetação - neste ambiente a inoculação foi realizada nas plantas de soja em diferentes estágios - e no laboratório em câmaras de crescimento com temperaturas controladas- neste local utilizou-se a inoculação via sementes através da técnica de restrição, metodologias já conhecidas e descritas em literatura para outros patossistemas. Os resultados comprovaram que *Septoria glycines* foi capaz de ser transmitida de planta para sementes e de sementes para plantas, em intensidades variáveis. As taxas de transmissão e efeitos do patógeno a partir das sementes variaram em função da temperatura e do nível de inóculo. Com base nos resultados deste estudo, fica evidenciado a necessidade de se adotar o teste de sanidade de sementes de soja para a detecção de *Septoria glycines* em lotes destinados a plantios. Este trabalho deixa claro, também, a necessidade de investigar com mais profundidade as relações de *S. glycines* com sementes de soja, levando-se em consideração outros fatores que interferem nessa interação, como grau de resistência do hospedeiro, variabilidade do fungo, viabilidade do fungo em armazenamento, entre outros.

Palavras-chave: Patologia de sementes. Potencial de inóculo. Transmissão.

## ABSTRACT

Septoria brown spot disease, caused by *Septoria glycines*, has been a serious concern for soybean producers in Brazil due to the increasing occurrence in most regions that produce this crop in the country. The disease has been known in Brazil since the 70s, however has only been considered a serious problem to soybean production in recent years. In the literature, the causal agent of this disease is transmitted by soybean seeds, however there are no reports of this type of relationship in Brazilian conditions. In this work the aim was to investigate the transmissibility and effects of the pathogen from soybean plants to their seeds and from seeds to plants in the controlled conditions. Evaluation tests were carried out in laboratory and greenhouse, having as reference points two types of inoculation from plants and from seeds, different inoculum levels and cultivation temperatures. Methodologies already known and described in the literature for other pathosystems with the same purposes of this work were followed. The results showed that *Septoria glycines* was able to be transmitted from plant to seed and from seed to plant, in variable levels depending on the variables used for this study. The transmission rates and effects of the pathogen from the seeds occurred in the function of temperature and inoculum level, but the intensity of these effects was lower compared with other pathogens in soybean such as *Colletotrichum truncatum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phomopsis sojae*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium pallidoroseum*. Based on the results of this study, it is also evidenced will be necessary to improve the soybean seed health test for the detection of *Septoria glycines* in seed used for cultivation.

Keywords: Seed pathology. Inoculum potential. Transmission.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
2.1	A cultura da soja e sua importância na agricultura brasileira .....	12
2.2	Principais doenças da soja .....	12
2.3	Mancha parda causada por <i>Septoria glycines</i> em soja ( <i>Glycine max</i> ) .....	14
2.4	Associação de <i>S. glycines</i> com sementes de soja ( <i>Glycine max</i> ) .....	15
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1	Local de condução dos ensaios .....	17
3.2	Obtenção e multiplicação de <i>Septoria glycines</i> .....	17
3.3	Avaliação da transmissão de <i>Septoria glycines</i> a partir de plantas de soja cultivadas em condições controladas .....	17
3.3.1	Cultivo de soja em casa de vegetação .....	17
3.3.2	Inoculação de <i>Septoria glycines</i> em plantas de soja .....	18
3.3.3	Avaliação da qualidade sanitária de sementes colhidas de plantas inoculadas e não inoculadas .....	18
3.4	Avaliação dos efeitos e transmissão de <i>Septoria glycines</i> em plantas de soja, oriundas de sementes inoculadas, cultivadas em ambiente controlado .....	19
3.4.1	Obtenção e preparo das sementes de soja inoculadas com <i>Septoria glycines</i> .....	19
3.4.2	Teste de germinação .....	19
3.4.3	Emergência em substrato de solo .....	20
3.4.3.1	Avaliação do índice de velocidade de emergência (IVE) .....	20
3.4.3.2	Avaliação da altura e peso de plantas .....	20
3.4.3.3	Avaliação da taxa de transmissão de <i>Septoria glycines</i> a partir de sementes, em condições controladas .....	21
3.4.3.4	Índice de doença/Danos .....	22
3.5	Delineamento experimental e Análise estatística .....	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23

<b>4.1</b>	<b>Transmissão de <i>Septoria glycines</i> em plantas de soja cultivadas em condições controladas.....</b>	<b>23</b>
<b>4.2</b>	<b>Avaliação dos efeitos e transmissão de <i>Septoria glycines</i> em plantas de soja, oriundas de sementes inoculadas, cultivadas em ambiente controlado.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Índice de doença/dano das plantas de soja.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Avaliação da taxa de transmissão de <i>Septoria glycines</i> a partir de sementes inoculadas, em condições controladas.....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das oleaginosas de alta demanda mundial, sendo considerada uma espécie da maior importância para o Brasil pela sua ampla utilização tanto no âmbito interno na forma de alimento e seus derivados e como *commodity*, sendo exportada para inúmeros países do mundo (CUASAPAS, 2016; GARCÍA, 2018)

No Brasil o cultivo de soja tem sido bem sucedido pelas condições edafoclimáticas e pela utilização de tecnologias adequadas para seu cultivo, além do bom retorno financeiro (USDA, 2016; CONAB, 2017; GARCÍA, 2018; PICCOLI, 2018).

Dentre os fatores que favorecem o cultivo da soja, a semente representa um dos principais componentes, uma vez que se trata de um insumo que funciona como o veículo de informações genéticas ao qual ainda é possível agregar valores que contribuem para o aumento da produtividade. Entretanto, diversos fatores podem interferir no cultivo da soja de forma negativa, dentre eles encontram-se as doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e nematóides.

O impacto de cada doença pode variar anualmente, dependendo das condições climáticas de cada região, pois, em condições favoráveis, esses patógenos podem se desenvolver e causar grandes perdas econômicas, que dependendo da intensidade geram perdas de até 100% da safra.

Em escala global, patógenos são responsáveis por perdas de 11% a 32% em soja, afetando diretamente a economia dos países produtores dessa oleaginosa. Para o caso dos Estados Unidos, estima-se que as perdas no período 1996 – 2016 foram de \$ 95.48 milhões. Segundo Godoy (2014), as doenças no Brasil podem atingir todas as fases do ciclo da planta e têm condições de acarretar perdas de produtividade que variam de 10% a 20%, embora esse comprometimento possa chegar a 100% da produção quando não há o manejo adequado.

As perdas por doenças podem ocorrer durante o cultivo, a colheita e o armazenamento das sementes de soja. Nessas fases diversas doenças podem surgir, como a antracnose, mofo branco, murcha de fitóftora (*Phytophthora* spp.), ferrugem, manchas foliares e diversas podridões. Dentre estas doenças encontra-se a septoriose (causada por *Septoria glycines*), que vem causando diversos problemas no Brasil, com consequentes grandes perdas na cultura da soja (HARTMAN *et al.*, 2015).

Segundo a literatura, o processo de colonização da *Septoria glycines* pode ocorrer de diferentes formas e níveis de infecção, entretanto diversos estudos tornam-se necessários com o intuito de ampliar o conhecimento sobre a doença e, assim, embasar futuras tomadas de decisão no que diz respeito ao manejo e controle de epidemias relativas a esse tipo de doença.

Para que futuras decisões sejam tomadas no âmbito de manejo sanitário da septoriose da soja é importante ter em mãos conhecimentos embasados pela pesquisa, com foco no entendimento da transmissão e disseminação do patógeno em relação às sementes de soja.

Pela literatura, pouco se conhece e pouca atenção tem sido dedicada a esse patossistema nas condições brasileiras. Diante desse cenário é que se propôs a condução deste trabalho, cujo alvo é aprofundar as investigações sobre as verdadeiras relações biológicas de *Septoria glycines* com sementes de soja em diferentes condições e as consequências dessas relações.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A cultura da soja e sua importância na agricultura brasileira**

A soja (*Glicine max* (L.) Merrill) é uma espécie anual, herbácea, pertencente à família *Fabaceae*, que apresenta uma ampla variabilidade genética e morfológica (BOGRIN, 2005; VILLON, 2017). O cultivo da soja é de grande importância pelas características nutricionais de seus grãos que são adequadas aos seres humanos e animais, e pelo seu uso para outras finalidades de interesse em todo o mundo (YBRAN e LACELLI, 2018).

Dados sobre a produção de soja reportados pelo United State Department of Agriculture (USDA), referente a safra 2021/2022, indicaram aumento na produção mundial dessa cultura da ordem de 44% nos últimos 10 anos, passando de 260,54 milhões de toneladas a 359,49 milhões de toneladas.

Segundo o USDA, o Brasil passou a ser o maior produtor de soja do mundo a partir de 2018 com 33,52% de toda produção mundial, seguido dos Estados Unidos com 32,85% da produção mundial e, posteriormente, a Argentina com 15,80% da produção mundial. Juntos, esses três países são responsáveis por 81,65% da safra mundial em grão, e a China por 61,54% de todas as importações mundiais (CONAB, 2018).

A área de soja para semeadura prevista no Brasil para a safra de 2021/2022, de acordo com os dados levantados pela CONAB, foi estimada em 38,9 milhões de hectares para 39,91 milhões de hectares, um ligeiro acréscimo de 2,5% em relação ao ano anterior. A expectativa é que a produção atinja 140,75 milhões de toneladas, o que mantém o país como o maior produtor mundial do grão (EMBRAPA, 2021).

