

UniRV- UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**INTERAÇÃO ENTRE *Pratylenchus brachyurus* E *Macrophomina*
phaseolina NA CULTURA DA SOJA**

JANE NUNES BUENO
Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS – BRASIL
2022

JANE NUNES BUENO

**INTERAÇÃO ENTRE *Pratylenchus brachyurus* E *Macrophomina phaseolina* NA
CULTURA DA SOJA**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para à obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2022**

Universidade de Rio Verde
Biblioteca Luiza Carlinda de Oliveira
Bibliotecário: Juatan Tiago da Silva – CRB 1/3158
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – (CIP)

B942i Bueno, Jane Nunes

Interação entre *Pratylenchus brachyurus* e *Macrophomina phaseolina* na cultura da soja. / Jane Nunes Bueno. – 2022.
49 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Hercule Diniz Campos.

Dissertação (Mestrado) — Universidade de Rio Verde - UniRV, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, 2022.

1. *Glycine max*. 2. Nematóide das lesões radiculares. 3. Podridão radicular.
I. Campos, Hercule Diniz. II. Título.

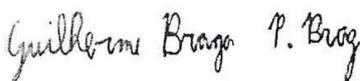
CDD: 633.34

ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE AUTORIA DE JANE NUNES BUENO

Aos vinte e um dias do mês fevereiro do ano de dois mil e vinte e dois, às dezessete horas, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora Prof. Dr. Hercules Diniz Campos (Orientador), Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz, Prof. Dr. Gustavo André Simon e Dr. Antônio Jussie da Silva Solino para, sob a presidência do primeiro e em sessão pública realizada por videoconferência na sala virtual zero oitenta e dois da plataforma Zoom para procederem à avaliação da defesa de dissertação intitulada “INTERAÇÃO ENTRE *Pratylenchus brachyurus* E *Macrophomina phaseolina* NA CULTURA DA SOJA”, em nível de **Mestrado**, área de concentração **Grandes Culturas**, de autoria de **JANE NUNES BUENO**, discente do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PPGPV) da UniRV – Universidade de Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Hercules Diniz Campos, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra foi concedida a autora da Dissertação para, em trinta minutos, proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu a discente tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Após a arguição, procedeu-se à avaliação da defesa de dissertação da discente, a qual foi **APROVADA** por unanimidade, considerando-se parte do requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM PRODUÇÃO VEGETAL** na área de concentração **Grandes Culturas** pela UniRV - Universidade de Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando cumpridas as normas contidas no regimento atual que regulamentam o PPGPV da UniRV. A Banca Examinadora determina a publicação dos artigos científicos oriundos dessa dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida às modificações sugeridas. Assim sendo esta Ata perderá a validade se não cumprida essas condições até sessenta dias de sua lavratura. Cumpridas as formalidades de pauta, às vinte horas, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação, e para constar eu, Rizzia Ribeiro Arantes, secretária do PPGPV, lavei a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em seis vias de igual teor.



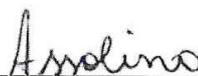
Prof. Dr. Hercules Diniz Campos
Presidente da Banca Examinadora
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Gustavo André Simon
Membro – FA/UniRV



Dr. Antônio Jussie da Silva Solino
Membro – Instituto Goiano de Agricultura - IGA

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me permitido concluir mais essa etapa na minha carreira profissional.

A Uni-RV, pela oportunidade de fazer parte do Programa de Pós-Graduação, me proporcionando ainda mais conhecimento.

Ao Prof. Dr. Hercules Diniz Campos, pela orientação, por todo conhecimento e incentivo transmitido a mim.

A Dr^a Lilianne Martins Ribeiro, pela coorientação, pelo incentivo e por me ajudar em todos os momentos que precisei sem hesitar.

A todos os amigos colaboradores da Campos Pesquisa Agrícola Ltda. (Roger, Ricardo, Fernando, Maira, Wanderson...) que também foram primordiais para o desenvolvimento desse trabalho.

A Campos Pesquisa Agrícola, pela concessão da bolsa de mestrado.

E por fim a minha família, e a todos que de certa forma contribuíram, para que mais esse passo pudesse ser concluído.

Deixo assim, os meus singelos e sinceros agradecimentos a todos vocês!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO GERAL.....	vii
GENERAL ABSTRACT.....	viii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Danos e Perdas ocasionados por fitopatógenos na cultura da soja.....	2
2.2 O gênero <i>Pratylenchus</i>	3
2.3 <i>Pratylenchus brachyurus</i>	4
2.3.1 Aspectos biológicos e sintomatologia.....	4
2.4 <i>Macrophomina phaseolina</i>	5
2.4.1 Aspectos biológicos e sintomatologia.....	6
2.5 Interação entre fitopatógenos.....	7
REFERÊNCIAS.....	8
CAPÍTULO 1 - DANOS EM PLANTAS DE SOJA INFECTADAS POR <i>Pratylenchus brachyurus</i> e <i>Macrophomina phaseolina</i> , SOB CONDIÇÕES DE CAMPO.....	13
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4 CONCLUSÕES.....	24
REFERÊNCIAS.....	25
CAPÍTULO 2 - INTERAÇÃO <i>Pratylenchus brachyurus</i> E <i>Macrophomina phaseolina</i> EM SOJA, SOB CONDIÇÕES DE CASA-DE-VEGETAÇÃO.....	26
RESUMO.....	26
ABSTRACT.....	27
1 INTRODUÇÃO.....	28
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.1 Preparo do inóculo e inoculação de <i>Pratylenchus brachyurus</i>	29