### **2.2 Principais doenças da soja**

A presença de doenças no cultivo da soja é favorecida por inúmeros fatores bióticos e abióticos, muitos dos quais são relacionados às condições ambientais, que no Brasil são bastante diversificadas. O aumento de intensidade e período de chuvas, por exemplo, além de favorecer o cultivo, pode também favorecer a ocorrência de algumas doenças. Algumas dessas doenças de importância em soja ocorrem com maior frequência e severidade durante a maturação das sementes e a senescência das vagens (LITARDO, 2014).

De modo geral, o cultivo da soja (*Glycine max*) pode ser afetado nas diferentes regiões e dependem de diversos fatores, como: a presença do inóculo nas sementes, a utilização de cultivares suscetíveis, as condições ambientais adversas e as práticas incorretas de manejo. Diversos microrganismos/agentes são responsáveis por causarem doenças na cultura da soja, como os grupos de fungos, bactérias, vírus e nematoides (DISTEFANO *et al.*, 2017).

As perdas de rendimento na produção de grãos, que são causadas pelas doenças, representam 15% a 20 % no mundo, algumas dessas podem ocasionar perdas de até 100% (WRATHER e KOENNING, 2009; WRATHER *et al.*, 2001. ).

As doenças causadas por fungos ocorrem em maior número e são alvos de muita preocupação pela exigência de medidas para seu controle no decorrer do período de cultivo em campos de produção. Calcula-se que as perdas produtivas causadas pelas doenças da soja podem atingir até 20% de redução da produtividade (FUNDAÇÃO RIO VERDE, 2009).

Dentre as doenças causadas por fungos que ocorrem em soja no Brasil que são consideradas potencialmente de alto risco para esta cultura podem ser destacadas: antracnose (*Colletotrichum truncatum*), cretamento foliar de cercospora (*Cercospora kikuchii*), ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi* e *P. meibomiae*), mancha alvo e podridão radicular de *Corynespora* (*Corynespora cassiicola*), mancha olho-de-rã (*Cercospora sojina*), mela ou requeima (*Rhizoctonia solani* AG1), míldio (*Peronospora manshurica*), tombamento e morte em reboleira de rizoctonia (*Rhizoctonia solani*), tombamento e murcha de *Sclerotium* (*Sclerotium rolfsii*), oídio (*Microsphaera diffusa*), mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), podridão de carvão da raiz (*Macrophomina phaseolina*), seca da haste e da vagem (*Phomopsis sojiae*), podridão radicular de fitóftora (*Phytophthora sojiae*), podridão vermelha da raiz (*Fusarium pallidoroseum* e *F. solani*) e mancha parda (*Septoria glycines*) (EMBRAPA, 2011).

Das diversas doenças em soja, algumas ocorrem, principalmente, ao final no ciclo da cultura, na etapa reprodutiva R4 e R6, e algumas provocam desfolha prematura e em consequência um baixo rendimento na produção de grãos (até 14,8%). Segundo a literatura, os principais responsáveis são *Cercospora kikuchii*, *Cercospora sojina* e *Septoria glycines*, (GUAN *et al.*, 2004; LAVILLA *et al.*, 2018).

### 2.3 Mancha parda causada por *Septoria glycines* em soja (*Glicine max*)

A mancha parda, ou septoriose, causada por *Septoria glycines* é provavelmente uma das doenças de soja mais difundidas mundialmente, e está entre as 10 doenças que mais preocupam nos campos de produção de soja, estando disseminada em todas as áreas de soja no Brasil (LIN *et al.*, 2020). Essa doença que foi inicialmente descrita no Japão em 1915, teve sua primeira ocorrência registrada no Brasil em Pelotas, Rio Grande do Sul, em 1970, sendo descrita somente em 1972, no Rio Grande do Sul, por Luzzardi *et al.* Dois anos depois, ao realizar-se um levantamento de doenças, a septoriose foi identificada em 65% das lavouras no mesmo Estado (ALMEIDA, 2019).

Em meio de cultura a colônia de *Septoria glycines* pode ser circular, com micélio aéreo de coloração escura, manchas de coloração castanho nas partes mais novas; após 14 dias, pode ocorrer o aparecimento de um exsudato de cor rosa (QUAEDVLIEG *et al.*, 2013). Nas colônias observa-se a formação de picnídios, que são separados, escuros, globosos, com diâmetro de 60 a 120 µm de diâmetro, abertos por um ostíolo central, com diâmetro de 30 µm e parede composta por 3 a 6 camadas de textura angular marrom. Os conídios são hialinos, lisos, filiformes, recurvados, com 1 a 3 septos e medindo de 21-50 µm x 1,4-2,0 µm (CROUS *et al.*, 2009; QUAEDVLIEG *et al.*, 2013; ZÁRATE, 2017).

A espécie *Septoria glycines* pertence a um dos gêneros mais comuns responsáveis por causarem manchas nas folhas de diferentes espécies vegetais (VERKLEY e PRIEST, 2000; VERKLEY *et al.*, 2004). As lesões aparecem como manchas marrons escuras irregulares de tamanho e formato variáveis, as folhas infectadas rapidamente ficam amarelas e caem prematuramente e, sob condições ambientais favoráveis, pode haver desfolhamento significativo na metade inferior da planta. O desenvolvimento da doença é favorecido por temperaturas médias diárias acima de 21 °C e alta umidade ambiente. Os sintomas se tornam mais visíveis à medida em que as plantas se aproximam da maturidade, surgindo lesões nas folhas maduras com coloração avermelhada, causando sua queda prematura (FAUBA, 2020).

As doenças do final de ciclo são as responsáveis de causar desfolhação prematura nas plantas de soja, diminuindo a eficiência de interceptação da radiação solar e taxa de crescimento, afetando a produção de grãos (IVANCOVICH *et al.*, 2018). Devido a sua

severidade, trabalhos de pesquisa têm relatado perdas de rendimento de grãos acima de 30% (VALLONE e GIORDA, 1997; IVANCOVICH, 1998; PLOPER, 1999; IVANCOVICH *et al.*, 2018; LAVILLA *et al.*, 2018). Segundo relatos de literatura, o manejo incorreto no cultivo da soja, como a aplicação equivocada de fungicidas, pode causar perdas de até 11% no rendimento dessa cultura (ZÁRATE, 2017; LAVILLA *et al.*, 2019).

#### **2.4 Associação de *S. glycines* com sementes de soja (*Glycine max*)**

A associação de microrganismos com sementes é um dos fatores de maior relevância para o entendimento da ocorrência e desenvolvimento de diversas doenças em plantas cultivadas, sendo, portanto, um tema que requer estudos mais profundos em suporte ao estabelecimento de medidas de manejo dessas doenças. Inúmeras doenças são causadas por patógenos veiculados por sementes de espécies hospedeiras, para os quais a semente é a única maneira de sobrevivência entre safras e por longos períodos de armazenamento.

As sementes de soja estão entre os principais meios de transporte das estruturas reprodutivas de agentes fitopatogênicos, sendo facilmente responsáveis pela introdução e disseminação de doenças em áreas de cultivo. Estima-se que, por esse motivo, o Brasil tenha perdas de 8 a 16 milhões de toneladas de grãos por ano (PEREIRA, 2005; PEREIRA, 2018).

Pela literatura, *Septoria glycines* é tipicamente um fungo que ataca com mais intensidade os tecidos foliares de plantas suscetíveis, sendo a transmissão do fungo para as sementes um processo que requer elevados níveis de infecção da planta, principalmente no período entre o florescimento e a maturidade das plantas (IVANCOVICH e BOTTA, 2003; HARTMAN *et al.*, 2015, KUGLER, 2015).

Segundo estudos realizados sobre septoriose, os autores Manandhar *et al.* (1987) foram os últimos a registrarem a associação de *Septoria glycines* com sementes de soja, não havendo posteriormente relatos mais aprofundados sobre esse aspecto nesse patossistema. Em alguns desses trabalhos apenas menções são encontradas sobre a presença do fungo em partes da planta como folhas, haste, vagens e sementes. Em nenhum caso pesquisas dirigidas à avaliação do grau e implicações da presença do fungo em sementes foram encontradas (EMBRAPA, 2011).

Por se tratar de um fungo necrotrófico que parasita órgãos próximos às sementes de soja, presume-se que o fungo estabeleça alguma relação biológica com as sementes. Esse tipo de demonstração de acordo com modelos existentes para essa finalidade ainda não foi realizado ou publicado na comunidade técnico-científica. Em publicação de Richardson (1979), que informa sobre ocorrência de doenças associadas às sementes em geral, encontra-se citação de Macneill e Zalasky (1957), que diz respeito a um trabalho realizado no Canadá sobre transmissibilidade desse fungo por sementes de soja. Diante da escassez de informações mais concretas e pontuais sobre o grau de associação de *Septoria glycines* com sementes de soja, fica evidente a necessidade de mais estudos nesse patossistema tendo como intuito subsidiar os esquemas de manejo dessa doença nas condições brasileiras.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local de condução dos ensaios**

O trabalho de pesquisa foi realizado no Laboratório de Patologia de Sementes localizado no Departamento de Fitopatologia na Universidade Federal de Lavras.