2.2 Preparo do inóculo e inoculação de <i>Macrophomina phaseolina</i>	30
2.3 Avaliações.....	30
2.4 Análise estatística.....	31
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4 CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS.....	36

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Ciclo de vida de <i>Pratylenchus</i> spp.....	5
FIGURA 2	Temperatura média e precipitação pluvial registradas durante o período de condução do ensaio, Rio Verde (GO), 2019.....	18
FIGURA 3	Relação populacional de <i>P. brachyurus</i> / gama de raiz, incidência de <i>M. phaseolina</i> aos 40 DAS (estádio V6/R1) e dano (percentual da redução de produtividade) em plantas de soja da cultivar M 7110 Ipro, em função da interação dos patógenos. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.....	24

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Tratamentos empregados no estudo para determinação de danos em plantas de soja infectadas por <i>Pratylenchus brachyurus</i> e <i>Macrophomina phaseolina</i> sob condições de campo. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.....	16
TABELA 2	Reprodução de <i>Pratylenchus brachyurus</i> (número de nematoides por grama de raiz, número de nematoides no solo e número total de nematoides) em plantas de soja aos 40 DAS, após aplicação dos produtos. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.....	19
TABELA 3	Reprodução de <i>Pratylenchus brachyurus</i> (número de nematoides por grama de raiz, número de nematoides no solo e número total de nematoides) em plantas de soja aos 70 DAS, após aplicação dos produtos. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.....	20
TABELA 4	Reprodução de <i>Pratylenchus brachyurus</i> (número de nematoides por grama de raiz, número de nematoides no solo e número total de nematoides) em plantas de soja aos 100 DAS, após aplicação dos produtos. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.....	20
TABELA 5	Eficácia relativa (% controle) em função do número de nematoides por grama de raiz aos 40, 70 e 100 DAS após aplicação de produtos sob condições de campo. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.....	21
TABELA 6	Incidência visual de <i>Macrophomina phaseolina</i> em plantas de soja coletadas aos 40, 70 e 100 DAS, em função da aplicação dos produtos para o controle da podridão cinzenta do caule sob condições de campo. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.....	22
TABELA 7	Eficácia relativa (% controle) em função da incidência aos 40, 70 e 100 DAS após aplicação de produtos no controle da podridão cinzenta do caule sob condições de campo. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.....	23
TABELA 8	Peso de mil grãos (g), produtividade (kg ha ⁻¹ e sacas ha ⁻¹) e incremento produtivo (sacas ha ⁻¹), após a utilização de tratamentos químicos e biológicos via sulco de plantio e/ou tratamento de semente. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.....	23

TABELA 9	Descrição dos tratamentos utilizados em função do momento de infestação, nos vasos contendo plantas de soja, com os patógenos. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.....	29
TABELA 10	Reprodução de <i>Pratylenchus brachyurus</i> (número de nematoides por grama de raiz, número de nematoides no solo e número total de nematoides) em plantas de soja aos 30 DAI. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.....	33
TABELA 11	Reprodução de <i>Pratylenchus brachyurus</i> (número de nematoides por grama de raiz, número de nematoides no solo e número total de nematoides) em plantas de soja aos 60 DAI. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.....	33
TABELA 12	Percentual de incidência e severidade visual de <i>Macrophomina phaseolina</i> em plantas de soja coletadas aos 30, 60 e 90 DAS. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.....	35

RESUMO GERAL

Bueno, Jane Nunes, M.S., Uni-RV – Universidade de Rio Verde, fevereiro de 2022.
Interação entre *Pratylenchus brachyurus* e *Macrophomina phaseolina* na cultura da soja.
Orientador: Prof. Dr. Hercules Diniz Campos. Coorientadora: Dra. Lilianne Martins Ribeiro.

Muitos fungos de solo são causadores de várias doenças radiculares nas culturas, principalmente quando associados a fitonematoídeos, resultando em uma interação, fungo-nematoíde, sinérgica e de alto potencial de danos às plantas. Na cultura na soja, sob condições de campo, tem-se observado que esse dano na planta é altamente significativo quando comparamos a ação aditiva dos dois patógenos em relação a ação isolada de cada um. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar efeitos da interação do nematoíde das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) e a podridão cinzenta da raiz (*Macrophomina phaseolina*) em soja. O trabalho foi dividido em duas etapas, sendo a primeira realizada em campo e a segunda sob condições de casa de vegetação. Na primeira etapa, o ensaio foi implantado no delineamento de blocos casualizados, constituído de 7 tratamentos em 5 repetições. Os tratamentos foram: Testemunha (sem aplicação); Abamectina + Abamectina (125 + 2000 ml ha⁻¹); Carbendazim + Thiram (200 ml ha⁻¹); Abamectina + Carbendazim + Thiram (125 + 200 ml em 100 kg de semente + 2000 ml ha⁻¹); *Trichoderma asperellum* (800 ml ha⁻¹); *Trichoderma harzianum* (1000 ml ha⁻¹) e *Trichoderma asperellum* + *Bacillus amyloliquefaciens* (800 + 4000 ml ha⁻¹). As aplicações foram realizadas via tratamento de sementes e/ou sulco de semeadura, conforme indicação do produto. Aos 40, 70 e 100 dias da semeadura avaliou-se massa fresca de parte aérea e raiz, população do nematoíde e incidência de *M. phaseolina*, massa de mil grãos e produtividade. Na segunda etapa, o ensaio foi conduzido utilizando o delineamento inteiramente casualizado, constituído de 10 tratamentos em 5 repetições. Os tratamentos avaliados foram: Testemunha sem nematoíde (SN), Testemunha com nematoíde (CN), Sem nematoíde + Fungo (SN + F), Com nematoíde + Fungo na semeadura (CN + F), Nematoíde inoculado aos 7 dias após o Fungo (CN > 7 > F), Fungo inoculado 7 dias após o Nematoíde (F > 7 > N), Nematoíde inoculado 14 dias após Fungo (CN > 14 > F), Fungo inoculado 14 dias após o Nematoíde (F > 14 > N), Nematoíde inoculado na semeadura e o fungo inoculado no estágio fenológico R1 e apenas o Fungo inoculado no estágio fenológico R1. Foram avaliadas as variáveis: massa fresca de parte aérea e raízes, incidência de *M. phaseolina*, população do nematoíde e massa de mil grãos. Os resultados mostraram que aos 40 DAS os tratamentos (T2, T4, T5 e T7) reduziram a população do nematoíde, e que os tratamentos não tiveram efeito significativo quanto a incidência do fungo. Quanto à interação entre os patógenos a presença do fungo estimulou maior reprodução do nematoíde, isso foi observado também com o fungo, que na presença do nematoíde a severidade e a incidência foram mais expressivas.