#### **3.2 Obtenção e multiplicação de *Septoria glycines***

O isolado de *S. glycines* foi obtido no Instituto Biológico de São Paulo. Inicialmente o isolado foi cultivado e multiplicado em placas de Petri de 9 cm contendo meio de cultura de ágar e extrato de malte a 2% (MEA). As placas contendo o fungo foram dispostas em câmara do tipo BOD a uma temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas luz, por um período de 7 dias (CROUS *et al.*, 2009).

#### **3.3 Avaliação da transmissão de *Septoria glycines* a partir de plantas de soja cultivadas em condições controladas**

##### **3.3.1 Cultivo de soja em casa de vegetação**

Sementes de soja, da cultivar 95R50IPRO, foram semeadas em 80 vasos de 10 litros contendo mistura esterilizada de solo, areia e substrato na proporção de 1:1:1. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação, com temperatura média de 28 °C ± 3 °C em época de verão. Em cada vaso foram semeadas 5 sementes e, após a emergência e o aparecimento do primeiro trifólio, foram realizados o desbaste (aos 17 dias da semeadura) deixando 3 plantas por vaso. O ensaio foi realizado com 4 repetições, divididas em 4 diferentes estágios vegetativos das plantas de soja.

As sementes da cultivar selecionada apresentaram-se com 98% de germinação, pelo teste padrão e livres de agentes fitopatogênicos.

### 3.3.2 Inoculação de *Septoria glycines* em plantas de soja

Utilizaram-se dois procedimentos de inoculação: o primeiro consistiu na inserção de palitos de madeira, 7 cm, colonizados com micélio do fungo, cultivado em meio BDA, em tecidos de hastes e nas vagens formadas conforme descrito em literatura; os palitos permaneceram nos tecidos das plantas por um período de 48 horas; o segundo método consistiu na inoculação de plantas por meio de aspersão de 1 mL de suspensão de inóculo, concentração de  $10^6$  conídios.mL<sup>-1</sup>, por planta. A produção do inóculo foi realizada pelo cultivo do fungo em meio BDA, com incubação em ambiente com temperatura de 25 °C por um período de 12 dias. A concentração do inóculo foi ajustada com auxílio de hemacitômetro tipo Neubauer (ALMEIDA, 1980; BROGIN, 2001).

As plantas foram inoculadas em 4 diferentes estádios de desenvolvimento: VN (Enésimo nó), R3 (início da formação do legume), R4 (legume completamente desenvolvido) e R6 (grão cheio ou completo). Todas as plantas, inoculadas e não inoculadas, foram mantidas em condições de câmara úmida confeccionadas com sacos plásticos transparentes por 48 horas (BROGIN, 2001).

### 3.3.3 Avaliação da qualidade sanitária de sementes colhidas de plantas inoculadas e não inoculadas

A colheita das sementes foi realizada manualmente após o enchimento dos grãos e a secagem total das plantas. As sementes colhidas com umidade em torno de 11 a 12% foram acondicionadas em sacos de papel em separado e armazenadas em câmara com temperatura de 10 °C e umidade em torno de 50% de UR, para a utilização posterior.

As sementes colhidas e armazenada foram submetidas a teste de sanidade em laboratório para avaliação e comprovação da transmissão de *Septoria glycines* das plantas inoculadas para as sementes de soja. Foram utilizadas 400 sementes, distribuídas em placas de Petri de 15 cm de diâmetro, 40 sementes/placa, cada placa contendo 3 discos de papel de filtro umedecidos com ágar-água, concentração de 0,5%, acrescidos de 2,4-D (diclorofenoxiacetato de sódio), na concentração de 10 ppm. Em seguida, as placas ficaram dispostas sob luz negra (NUV) com fotoperíodo de 12 horas a uma temperatura de 22°C por

um período de 7 dias, sendo ao final registrada a ocorrência da espécie em estudo com base em descrições existentes para esse tipo de análise. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem de sementes infectadas/contaminadas (MAPA, 2009).

### **3.4 Avaliação dos efeitos e transmissão de *Septoria glycines* em plantas de soja, oriundas de sementes inoculadas, cultivadas em ambiente controlado**

#### **3.4.1 Obtenção e preparo das sementes de soja inoculadas com *Septoria glycines***

Sementes da cultivar 95R50IPRO foram inoculadas de acordo com a técnica de condicionamento hídrico, desenvolvida e aperfeiçoada na Universidade Federal de Lavras (MACHADO *et al.*, 2001; MACHADO, *et al.*, 2012). Por essa tecnologia as sementes foram submetidas ao contato direto com a colônia de *Septoria glycines* em meio BDA contendo manitol, no potencial de -1,0 MPa, pelos períodos de 24, 48, 72 e 96 horas a temperatura de 25 °C. As sementes não inoculadas foram igualmente submetidas ao restritor hídrico, e posteriormente todas as sementes inoculadas e não inoculadas foram secas em temperatura ambiente e em seguida mantidas em câmaras secas e frias até a sua utilização.

#### **3.4.2 Teste de germinação**

Esse teste foi conduzido com 8 repetições de 50 sementes, perfazendo um total de 400 sementes por tratamento. Utilizou-se a metodologia de Rolo de papel de filtro (blotter test) em que o substrato é umedecido com água na proporção 2,5 x o peso do papel. As sementes são dispostas individualmente sobre camada de papel de filtro umedecido, mantendo-se distanciadas 1-2 cm das outras. Os rolos foram dispostos no germinador sob temperatura de  $20 \pm 2$  °C por um período de 7 dias. A avaliação da germinação foi realizada seguindo os critérios estabelecidos nas 'Regras para Análise de Sementes' do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009a,b).

### 3.4.3 Emergência em substrato de solo

O teste emergência foi conduzido em câmaras de cultivo vegetal em duas temperaturas, 20 °C e 25 °C. Para cada temperatura foram utilizadas 60 plantas dispostas em quatro blocos contendo 15 por repetições. Foi semeada uma semente por copo (copo plástico de 200 mL de capacidade), e os copos contendo mistura de areia autoclavada e composto comercial da marca Topstrato na proporção de 2:1 foram distribuídos em quatro bandejas plásticas de tamanho 50 x 28 x 11 que foram colocadas nas câmaras.

Aos 12 e 28 dias foram computadas as plantas normais emergidas, sendo os resultados expressos em percentagem.

#### 3.4.3.1 Avaliação do índice de velocidade de emergência (IVE)

O índice de velocidade de emergência foi determinado pela contagem diária de plântulas que apresentaram os cotilédones expostos acima do solo, até o alcance da estabilização do estande e posteriormente calculada pela fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVE = \sum_{i=1}^n N_i/D_i, \text{ em que:}$$

IVE = índice de velocidade de emergência;

$N_i$  = número de plantas germinadas na 1ª contagem, 2ª contagem, ...enésima contagem, respectivamente;

$D_i$  = número de dias após semeadura na 1ª contagem, 2ª contagem, ...enésima contagem, respectivamente;

#### 3.4.3.2 Avaliação da altura e peso de plantas

Para essas variáveis foram utilizadas as plantas emergidas em bandejas em câmara de cultivo com temperatura controlada. Aos 28 dias após emergência, cada planta foi retirada junto com a raiz, sendo todas cortadas, lavadas e secas. A parte aérea de 10 plantas por repetição de cada tratamento foi medida com régua milimetrada e, posteriormente,

determinado o peso da parte aérea/parcela (TEIXEIRA e MACHADO, 2003; BOTELHO, 2013).

### **3.4.3.3 Avaliação da taxa de transmissão de *Septoria glycines* a partir de sementes, em condições controladas**

Após 28 dias de semeadura (DAS), todas as plantas assintomáticas emergidas foram retiradas e seccionadas em fragmentos da região do colo e inserção dos cotilédones para avaliar a presença do patógeno. Os fragmentos foram desinfestados com solução de álcool 70% durante 30 segundos, seguidos de hipoclorito de sódio a 1% durante um minuto, lavados em água destilada esterilizada por 30 segundos, e dispostos em seguida em placas de Petri de 15 cm contendo meio de Batata dextrose ágar (BDA). As placas foram incubadas em câmara tipo BOD a 25°C, com fotoperíodo de 12 horas, durante 4 a 7 dias. Sementes não germinadas e plantas que apresentaram tombamento (morte em pós-emergência) durante a condução do ensaio foram retiradas, desinfestadas e plaqueadas no mesmo meio de cultura, assim que foi observado o tombamento. A transmissão foi positiva com presença das estruturas típicas do patógeno em qualquer dos fragmentos de planta em exame.

A determinação da taxa de transmissão total (T.T.) de *Septoria glycines* de sementes para planta e de planta para sementes foi obtida segundo a fórmula descrita por Teixeira e Machado (2003):

$TT (\%) = [TI (\%) / IS (\%)] * 100$ , em que:

T. I. = taxa de infecção de *S. glycines* nas partes analisadas (composta por: % de sementes não germinadas pela ação do patógeno, % plantas emergidas com sintomas e % de plantas assintomáticas), avaliadas aos 28 dias após a semeadura (DAS);

I. S. = incidência de *S. glycines*, que foi determinada pelo teste de sanidade das sementes inoculadas (blotter), conduzido concomitantemente ao ensaio de transmissão, para os mesmos tempos de exposição das sementes ao patógeno descrito.

#### **3.4.3.4 Índice de doença/Danos**

Para o cálculo desse índice, lançou-se mão de uma escala de notas de 0, 1, 2, 4 e 5, na qual zero = plantas normais sem sintomas de infecção; 1 = plantas com massa de até 10% menor do que a massa de plantas oriundas de sementes não inoculadas; 2= plantas com massa acima de 10% menor do que a massa de plantas oriundas de sementes não inoculadas; 4= plantas mortas em pós-emergência; e 5= sementes não germinadas. Os valores anotados foram submetidos à fórmula de McKinney (1923), que expressa valores médios percentuais de danos provocados pela doença em avaliação.

#### **3.5 Delineamento experimental e Análise estatística**

Os testes de germinação e sanidade de sementes foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), enquanto os demais testes foram conduzidos em delineamento em blocos inteiramente casualizados (DBC). Os dados foram submetidos a análise de variância, e quando significativos esses foram ajustados de acordo com modelos de regressão linear (quando utilizados). Os modelos foram selecionados com base no maior coeficiente de determinação e menor quadrado médio dos desvios. Para os fatores qualitativos, os tratamentos foram comparados por meio do teste de Tukey. De acordo com a natureza dos dados de cada ensaio, transformações dos dados foram feitas, quando necessárias, de acordo com as recomendações existentes no âmbito da estatística aplicada.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Transmissão de *Septoria glycines* em plantas de soja cultivadas em condições controladas

Os resultados do ensaio de inoculação de plantas de soja realizada em diferentes estádios de desenvolvimento, expressos na Figura 1, demonstram que *Septoria glycines* é um fungo capaz de ser transmitido, em níveis variados e elevados, de plantas infectadas às sementes da cultivar 95R50IPRO, em cultivo sob condições controladas. A transmissão do patógeno ocorreu em todos os estádios de desenvolvimento utilizados na inoculação das plantas (Figuras 1 e 2) com variações de acordo com essas circunstâncias.

Os valores percentuais da taxa de transmissão foram maiores em plantas inoculadas por meio da aplicação do inóculo via aspersão de uma suspensão de conídios. Em média essa superioridade foi de 12,87% em relação ao método de fermento proporcionado pelo Palito. Nota-se também que os maiores valores da taxa de transmissão do patógeno ocorreram nos estádios mais avançados de desenvolvimento das plantas, compreendidos entre R3 e R6. Nessas condições, as sementes já se encontram próximas da fase de maturação fisiológica, o que constitui um fator que predispõe os tecidos das vagens ao parasitismo mais intensivo pelo patógeno. Por se tratar de um fungo necrotrófico, estima-se, portanto, que sob condições favoráveis de umidade e temperatura a colonização dos tecidos das vagens já em fase de maturação avançada seja um fator que facilite o acesso do patógeno às sementes formadas no interior dessas vagens.

Segundo Hartman *et al.* (2015), o patógeno *S. glycines* geralmente infecta as plantas nos estágios V2 para o V3. Já Lin e Madeiros (2021), assim como neste trabalho, comprovaram, através de análise de PCR em tempo real, que a maior concentração de *S. glycines* nas plantas inoculadas ocorreu nos estágios R2 e R3. Assim como a *S. glycines*, vários patógenos, como *Cercospora kikuchii*, *Cercospora sojina* e *Colletotrichum truncatum*, têm sido relatados no estágio V1, R4/R5 até R7.

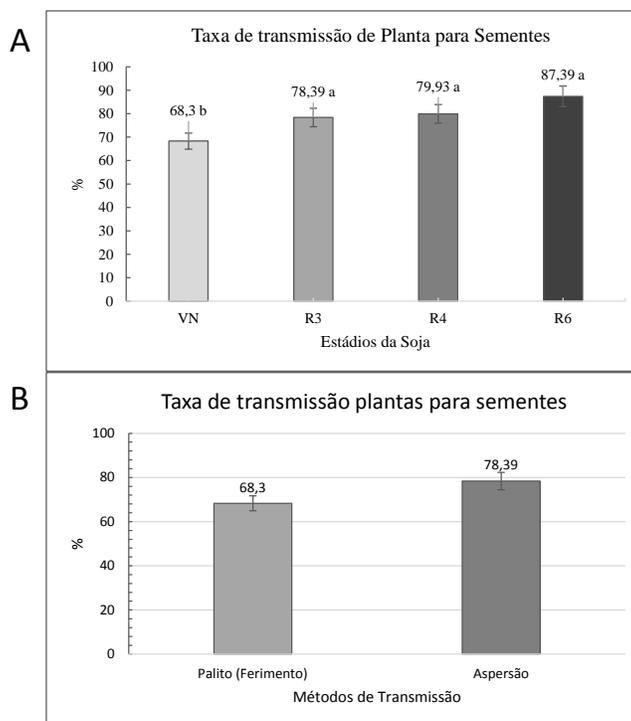


Figura 1. Taxa de transmissão de *Septoria glycines* nas sementes de soja oriundas de plantas inoculadas. Gráfico A: Estádios de desenvolvimento da soja; Gráfico B: Método de inoculação em substituição a transmissão e taxa de transmissão de planta para sementes.

Importante também salientar que, por meio do teste de sanidade aplicado às sementes colhidas das plantas inoculadas, fica evidenciado que o fungo presente nas sementes por ocasião de seu exame microscópico (Figura 2, foto M) encontrava-se viável com a formação de estruturas típicas da espécie, e isso constitui bases para se entender que a partir daí o organismo tenha condições de prosseguir como agente infeccioso em novos ciclos da doença.

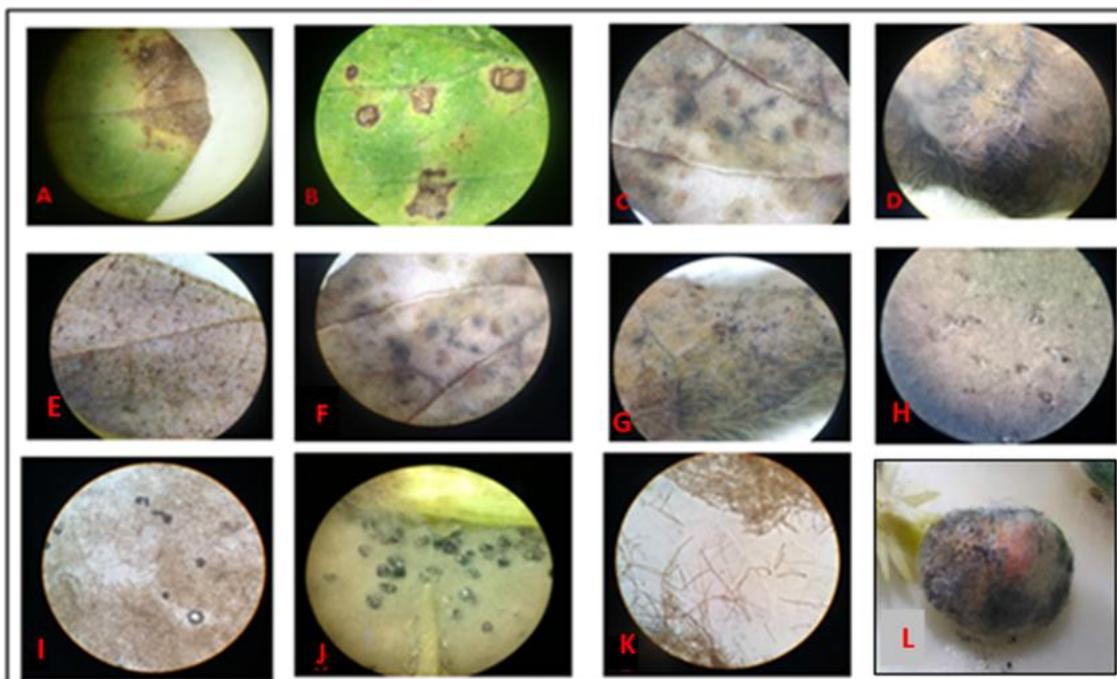


Figura 2. Observações aos microscópios estereoscópico (resolução de 40X) e ótico (resolução de 44X) de sintomas e estruturas responsáveis pela colonização de *Septoria glycines* em soja. Manchas características da infecção por *S. glycines*, em folhas de plantas inoculadas (A, B, C, D, F, G e H). Formação de picnídios em folhas e sementes (I, K e M) e formação de hifas e conídios nas placas, contendo BDA, utilizadas para isolamentos (J e L).

A elevada severidade e incidência da septoriose indica a alta eficácia dos procedimentos de inoculação adotados neste trabalho. Podem ser consideradas elevadas indicando o sucesso das metodologias de inoculação utilizadas neste trabalho. De acordo com a literatura, o período de incubação pode variar de acordo com o hospedeiro e outros fatores. Por se tratar de um patossistema pouco estudado nas condições brasileiras, entende-se que os estudos sobre a relação de *S. glycines* com as plantas de soja precisam ser explorados com mais profundidade.