Palavras-chave: *Glycine max*, nematoíde das lesões radiculares, podridão radicular.

ABSTRACT

Bueno, Jane Nunes, M.S., Uni-RV – Universidade de Rio Verde, fevereiro de 2022. **Interaction between *Pratylenchus brachyurus* and *Macrophomina phaseolina* in soybean crop.** Orientador: Prof. Dr. Hercules Diniz Campos. Coorientadora: Dra. Lilianne Martins Ribeiro.

Many soil fungi are the cause of various root diseases in crops, especially when associated with phytonematodes, resulting in a synergistic fungus-nematode interaction with high potential for plant damage. In soybean crop, under field conditions, it has been observed that this damage to the plant is highly significant when comparing the additive action of the two pathogens in relation to the isolated action of each. In this context, the objective of this work was to evaluate the effects of the interaction of the root lesion nematode (*Pratylenchus brachyurus*) and the gray root rot (*Macrophomina phaseolina*) in soybean. The work was divided into two stages, the first being carried out in the field and the second under greenhouse conditions. In the first stage, the trial was implemented in a randomized block design, consisting of 7 treatments in 5 replications. The treatments were: Witness (without application); Abamectin + Abamectin (125 + 2000 ml ha⁻¹); Carbendazim + Thiram (200 ml ha⁻¹); Abamectin + Carbendazim + Thiram (125 + 2000 + 200 ml ha⁻¹); *Trichoderma asperellum* (800 ml ha⁻¹); *Trichoderma harzianum* (1000 ml ha⁻¹) and *Trichoderma asperellum* + *Bacillus amyloliquefaciens* (800 + 4000 ml ha⁻¹). Applications were carried out via seed treatment and/or sowing furrow, as indicated by the product. At 40, 70 and 100 days after sowing, fresh weight of shoot and root, nematode population and incidence of *M. phaseolina*, thousand grain weight and yield were evaluated. In the second stage, the trial was conducted using a completely randomized design, consisting of 10 treatments in 5 replications. The treatments evaluated were: Control without nematode (SN), Control with nematode (CN), Without nematode + Fungus (SN + F), With nematode + Fungus at sowing (CN + F), Nematode inoculated 7 days after the fungus (CN > 7 > F), Fungus inoculated 7 days after Nematode (F > 7 > N), Nematode inoculated 14 days after Fungus (CN > 14 > F), Fungus inoculated 14 days after Nematode (F > 14 > N), Nematode inoculated at sowing and the fungus inoculated in the R1 phenological stage and only the Fungus inoculated in the R1 phenological stage. The following variables were evaluated: fresh mass of shoots and roots, incidence of *M. phaseolina*, nematode population and mass of a thousand grains. The results showed that at 40 DAS the treatments (T2, T4, T5 and T7) reduced the nematode population, and that the treatments had no significant effect on the incidence of the fungus. As for the interaction between the pathogens, the presence of the fungus stimulated greater reproduction of the nematode, this was also observed with the fungus, which in the presence of the nematode the severity and incidence was more expressive.

Keywords: *Glycine max*, root lesion nematode, damage root

1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja é hoje a cultura agrícola mais importante entre as espécies vegetais cultivadas no Brasil, com área plantada em torno de 38.532,1 mil hectares e produção de 135.912,3 mil toneladas (CONAB, 2021), entretanto, a ocorrência de doenças na cultura limita o alto rendimento.

Entre os principais grupos de doenças causadoras de perdas significativas às culturas no país, estão os nematoides fitoparasitas. São organismos difíceis de estudar por serem parasitas biotróficos, e ainda a maioria dos gêneros está presente no solo infectando as raízes das plantas (JONES; FOSU-NYARKO, 2014).

Os fitonematoides participam de complexos de doenças de diferentes formas: modificam a rizosfera favorecendo o crescimento de outros patógenos, atuam como vetores de vírus, bactérias e fungos, alteram a suscetibilidade do hospedeiro a outros patógenos por meio da indução de alterações fisiológicas no hospedeiro (BERGESON, 1972).

O gênero *Pratylenchus* é mais distribuído geograficamente em função da sua maior gama de hospedeiros, sendo encontrado parasitando importantes culturas, como soja, milho, algodão, feijão, cana-de-açúcar, arroz, trigo, batata, café, culturas forrageiras, a maioria das frutíferas e olerícolas, plantas daninhas, entre outras (JONES; FOSU-NYARKO, 2014).

Na região central, a espécie *P. brachyurus* encontra-se amplamente distribuído, sendo descrito frequentemente em lavouras de soja comerciais da região (ALVES et al., 2011). Estima-se, portanto, que a área infestada pelo nematoide das lesões radiculares seja de 21,9 milhões de hectares no Cerrado brasileiro (CAMPOS et al., 2019). Tal relevância está associada a sucessão de culturas implantada na região, com a utilização de culturas com alto fator de reprodução do nematoide como soja, milho, sorgo entre outras hospedeiras.

P. brachyurus é um endoparasita, que entra e migra dentro das raízes das plantas onde se alimenta das células dos tecidos. No entanto, as lesões (ferimentos) causadas no sistema radicular do hospedeiro pela penetração do nematoide foram assumidos por muitos anos como fator predisponente à infecção dos tecidos por outros microrganismos, podendo aumentar, em alguns complexos de doenças, a suscetibilidade a doenças subsequente (POWELL, 1971).

Os fungos de solo também têm grande importância na etiologia de várias doenças, inclusive quando atuam no complexo fungo-nematoide, esta combinação muitas vezes resulta em uma interação sinérgica, causando danos e perdas extremamente significativa na cultura (SILVA, 2010).

Os danos causados na cultura da soja por fungos de solo podem ser favorecidos e acentuados quando ocorrem o parasitismo pelos fitonematoides, principalmente, devido aos ferimentos provocadas no sistema radicular. Desta forma é importante entender como esses patógenos presentes no solo atuam no hospedeiro e seu comportamento e causas quando associado ou não a presença do fitonematoide. O conhecimento dessa interação pode auxiliar em uma tomada de decisão mais assertiva, aumentando a eficiência no manejo e minimizando os danos ocasionados na cultura.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as interações entre o nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) e a podridão cinzenta da raiz (*Macrophomina phaseolina*) na cultura da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Danos e perdas ocasionados por fitopatógenos na cultura da soja

O cultivo de soja no Brasil nos últimos anos tem se expandido, em relação a áreas cultivadas e produtividade, porém o ataque de pragas e doenças também acompanhou essa evolução, e hoje é um dos desafios que impede que a soja atinja seu máximo potencial produtivo. No Brasil cerca de 50 doenças já foram identificadas, tendo como agentes causais fungos, bactérias, vírus e nematoides (YORINORI, 2002).

Perdas ocasionadas por doenças na cultura da soja variam conforme, tipo de solo, nutrição da planta, condições climáticas, patogenicidade do patógeno. Essas perdas podem atingir cerca de 15% a 20 % anualmente, entretanto, em alguns casos essas perdas podem chegar a até 100% (JUHÁSZ et al.; 2013). Considerando que os fitonematoides encontra-se entre os grupos de doenças de maior importância na cultura da soja, as estimativas de perdas anual global desse fitopatógeno exceda a US\$ 80 bilhões, sendo que no Brasil, estas perdas podem chegar a R\$ 35 bilhões (FAVORETO et al., 2019).

A espécie *Pratylenchus brachyurus* uma das principais espécies encontrada na maioria das regiões produtoras e pertencente ao segundo maior grupo de nematoides que afeta a cultura, pode ocasionar perdas em produtividade de 30 a 50 % dependendo do grau de infestação na área (DIAS et al., 2010). Essas perdas podem ser agravadas em situações em

que o solo apresenta um menor percentual de argila, principalmente se a cultura for implantada sobre áreas de pastagem degradada (GODOY et al., 2014).

Na região do cerrado estima-se que 21,9 milhões de hectares estejam infestados pelo nematoide das lesões radiculares, porém, existe pouca informação sobre as perdas ocasionadas por este gênero (CAMPOS et al., 2019). Alguns estudos realizados por Franchini et al., 2014.; Ramos Junior et al., 2015 mostraram que, as perdas de produtividade ocasionadas pelo *P. brachyurus* podem ocasionar uma redução de até 60kg/ há. Assim, considerando a área infestada na região do cerrado com as estimativas realizada pelos dois pesquisadores, o nematoide das lesões tem causado perdas superiores a 1,3 milhão de toneladas de soja no Cerrado, ultrapassando 1,5 bilhão de reais por safra (CAMPOS et al., 2019).

2.2 O gênero *Pratylenchus*

O gênero *Pratylenchus* é o mais cosmopolita em termos da diversidade de habitats ocupados. De acordo com estudos taxonômicos e moleculares, já são conhecidas e descritas mais de 89 espécies (CASTILLO; VOVLAS, 2007; INSERRA et al., 2007; MIZUKUBO et al., 2007; SUBBOTIN et al., 2008; TROCCOLI et al., 2008 e PALOMARES-RIUS et al., 2010). Devido aos sintomas ocasionados no sistema radicular, como o escurecimento, os nematoides desse gênero são chamados de nematoides das lesões radiculares (“Lesion” ou “Meadow”) (LORDELLO, 1988).