#### **4.2 Avaliação dos efeitos e transmissão de *Septoria glycines* em plantas de soja, oriundas de sementes inoculadas, cultivadas em ambiente controlado**

O primeiro impacto da presença de *S. glycines* no desempenho das sementes infectadas por esse patógeno é evidenciado pelos dados de germinação das sementes

avaliada pelo teste padrão em laboratório (Figura 3A). Nota-se que o percentual de germinação das sementes de soja inoculadas apresentou um decréscimo na proporção inversa dos níveis de inóculo adotados neste estudo. As percentagens médias de germinação das sementes inoculadas foram de 97, 96, 94 e 88% para os níveis de inóculo NI24, NI48, NI72 e NI96. A germinação média de sementes não inoculadas foi de 98% (Figura 2). Por esses resultados, chama atenção a baixa atuação relativa do patógeno sobre a germinação das sementes nos baixos níveis de inóculo, NI24, NI48 e NI72 utilizados neste ensaio. Vale ressaltar que para um grande número de patossistemas já estudados por meio desse modelo de metodologia, casos de *Colletotrichum truncatum*, *Phomopsis sojae*, *Fusarium pallidoroseum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, entre outros, os efeitos dos patógenos a partir de sementes são mais pronunciados do que no presente caso. Esse tipo de relação biológica pode variar de acordo com diversos fatores, como resistência genética do hospedeiro e variabilidade do patógeno.

Pelos resultados do teste de sanidade de sementes, Figura 3B, foi possível observar um incremento proporcional aos percentuais de incidência de *S. glycines* nas sementes examinadas em relação aos níveis de inóculo utilizados neste estudo. Da mesma forma como ocorreu com germinação, os níveis de incidência do fungo nas sementes inoculadas foram relativamente inferiores aos níveis registrados para a maioria de outros patossistemas já estudados nessa mesma linha de pesquisa. Chama a atenção o fato de que, mesmo na exposição das sementes ao inóculo do patógeno por um período de 96 horas, o nível de incidência do patógeno não ultrapassou o percentual de 45%. Esse padrão de interação entre o patógeno e sementes da cultivar utilizada neste trabalho evidencia uma coerência com os resultados observados nas avaliações de germinação das sementes em laboratório. Provavelmente um período mais longo de exposição das sementes às colônias do fungo por ocasião da inoculação em substrato contendo manitol como restritor hídrico deve elevar o grau de atuação do patógeno sobre a germinação das sementes.

Pelos resultados de sanidade, ao contrário da germinação padrão, observou-se que houve um aumento na porcentagem de incidência a partir de 24 horas de exposição das sementes ao patógeno. Quando expostas ao nível de 96 horas, observa-se uma incidência média de aproximadamente 45%.

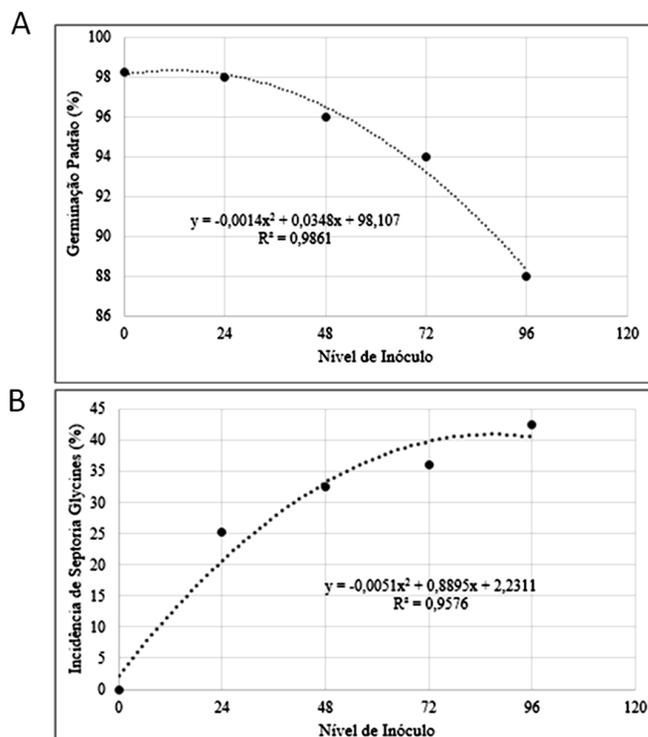


Figura 3. A: Porcentagem de germinação padrão e B: Incidência de *Septoria glycines* nas sementes com diferentes níveis de inóculo do patógeno.

Com base nos resultados em análise, foi possível verificar que a presença do patógeno *S. glycines* em sementes de soja, artificialmente inoculadas, assim como em outros resultados já descritos na literatura, a presença de patógenos nas sementes constitui um fator negativo no desempenho dessas, causando reduções significativas do poder germinativo e aumento da incidência (ARAÚJO e SUASSUANA, 2003; FREITAS, 2006; SIQUEIRA *et al.*, 2014).

Pelas avaliações realizadas em casa de vegetação, cujos resultados estão sumarizados nas Figuras 4 e 5, observou-se que para os estandes houve diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) na interação temperatura x nível de inóculo. No estande inicial houve maior influência da temperatura no ambiente de cultivo, sendo observada maior porcentagem de plantas emergidas na temperatura de 25°C. Em relação aos níveis de inóculo, observa-se que não houve diferença significativa quando comparados entre si. Resultados opostos foram observados para plantas emergidas em condições de temperatura mais baixa, 20°C. Os valores de estandes foram menores quando comparados a temperatura

de 25°C, havendo nesse ambiente diferença entre os níveis de inóculo, ou seja, o estande das plantas foi menor na proporção inversa do nível de inóculo. Verifica-se que o número médio de plantas emergidas a 20°C foi de 80% na testemunha e de 40% no maior nível de inóculo utilizado neste estudo.

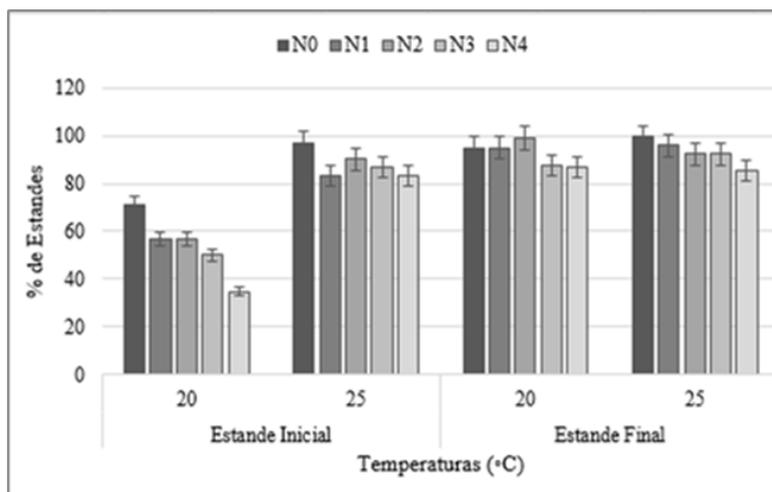


Figura 4. Valores percentuais médios de estandes (inicial e final) de soja, em função de diferentes níveis de inóculo de *S. glycines* e temperaturas de cultivo (20°C e 25°C)(UFLA, Lavras, MG, 2021).

A população de plantas de inúmeras espécies vegetais pode ser influenciada por diferentes fatores ligados à luz, temperatura, umidade e incidência de patógenos, sendo estes fatores inibidores de germinação e responsáveis por provocar dormência ou até mesmo morte das sementes (CARDOSO, 2009).

O nível de inóculo representado pelo tempo de exposição das sementes ao patógeno sob condições controladas afetou diretamente o número de plantas emergidas. Henneberg (2011) deixa claro que a germinação e o desenvolvimento das plantas não dependem apenas dos fatores externos, como os ambientais e bióticos, mas também por fatores relacionados ao patógeno como patogenicidade, agressividade e potencial de inóculo e ao hospedeiro como a suscetibilidade/resistência, mecanismos de resistência, entre outros.

Neste estudo ficou claro que *S. glycines* foi capaz de infectar e causar efeitos danosos no vigor das sementes de soja em função de diferentes potenciais ou níveis de inóculo. Esse fato tem sido amplamente demonstrado para alguns patossistemas como foi

demonstrado por Machado *et al.* (2001) e Frontas (2013) para o patossistema *Sclerotinia sclerotiorum* e soja.

Os resultados referentes a vigor, representado por índice de velocidade de emergência (IVE) das sementes da soja inoculadas com *S. glycines* (Figura 5), mostraram significância estatística entre tratamentos representados por diferentes temperaturas ( $P \leq 0,05$ ); os valores dessa variável foram maiores em condições de cultivo da soja na temperatura de 25°C em comparação a 20°C. A média de IVE a 25°C foi de 1,2 enquanto a 20°C foi de 0,8.

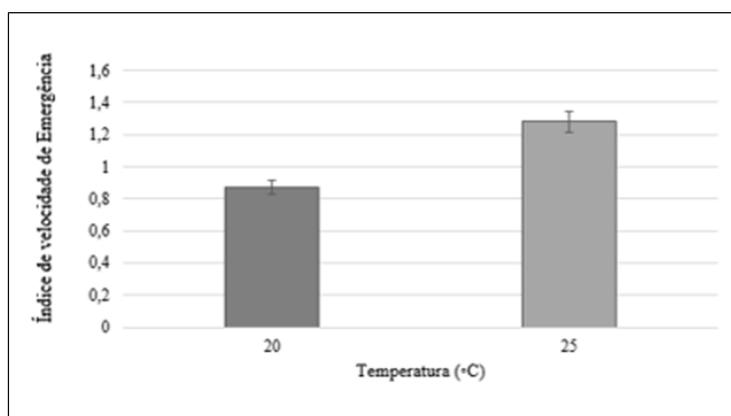


Figura 5. Valores de índice de velocidade de emergência das sementes da soja inoculadas com *S. glycines*, com cultivos em diferentes temperaturas (UFLA, Lavras, MG, 2021).

Em relação à altura das plantas (Figura 6), verifica-se que houve diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) em relação à temperatura e aos níveis do inóculo utilizados neste estudo. Em ambiente com temperatura de 25°C as plantas apresentaram em média uma maior altura em comparação ao cultivo a temperatura mais baixa, 20°C. Além da temperatura, os diferentes níveis do inóculo influenciaram diretamente a altura de plantas, e os valores médios dessa variável foram menores no nível de inóculo mais elevado, NI96. Houve um efeito crescente provocado pelo patógeno em ambas as temperaturas de cultivo, proporcional aos níveis de inóculo utilizados neste estudo.

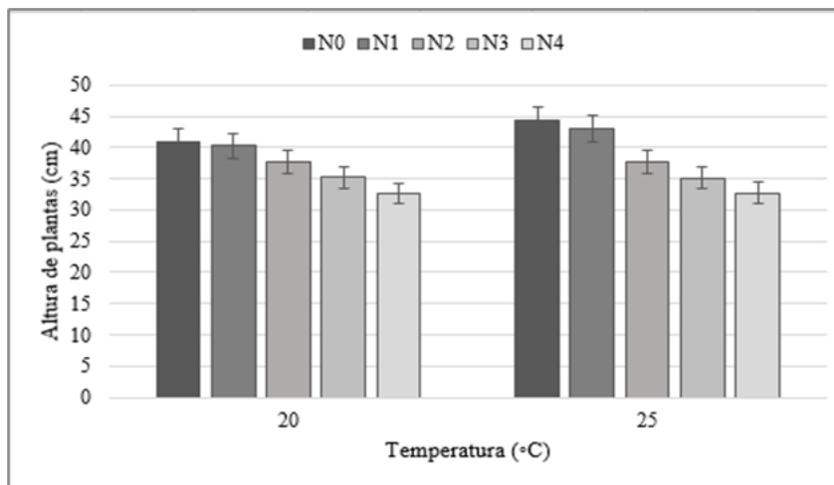


Figura 6. Valores médios de tamanho (altura) das plantas de soja em função de diferentes níveis de inóculo de *S. glycines* sob diferentes temperaturas de cultivo (20°C e 25°C) de cultivo(UFLA, Lavras, MG, 2021).

Assim como ocorreu com a altura, o peso de plantas frescas (Figura 7) apresentou diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) em relação à temperatura e níveis do inóculo de *S. glycines*. As plantas que se desenvolveram em temperatura de 25°C apresentaram, em média, maior peso de plantas frescas em comparação às plantas desenvolvidas a temperatura de 20°C. Já em relação ao peso de plantas secas não houve diferenças significativas nas variáveis utilizadas. Além dos efeitos da temperatura sobre diferentes níveis de potencial de inóculo do patógeno, também se observou influência direta no peso das plantas frescas. Nos tempos de exposição de 24, 48, 72 e 96 horas houve queda do peso fresco de plantas em ambas as temperaturas utilizadas no estudo. As plantas crescidas a 25°C apresentaram uma média de peso de 45 a 25 gramas (no tempo de exposição de 0 a 96 horas, respectivamente), na temperatura de 20°C os valores médios de peso variaram de aproximadamente 30 a 25 gramas.

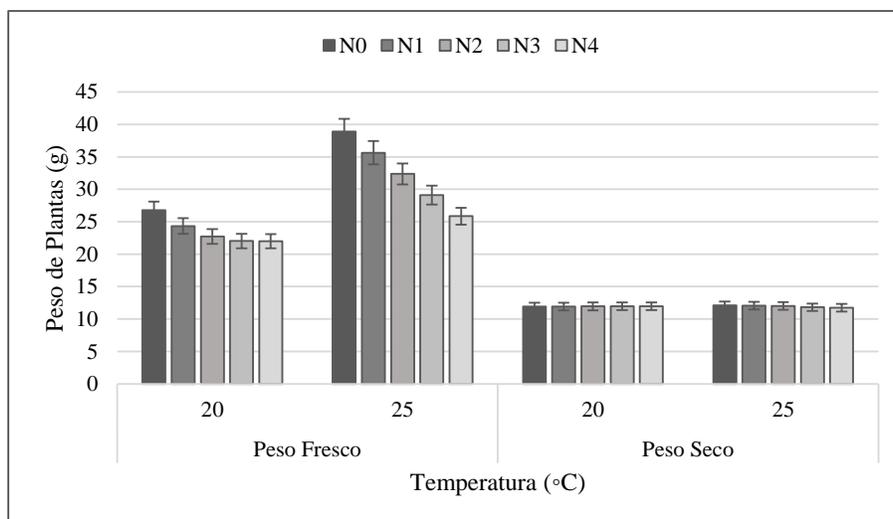


Figura 7. Valores médios de pesos das plantas (fresco e seco) da soja em função de diferentes níveis de inóculo de *S. glycines* em cultivo sob diferentes temperaturas.

Embora alguns autores relatam que a temperatura ótima para o desenvolvimento da septoriose gira em torno de 25°C, os danos causados por essa doença podem ocorrer com alta severidade em condições de temperatura na faixa de 15 a 30°C, mediante a interferência de outros fatores bióticos e abióticos (HARTMAN *et al.*, 2015).

#### 4.2.1 Índice de doença/dano das plantas de soja

O índice de doença/dano (ID), que representa e engloba os danos típicos da doença e os danos indiretos resultantes da ação do patógeno no desenvolvimento das plantas infectadas, mostra que a septoriose é um fator que pode causar danos significativos à soja a partir do inóculo inicial presente nas sementes. Os valores de ID foram diretamente proporcionais aos aumentos do nível de inóculo nas sementes (Figura 10). De forma análoga ao que ocorreu com outras avaliações de efeitos do fungo no desempenho da soja, os índices de doença/dano avaliados neste trabalho podem ser considerados relativamente baixos em relação a outros patossistemas. Esse fato comprova de certa forma que a doença e os danos causados por *S. glycines* ocorrem no final de ciclo das plantas de soja, principalmente nos estádios R1 a R7 (LIN *et al.*, 2020, 2021).

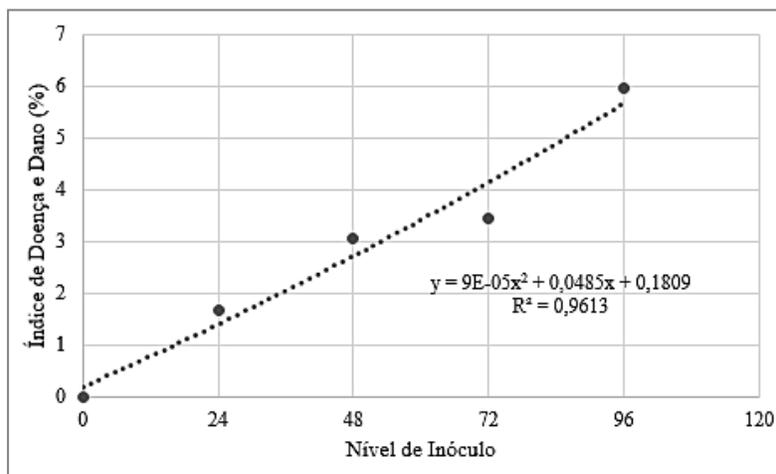


Figura 8. Valores de índice de doença/dano causados por *S. glycines*, a partir de diferentes níveis de inóculo em sementes de soja.

Investigações feitas por Orth (1994) e Lavilla *et al.* (2021) com fungos responsáveis por causar doença no final do ciclo da soja, demonstraram que incidência e severidade nas folhas tinham relação positiva com o complexo de fungos do final de ciclo da soja. O fato é que esses autores não atribuíram os danos a um só fungo.

As taxas de índice de doença/dano registradas neste estudo na fase inicial de desenvolvimento das plantas de soja indicam que a presença de *S. glycines* em associação com sementes dessa cultivar representa um alto risco no cultivo em foco, podendo esse patógeno reduzir a germinação, estabelecer no ambiente do cultivo e, conseqüentemente, afetar a produção, além de diversos outros efeitos negativos que podem resultar da ação do patógeno advindo das sementes (LAVILLA *et al.*, 2021).

Vale salientar que as sementes portadoras de patógenos resulta quase sempre na introdução de doenças em áreas novas, ou mesmo provoca a reintrodução em áreas cultivadas. A transmissão via semente proporciona, na lavoura, uma distribuição ao acaso de focos primários de doenças, sendo que o processo infeccioso geralmente ocorre nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta. Além disso, a frequente introdução de patógenos pelas sementes tende a aumentar a incidência de doenças já existentes numa área.