No Brasil, dentre os grupos de nematoides de maior importância agrícola, o gênero *Pratylenchus* se destaca como sendo o segundo maior grupo, a primeira posição pertence aos nematoides das galhas do gênero *Meloidogyne* (LORDELLO, 1981). Dentro do gênero *Pratylenchus*, a espécie *P. brachyurus* foi a primeira a ser encontrada no Brasil atacando as principais culturas cultivadas no país como, soja, milho e algodão, sendo até hoje a espécie de maior importância (RIBEIRO, 2011).

A espécie *P. brachyurus* é uma das espécies com maior destaque em todo mundo devido algumas características do nematoide, entre as quais: vasta distribuição geográfica, capacidade de multiplicação em um grande número de espécies vegetais, patogenicidade pronunciada em várias culturas de importância agrônômica, podendo ocasionar danos elevados e perdas na produção (FERRAZ, 2006).

2.3 *Pratylenchus brachyurus*

A espécie *P.brachyurus* é classificada como: reino Metazoa, filo Nematoda, ordem Tylenchida e família Pratylenchidae. Foi descrita pela primeira vez nos Estados Unidos da América (E.U.A) em amostras com sistema radicular de abacaxi, no ano de 1929 (GODFREY, 1929).

Hoje a espécie *P. brachyurus* encontra-se amplamente disseminado nas regiões produtoras de soja no Brasil. É o nematoide mais distribuído na região do cerrado, apresentando alta frequência nas amostras analisadas. No estado do Mato grosso em um levantamento realizado por Ribeiro (2010) em áreas produtoras de soja, constatou uma frequência do nematoide de 96 % das amostras coletadas, seja como a espécie dominante ou em associação com outros nematoides. Em Goiás em 237 amostras coletadas de 10 municípios 79% das amostras apresentou a presença de *P. brachyurus* (GIELFI; SANTOS; ATHAYDE, 2003).

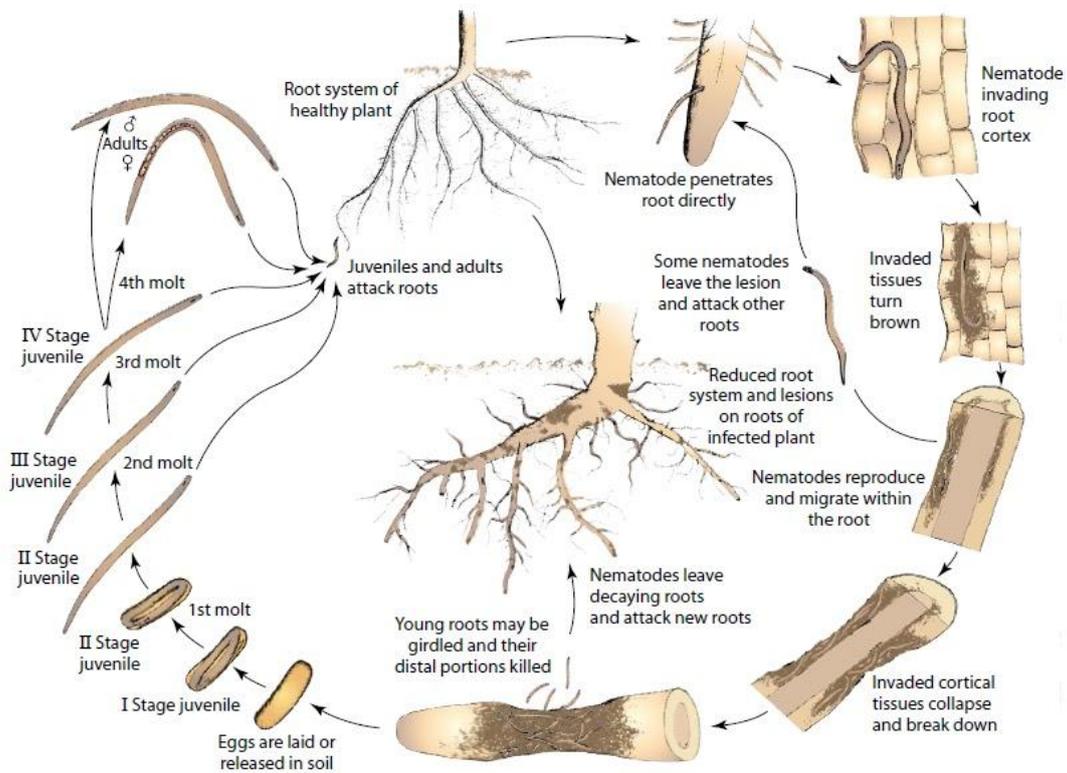
O aumento populacional e os prejuízos ocasionados por esse nematoide, se agravaram ainda mais nos últimos anos, principalmente devido à ausência de rotação de cultura, com o uso frequente de culturas suscetíveis em sucessão com a soja, como milho e sorgo (FERRAZ, 2009).

2.3.1 Aspectos biológicos e sintomatologia

É um endoparasita migrador, ou seja, penetram no sistema radicular, locomovem-se no interior das raízes e podem retornar ao solo. Em função do seu modo de parasitismo e da injeção de toxinas no interior dos tecidos, provoca danos as raízes de soja (GOULART, 2008). A penetração na planta hospedeira e a migração dentro das raízes são favorecidas por uma combinação de ações mecânica (uso do estilete e movimentação de todo o corpo) e tóxica (degradação enzimática das paredes celulares vegetais) (GOULART, 2008; HAEGEMAN et al., 2012).

A presença de machos é extremamente rara, as fêmeas reproduzem-se por partenogênese, ou seja, desenvolvimento de um novo espécime a partir do óvulo não fecundado. Os ovos são depositados no interior das raízes parasitadas ou no solo de forma isolada. Durante seu ciclo de vida a fêmea ovoposita em média 80 a 150 ovos. (FERRAZ; MONTEIRO, 1995; TIHOHOD, 1997).