#### 4.2.2 Avaliação da taxa de transmissão de *Septoria glycines* a partir de sementes inoculadas, em condições controladas

A análise estatística das taxas de transmissão de *S. glycines* no presente estudo não mostrou interação tripla significativa ( $p \leq 0,05$ ). Importante lembrar que a taxa de transmissão total do patógeno é o somatório das taxas de transmissão em plantas sintomáticas, assintomáticas e morte em pré-emergência de sementes/plântulas, entretanto, neste trabalho não se observou a morte em pré-emergência de sementes/plântulas, nem o aparecimento de sintomas típicos de *S. glycines* nas plantas emergidas de sementes inoculadas. Os resultados deste estudo demonstram que a transmissão de *S. glycines* ocorre tanto em ambiente com temperatura de 20°C quanto a 25°C. As taxas de transmissão do patógeno a partir de sementes infectadas foram crescentes e diretamente proporcionais aos níveis de infecção NI48, NI72 e NI96 do fungo nas sementes (Figura 8). As taxas médias de transmissão do patógeno neste estudo foram de 6, 12 e 14%, nos três níveis de inóculo do fungo, respectivamente.

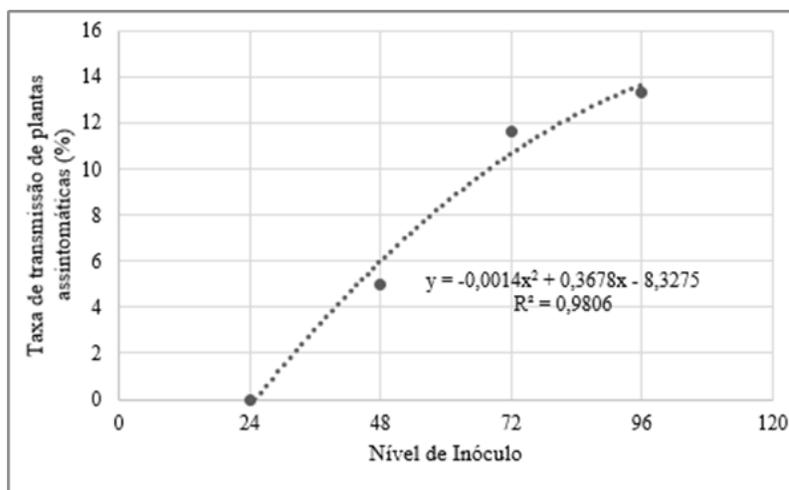


Figura 9. Taxas de transmissão de *S. glycines* em plantas assintomáticas de soja em função de diferentes níveis de inóculo inicial nas sementes.



Figura 9: Fragmentos de soja com frutificações de *Septoria glycines* em ensaio de transmissão do fungo a partir das sementes inoculadas.

A transmissão do isolado de *S. glycines* neste estudo foi observada em plântulas assintomáticas por meio de isolamento do fungo via plaqueamento e incubação de fragmentos de plântulas/plantas oriundas do teste de emergência.

A taxa de transmissão total de *S. glycines* em plantas assintomáticas demonstrou que a exposição das sementes ao inóculo do patógeno em diferentes níveis foi capaz de infectar os órgãos das plantas e assim constituindo-se em uma fonte de inóculo para um novo ciclo da doença em campos de cultivo. Para outros estudos nessa mesma linha de pesquisa com outros patógenos em soja, como *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum truncatum*, *Fusarium pallidoroseum*, *Phomopsis sojae* etc., observou-se que o nível crescente de inóculo nas sementes, bem como temperaturas de cultivo, genótipos dos hospedeiros e variabilidade do próprio patógeno, são fatores que podem condicionar essa relação entre patógeno e desempenho das sementes. No presente estudo, ficou claro o alto potencial de *Septoria glycines* presente nas sementes de soja, mas os estudos devem prosseguir para que o conhecimento sobre as relações do fungo com as sementes de soja seja ampliado e melhor consolidado. A natureza de parasitismo de *Septoria glycines* em relação à estrutura de vagens de soja em formação e já amadurecidas deve ser investigada com profundidade.

## 5 CONCLUSÕES

*Septoria glycines* é um fungo capaz de ser transmitido de planta para semente a partir de infecções em todos os estádios de desenvolvimento da soja avaliados neste trabalho, VN, R3, R4 e R-6, sendo o estádio R6 o mais susceptível, apresentando os maiores níveis de transmissão e incidência do fungo, em ambiente com temperaturas em torno de 25°C.

A presença de *Septoria glycines* em sementes de soja (*G. max*) em diferentes níveis de inóculo resultou em transmissão do fungo a plantas emergidas e não emergidas em diferentes intensidades, com influência significativa da temperatura de cultivo em condições controladas. As taxas de transmissão do fungo a partir de sementes de soja foram mais elevadas no maior nível de inóculo inicial do patógeno e na temperatura de 25°C.

Chama a atenção neste trabalho os baixos valores das variáveis utilizadas para avaliar as relações de *S. glycines* com sementes de soja em comparação com outros estudos realizados com outros patógenos de soja em condições metodológicas padrões similares a este estudo.

Este estudo constitui o primeiro registro de demonstração da transmissão de *S. glycines* de plantas às sementes e de sementes às plantas de soja no Brasil. Vale ressaltar que para um melhor entendimento sobre as intensidades de transmissão efeitos do referido patógeno em relação às sementes de soja, é preciso a condução de novos ensaios que levem em consideração outros fatores, como resistência genética do hospedeiro, variabilidade do patógeno, natureza do parasitismo do patógeno e condições edafoclimáticas naturais predominantes nas diferentes regiões produtoras de soja no país, dentre outros.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.M.R. *et al.* Horizontal and vertical droplet dispersion mimicking soybean – *Septoria glycines* pathosystem. **European Journal of Plant Pathology**, v. 154, p. 437-443, 2019. DOI: 10.1007/s10658-019-01667-5.2019.

ALMEIDA, A.M.R. Reação de cultivares e linhagens de soja a *Septoria glycines*. Resultado de Pesquisa. Embrapa. 1980.

ALMEIDA, A.M.R. Observação de resistência parcial a *Septoria glycines* em soja. **Fitopatologia Brasileira**, V26, n2, p.214-216. Brasília. 2001.

ARAÚJO, A.E.; SUASSUANA, N.D. Guia de identificação e controle das principais doenças do algodoeiro no Estado de Goiás. Campina Grande: Fundação Goiás. 40 p. (Documentos, 113). 2003.

BANDARA, A.Y. *et al.* Dissecting the economic impact of soybean diseases in the United States over two decades. **PloS one**, v. 15, n. 4, p. e0231141, 2020.

BOGRIN, R. L. **Mapeamento de genes de resstencia á ferrugem e de QTLs envolvidos na resistência á septoriose em soja.** Tese de doutorado Universidade de São Pablo. Brasil.2005.

BOTELHO, L.S.*et al.* Performance of common bean seeds infected by the fungus *Sclerotinia sclerotiorum*. **Journal of Seed Science**, v.35, n.2, p.153-160. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes.** Brasília, DF, BR: MAPA/ACS. 2009a. 399p.  
[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/2946\\_regras\\_analise\\_\\_sementes.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise__sementes.pdf).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de defesa Agropecuária. **Manual de Análise Sanitária de Sementes.** Brasília, DF, BR: MAPA/ACS. 1 ed., 2009b. 200p. [http://www.bs.cca.ufsc.br/publicacoes/manual\\_analises\\_sanitarias.pdf](http://www.bs.cca.ufsc.br/publicacoes/manual_analises_sanitarias.pdf).  
BROGIN, R.L. **Controle genético da resistência da soja a mancha parda (*Septoria glycines*).** M.S. Thesis. Universidade Estadual de Londrina, Londrina.2001.

CARDOSO, V.J.M. Conceito e classificação da dormência em sementes. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 619-631, 2009.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). **Perspectivas para a agropecuárias.** Vol.5-Safra 2017/18.Brasilia.2017.pp 97.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).2018. Soja. Safra 2018/19.Brasilia.2018.pp 97 Disponível em:<[file:///C:/Users/Aquiles/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge\\_8wekyb3](file:///C:/Users/Aquiles/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3)

d8bbwe/TempState/Downloads/ConjunturaZmensalZdeZsojaZmaioZ2018.pdf>. Acesso em: 17 maio 2020.

CROUSPW, SC; HYDEKD, W;GUEIDANC, ET. Phylogenetic lineages in the Capnodiales. **Studies in Mycology** 64: 17–47.2009.

CUASAPAZ, P. Los 10 cultivos más importantes del mundo.2016.Disponível em: <https://www.agroprod.com/informacion/los-10-cultivos-mas-importantes-del-mundo/>. Acesso em: 17 maio 2020.

DISTEFANO, S. *et al.* Enfermedades de soja: ¿qué vimos en la campaña 2016/17? .Instituto Tecnológico de Agropecuario (INTA). Informe de Actualización Técnica en línea N° 9 -. 2017.16pp.ISSN 2469-2042.

EMBRAPA. EMBRAPA SOJA: Soja em números (safra 2020/21). Disponível: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 17 junho 2021.

EMBRAPA. Sistemas de Produção Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil. Doenças e medidas de controle. Londrina,2011. 198p-202p.

Facultad de Agronomía , Universidad de Buenos Aires (Fauba).Mancha marron de la soya. *Septoria Glycines*.2020. Disponível: [http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page\\_id=567](http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=567).Acessoem: 17 junho 2020.

FREITAS, M. **Variabilidade, danos e detecção de *Stenocarpella maydis* e *Stenocarpella macrospora* em sementes de milho**. 182 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

FRONTAS, G. **Detecção, transmissão e controle de *Sclerotinia sclerotiorum* associado a sementes de soja**. 2013Disponível:<https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADO-AGRONOMIA/Tese%20Graziele%20Frotas%20dos%20Reis.pdf>. Acesso em: 02 novembro 2021.

FUNDAÇÃO RIO VERDE. Fundação de Apoio à Pesquisa e Desenvolvimento Integrado Rio Verde. Resultados de Pesquisa Safra 2008-09, 2009. **Boletim Técnico** n° 17. 2009.

GARCIA, J. **Record máximo en consumo y comercio en el sector de la soja 2017/18: España primer consumidor e importador de soja de la UE**. Disponível em: <https://www.agrodigital.com/wp-content/uploads/2018/01/sojaen18.pdf>. Acesso em:02 novembro 2021.

GODOY,C. *et al.* Doenças da Soja. SOCIEDADE BRASILEIRA DE FITOPATOLOGIA (SBF). Congresso de Fitopatologia Brasil.2014.

GUAN, J. *et al.* Using high-resolution satellite images to assess soybean yield losses caused by leaf blight in Argentina [abstract]. **APS Annual Meeting**, Anaheim, CA, United States. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO.2004.94.6.S156>.

HARTMAN G.L. *et al.* Compendium of soybean diseases and pests. 5th ed. St. Paul (MN): **The American Phytopathological Society**. 2015.

HENNEBERG, L. **Eficiência de métodos para detecção de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary em sementes de soja**. 73 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2011. 73p.

IVANCOVICH, A. **Diagnóstico y manejo de enfermedades en soja [Presentación en conferencia]**. IV Curso de diagnóstico y manejo de enfermedades de soja, Pergamino, Argentina. 1998.

IVANCOVICH, A. *et al.* **Prevalencia y severidad de la mancha marrón de la soja causada por *Septoria glycines* en el norte de la provincia de Buenos Aires**. Universidad Nacional de Tucumán. 2018.

IVANCOVICH, A; BOTTA, G. **Enfermedades de final de ciclo de la soja**. INTA. Argentina. 2003. Disponível: [http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/100/misc100\\_15.pdf](http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/100/misc100_15.pdf). Acesso em: 17 junho 2020.

KUGLER, W. **Problemas sanitários relacionados a la germinacion de la semilla de soja a campo**. 2015. Disponível: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_pergamino\\_patogenos\\_de\\_semillas\\_de\\_soja.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_patogenos_de_semillas_de_soja.pdf). Acesso em: 17 junho 2020.

LAVILLA, M ; IVANCOVICH, A. **Relación entre enfermedades y rendimiento de granos de soja**. Agronomía Mesoamericana, vol. 32, núm. 2, pp. 479-486, Universidad de Costa Rica. 2021.

LAVILLA, M. *et al.* **Evaluación del tizón foliar y la mancha púrpura en semilla de soja en Argentina**. 2021 Disponível: [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v32n02\\_619.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v32n02_619.pdf). Acesso em: 05 novembro 2021.

LAVILLA, M. *et al.* **Estudios patométricos del tizón foliar por *Cercospora* causado por *Cercospora kikuchii* en soja en el norte de la provincia de Buenos Aires**. Universidad Nacional de Tucumán. 2018.

LAVILLA, M. *et al.* **Umbral de daño económico para el tizón foliar por *Cercospora* causado por *Cercospora kikuchii* en soja**. **MERCOSOJA**. 2019.

LIN, H, A. *et al.* **Characterization of *Septoria* brown spot disease development and yield effects on soybean in Illinois**. **Canadian Journal of Plant Pathology**, 43:1. 2021. p62-p72, DOI: 10.1080/07060661.2020.1755366. 2021.

LIN, H.A ; MADEIROS, S.X. Accurate quantification and detection of *Septoria glycines* in soybean using quantitative PCR. Department of Crop Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign, Champaign, IL, 61820, United States. 2021.

LITARDO, M. Enfermedades en semillas de soja. 2014. Disponível:  
<http://www.patologiavegetal.unlu.edu.ar/?q=node/46> Acesso em: 17 junho 2020  
 LUZZARDI, G.C. *et al.* Mancha castanha da soja. Uma doença no Brasil. IPEAS.  
**Indicação de pesquisa** 8:1-3. 1972.

MACHADO, J. *et al.* Inoculação artificial de sementes de soja por fungos, utilizando solução de manitol. 2001 Disponível:  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_pergamino\\_patogenos\\_de\\_semillas\\_de\\_soja.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_patogenos_de_semillas_de_soja.pdf).  
 Acesso em: 05 novembro 2021.

MACHADO, J.C. *et al.* Uso da técnica de restrição hídrica ou condicionamento osmótico em patologia de sementes. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.20, p.37-63, 2012.

MACNEILL, Blair H.; ZALASKY, Harry. Histological study of host–parasite relationships between *Septoria glycines* Hemmi and soybean leaves and pods. **Canadian Journal of Botany**, v. 35, n. 4, p. 501-505, 1957.

MANANDHAR, J *et al.* Interaction between pathogenic and saprobic fungi isolated from soybean roots and sedes. 9 Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, Dordrecht - Printed in the Netherlands. **Mycopathologia** 98..p69-p75. 1987.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Manual de Análise Sanitária de Sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa. 2009.

ORTH, C. E. Resistance of 17 soybean cultivars to foliar, latent, and seed Infection by *Cercospora kikuchii*. **Plant Disease**, 78(7), Article 661. <https://doi.org/10.1094/pd-78-0661>. 1994.

PEREIRA, C. Fungos em Sementes de Soja: Detecção, Importância e Controle. 2005. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15443528.pdf>. Acesso em: 17 junho 2021.

PEREIRA, C. Fungos em Sementes de Soja: Detecção, Importância e Controle. 2ª edição revista e ampliada. 2018. Disponível em:  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184748/1/LIVRO-DOENCAS-FINAL.pdf> Acesso em: 17 junho 2021.

PICCOLI, E. A importância da soja para o agronegócio: Uma análise sob o enfoque do aumento da produção de agricultores no Município de Santa Cecília do Sul. 2018. Disponível em:  
<https://www.fatrs.com.br/faculdade/uploads/tcc/d464ec1e2f2c450aa33bb0e990b54878.pdf>.  
 Acesso em: 17 junho 2021.

PLOPER, L.D. Management of economically important diseases of soybean in Argentina. **World Soybean Research Conference**.1999.

QUAEDVLIEG, W.*et al.* Sizing up *Septoria*. **Studies in Mycology** 75: 307–390. Copyright CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre.2013.

QUAEDVLIEG, W.*et al.*Sizing up *Septoria*. CBS-KNAW **Fungal Biodiversity Centre**, P.O. Box 85167, 3508 AD Utrecht, The Netherlands.2013.

RICHARDSON, Michael John. *An annotated list of seed-borne diseases*. No. 3. ed.. **Commonwealth Mycological Institute**, 1979.

SIQUEIRA, C. S. *et al.* Effects of *Stenocarpella maydis* in seeds and in the initial development of corn. **Journal of Seed Science**, Lavras, v. 36, n. 1, p. 7986, nov. 2014.  
TEIXEIRA, H; MACHADO, J.C. Transmissibilidade e efeito de *Acremonium strictum* em sementes de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.5, p.1045- 1052, 2003.

United States Department of Agriculture (USDA). Oilseeds: World Markets and Trade. USDA. Estados Unidos de América.2016. 36 p.

VALLONE, S; GIORDA, L.M. Enfermedades de la soja en la Argentina. **Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria**.1997.

VERKLEY, G, M. *et al.* *Mycosphaerella punctiformis* revisited: morphology, phylogeny, and epitypification of the type species of the genus *Mycosphaerella* (Dothideales, Ascomycota). **Mycological Research**..p108: p1271–p1282. 2004.

VERKLEY, G.J.; PRIEST, M.J. *Septoria* and similar coelomycetous anamorphs of *Mycosphaerella*. **Studies in Mycology**.45p: 123p–128p. 2000.

VILLON, K, U. Comportamiento agronómico de genotipo de soja (*Glycine max* l), provenientes de la variedad de iniap 307 en manglaralto provincia de santa Elena. 2017. Disponible em: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4233/1/UPSE-TIA-2017-044.pdf> .Acesso em: 4 de novembro 2021.

WRATHER, A; KOENNING, S. Effects of diseases on soybean yields in the United States 1996 to 2007. **Plant Health Progress**, 10(1), Article 401.

WRATHER, J.A. *et al.* Soybean disease loss estimates for the top ten soybean-producing countries in 1998. **Canadian Journal of Plant Pathology**, 23(2),.p115-p121. 2001.

YBRAN, R; LACELLI, G. Informe estadístico mercado de la soja. **INTA**. 2005. Disponible em: <https://www.agrodigital.com/wp-content/uploads/2018/01/sojaen18.pdf> Acceso em: 20 agosto 2020

ZÁRATE, J.F. **Evaluación de la aplicación de fungicidas en la severidad de las enfermedades de fin de ciclo en soja y su impacto en los rendimientos** [Tesis de grado, Universidad Nacional de La Plata]. Repositorio de la Universidad Nacional de La Plata.

2017. Disponível em:

[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/61016/Documento\\_completo\\_\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/61016/Documento_completo__.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 12 May 2021.