O ciclo de vida varia conforme temperatura, umidade, espécie da planta hospedeira, sendo em média de 3 a 4 semanas (LUC, et al., 2005; CASTILLO e VOVLAS, 2007). É compreendido por seis estádios: estágio de ovo, quatro estádios juvenil (J1 a J4) e a fase adulta, as fases juvenis e adulta apresentam formato vermiforme. Assim que ocorre a eclosão do ovo passando de juvenil de primeiro estágio para juvenil de segundo estágio, bem como os estádios posteriores J3 e J4, podem iniciar a infecção nas plantas em qualquer fase fenológica da cultura. (FERRAZ, 2010; FERRAZ, 2006) (Figura 1).



Fonte: (Agrios, 2005)

Figura 1 - Ciclo de vida de *Pratylenchus* spp.

2.4 *Macrophomina phaseolina*

O fungo *Macrophomina phaseolina* causador das podridões de raízes e caules, é um fungo que parasita um grande número de espécies vegetais, mais de 500 espécies de plantas (GUPTA et al, 2012), em meio a essas, culturas de importância agrícola como, algodão (*Gossypium* spp.), amendoim (*Arachis hipogaea* L.), batata (*Solanum tuberosum* L.), batata-doce (*Ipomoea batatas* [L.]Lam.), caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.), citrus (*Citrus* spp.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), gergelim (*Sesamum annuum* L.), girassol (*Helianthus annus*

L.), grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), guandu (*Cajanus cajan* [L] Millspaugh, melão (*Cucumis melo* L.), milho (*Zea mays* L.), pimentão (*Capsicum annuum* L.), soja (*Glycine max* [L.] Merrill) (SINCLAIR & BACKMAN, 1989).

Taxonomicamente o fungo pertence ao filo Ascomycota e família Botryosphaeriaceae (MYCOBANK, 2013), é constituído por apenas uma espécie a *Macrophomina phaseolina*, e sua denominação foi determinada por Goidanish (1947) após ter revisado a taxonomia do gênero. No entanto existem diferenças morfológicas entre os isolados, sendo que no Brasil, dois tipos diferentes morfológicamente já têm sido isolados (PEARSON et al., 1987; ALMEIDA et al., 2001).

Na cultura da soja a doença foi identificada pela primeira vez no estado do Paraná no ano de 1979, causando danos expressivos principalmente em cultivares de ciclo tardio. No ano de 2006 estimativas de perdas de grãos acarretadas na cultura da soja por *M. phaseolina*, atingiu cerca de 910.000 toneladas na Argentina, 700.000 toneladas nos EUA e 360.000 toneladas no Brasil (MENGISTU; RUPE; WRATHER, 2015). A frequência do patógeno vem se tornando cada dia maior, aumentando ainda mais a redução na produtividade de grãos nas lavouras de soja no Brasil.

2.4.1 Aspectos biológicos e sintomatologia

É um fungo saprofítico, ou seja, sobrevive em restos de cultura, não precisa necessariamente de um hospedeiro vivo, e devido sua estrutura de resistência podem permanecer viável no solo por cerca de 2 a 15 anos, tornando assim a fonte primaria de inóculo (MEYER et al., 1974; SHORT et al., 1980). Pode sobreviver também em sementes infectadas com o micélio do fungo (HARTMAN et al., 1999).

O fungo produz duas estruturas, picnídios (estrutura de reprodução assexuada) e os microescleródios (estrutura de resistência ou sobrevivência). Os picnídios possuem forma globosa e negra, seu tamanho varia entre 100 µm e 200 µm formando-se no interior do tecido do hospedeiro. A capacidade de produção de picnídios, depende, do caractere do isolado e da espécie do hospedeiro, essa estrutura é mais frequentemente encontrada em feijão de jardim, feijão-juta e soja (ALMEIDA et al., 2005; KAUR et al., 2012). Os microescleródios são negros e lisos, com tamanho de aproximadamente 100 µm, são formados a partir de um conjunto de hifas agregadas, com 50 a 100 células individuais unidas por poro septal (VIANA; SOUZA, 2002; KAUR et al., 2012), e no interior dos picnídios são produzidos esporos assexuados, denominados de conídios.

O fungo pode se manifestar em qualquer fase de desenvolvimento da cultura da soja, principalmente quando a cultura é exposta a estresse ocasionado por longos períodos de seca e altas temperaturas (MENGISTU; RUPE; WRATHER, 2015). A infecção na planta acontece de forma aleatória devido a distribuição desuniforme dos microescleródios, que são estruturas de resistências presentes no solo (ALMEIDA et al., 2010).

Os principais sintomas são apodrecimento do sistema radicular, nanismo, clorose e murchamento foliar, muitas vezes se observa folhas secas presas as hastes, ocasionando maturação antecipada e má formação dos grãos (ISHIKAWA et al., 2018; MENGISTU RUPE; WRATHER, 2015). Normalmente os sintomas são comumente observados nos estádios reprodutivos da cultura entre R1 e R9, porém podem ser observados também em estádios iniciais de desenvolvimento, provocando sintomas como, lesões escuras em cotilédones e hipocótilo e pode se estender para a haste, podendo levar essas plântulas a morte sob condições de clima quente e seco (GUPTA; SHARMA; RAMTEKE, 2012).

2.5 Interação entre fitopatógenos

A combinação de dois ou mais patógenos na mesma planta ocorre frequentemente em muitos sistemas de produção (KRANZ; JORG, 1989), e seus efeitos são dependentes das combinações entre patógeno-planta e das condições climáticas (CAMPBELL; MADDEN, 1990).

Segundo Evans e Haydock (1993) e Powell (1971), a interação de patógenos pode aumentar a suscetibilidade das plantas, isso devido as alterações metabólicas nas mesmas, modificando o nível de reguladores de crescimento, aumentando a produção de exsudatos, induzindo alterações nutricionais e alterando a composição celular do hospedeiro.

A combinação entre dois ou mais patógenos na planta podem produzir efeitos antagônicos, aditivos ou sinérgicos. A interação antagônica um patógeno inibe ou reduz o desenvolvimento do outro (LATCH; POTTER, 1977), a interação aditiva o desenvolvimento de um patógeno não é alterado na presença do outro, porém os danos no hospedeiro são incrementados (GORDON; SCHMITTHENNER, 1969), e quando ocorre melhor desenvolvimento de um ou mais patógeno a interação é sinérgica, e nesse caso a presença de um dos potógenos proporciona estímulo para maior dano no hospedeiro por um deles (BEUTE, 1973).

A interação fungo-nematoide comumente, resulta em uma interação sinérgica, onde a perda na cultura é maior na presença dos dois patógenos, quando comparados de forma individual (SILVA, 2010), assim um pode ser mais beneficiado pela ação do outro.

Durante muitos anos os ferimentos causados pela penetração dos nematoides nos tecidos radiculares, tem sido assumido como uma das causas para a predisposição a infecção por outros organismos. Inagaki e Powell (1969) mostrou que ao ferir mecanicamente as raízes de tabaco, a infecção e colonização pelo fungo *Phytophthora nicotianae*, causador da canela-preta ocorreu de forma mais rápida quanto as plantas foram inoculadas com *P. brachyurus*, o qual é causador de lesões nas raízes.

Na cultura da soja ainda existem pressuposições que o nematoide das lesões radiculares, *P. brachyurus*, pode intensificar os danos, podridões das raízes e morte precoces de plantas no campo, causados pelo fungo *M. phaseolina*. Porém, ainda são escassos os trabalhos de pesquisas que evidenciam essas informações na cultura, havendo necessidade de estudos mais conclusivos.

REFERÊNCIAS

AGRIOS, G. (2005). **Plant pathology** (5ª Edição). Academic Press.

ALMEIDA, A. M. R., TORRES, E., FARIAS, J. R. B., BENATO, L. C., PINTO, M. C., MARIN, S. R. *Macrophomina phaseolina* em soja: sistema de semeadura, sobrevivência em restos de cultura e diversidade genética. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2001.

ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; YORINORI, J.T.; SILVA, J. F. V.; HENNING, A. A.; GODOY, C. V.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M. C. Doenças da soja (*Glicine max*). In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 569-588, 2005.

ALMEIDA, A. M. R.; TORRES, E.; FRANCHINI, J. C.; OLIVEIRA, M. C. N. de; DEBIASI, H.; FARIAS, J. R. B.; COSTA, J. M.; SIMIONATO, A. A.; PELLIZZARO, E. C. Podridão do Carvão (*Macrophomina faseolina*). In: ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. (Ed). **Soja: doenças radiculares e de haste e inter-relações com o manejo do solo e da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, p.49-71, 2010.

ALVES, T. C. U.; SILVA, R. A.; BORGES, D. C.; MOTTA, L. C. C.; KOBAYASTI, L. Reação de cultivares de soja ao nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus*. **Revista Biodiversidade**, v. 10, p. 73-79, 2011.

BERGESON, Glenn B. Concepts of nematode—Fungus associations in plant disease complexes: A review. **Experimental Parasitology**, v. 32, n. 2, p. 301-314, 1972.

BEUTE, M. K. Increased leaf exudation enhances *Curvularia* leaf spot severity in virus-infected *Gladiolus*. **Phytopathology**, Saint Paul, Minnesota, v.63, p. 1204-1205, 1973.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. John Wiley & Sons., 1990.

CAMPOS, H. D.; RIBEIRO, L. M.; SILVA, R. S.; PILAR, M. N.; MAGALHÃES, W. B.; BUENO, J. N. Cenário atual de nematoides no cerrado: cultura da soja. In: XXXVI Congresso Brasileiro de Nematologia, 2019, Caldas Novas, GO. **Anais...** Caldas Novas: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2019. p. 1-5.

CASTILLO, P.; VOVLAS, N. **Pratylenchus (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management**. Vol. 6 Leiden: Brill, 2007. 529p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 12 décimo segundo levantamento, setembro. 2021.

DIAS, W. P., GARCIA, A., SILVA, J. F. V., & CARNEIRO, G. D. S. Nematóides em soja: identificação e controle. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2010.

EVANS, K.; HAYDOCK, P. P. J. Interactions of Nematodes with Root-rot Fungi. In: KHAN, M. W. (Ed). **Nematode interactions**. London: Chapman and Hall, 1993, p. 33-104.

FAVORETO, L., MEYER, M. C., DIAS-ARIEIRA, C. R., MACHADO, A. C. Z., SANTIAGO, D. C., & RIBEIRO, N. R. Diagnose e manejo de fitonematoides na cultura da soja. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 40, n. 306, p. 18-29, 2019.

FERRAZ, L. C. C. B. O nematóide *Pratylenchus brachyurus* e a soja sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 96, n. 1, p. 23-27, 2006.

FERRAZ, L. C. C. B. Produtor deve evitar hospedeiros de *Pratylenchus brachyurus*. **Visão Agrícola**, v. 9, p. 117-118, 2009.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematóides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Ceres, 1995. V. 1, p. 168-201.

FERRAZ, S.; FREITAS, L.G.; LOPES, E.A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Manejo sustentável de fitonematoides, 306p. **Editora UFV, Viçosa**, 2010.

FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; DIAS, W.P.; RAMOS JUNIOR, E.U.; SILVA, J.F.V. Perda de produtividade da soja em área infestada por nematóide das lesões radiculares na região médio norte do Mato Grosso. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A.V. de; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Embrapa, p. 274-278, 2014.

GIELFI, F. S.; SANTOS, J. M.; ATHAYDE, M. L. F. Reconhecimento das espécies de fitonematóides associadas ao algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) no Estado de Goiás. In: **Congresso Brasileiro do Algodão**. 2003.

GODFREY, G. H. A destructive root disease of pineapples and other plants due to *Tylenchus brachyurus* n. sp. **Phytopathology**, Saint Paul, Minnesota, v. 19, p. 611-629, 1929.

GODOY, C. V.; ALMEIDA, A. M. R.; SOARES, R. M.; SEIXAS, C. D. S.; DIAS, W. P.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L.M.; HENNING, A. A. Doenças da soja. **Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, 2014. 32 p.

GOIDANISH, G. Revisione del genere *Macrophomina* Petrak. Species típica: *Macrophomina phaseolina* (Tass.) Goid. Nov. comb. Nec. *M. phaseoli* (Maubl.) Ashby. **Annalidella Sperimentazione Agraria**, v. 1, p. 449-461, 1947.

GORDON, D. T.; SCHMITTHENNER, A. F. Association of soybean mosaic vírus with tobacco ringspot vírus in soybean but blight. **Phytopathology**, Saint Paul, Minnesota, v. 59, p. 1028, 1969.

GOULART, A. M. C. Aspectos gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*). **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, 2008.

GUPTA, G. K.; SHARMA, S. K.; RAMTEKE, R. Biology, epidemiology and management of the pathogenic fungus *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid with special reference to charcoal rot of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Journal of Phytopathology**, v.160, p.167-180, 2012.

HAEGEMAN, A.; MANTELIN, S.; JONES, J. T.; GHEYSEN, G. Functional roles effectors of plant-parasitic nematodes. **Gene**, Amsterdam, v. 492, n. 1, p. 19-31, 2012.

HARTMAN, G. L, SINCLAIR, J.B.; RUPE, J. C. Compendium of Soybean Diseases. The American Phytopathological Society, Edition IV, St. Paul, MN, USA, **APS Press**, 1999.

INAGAKI, H.; POWELL, N. T. Influence of the root-lesion nematode on black shank symptom development in flue-cured tobacco. **Phytopathology**, Saint Paul, Minnesota, v. 59, p. 1350-1355, 1969.

INSERRA, R. N.; TROCCOLI, A.; GOZEL, U.; BERNARD, E. C.; DUNN, D.; DUNCAN, L. W. *Pratylenchus hippeastri* n. sp. (Nematoda: Pratylenchidae) from amaryllis in Florida with notes on *P. scribneri* and *P. hexincisus*. **Nematology**, v. 9, p. 25-42, 2007.

ISHIKAWA, M. S.; RIBEIRO, N. R.; OLIVEIRA, E. C.; ALMEIDA, A. A.; BALBIPENA, M. I. Seleção de cultivares de soja para resistência à podridão negra da raiz (*Macrophomina phaseolina*). **Summa Phytopathologica**, v. 44, p. 38-44, 2018.

JONES, M. G. K.; FOSU-NYARKO, J. Molecular biology of root lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) and their interaction with host plants. **Annals of applied biology**, v. 164, n. 2, p. 163-181, 2014.

JUHÁSZ, A. C. P., DE PÁDUA, G. P., WRUCK, D. S. M., FAVORETO, L., & RIBEIRO, N. R. Desafios fitossanitários para a produção de soja. **Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2013.

KAUR, S.; DHILLON, G. S.; BRAR, S. K.; VALLAD, G.E.; CHAND, R.; CHAUHAN, V. B. Emerging phytopathogen *Macrophomina phaseolina*: biology, economic importance and current diagnostic trends. **Critical Reviews in Microbiology**, v. 38, n. 2, p. 136-151, 2012.

KRANZ, J.; JORG, E. The synecological approach a plant disease epidemiology. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.6, p. 27-38, 1989.

LATCH, G. C. M.; POTTER, L. R. Interaction between crown rust (*Puccinia coronata*) and two viroses of ryegrass. **Annals of Applied biology**, Warwick, Inglaterra, v. 87, p. 139-142, 1997.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoides das plantas cultivadas**. São Paulo, Nobel, 1981.

LORDELLO, L.G.E. **Nematoides das plantas cultivadas**. 6. Ed. São Paulo: Nobel, 1988, 314p.

LUC, M.; BRIDGE, J.; SIKORA, R. A. Identification, morphology and biology of plant parasitic nematodes. In: HUNT, D. J.; LUC, M.; MANZANILLA-LÓPEZ, R. H. **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford: CAB International, p. 11-52, 2005.

MENGISTU, A.; RUPE, J. C.; WRATHER, J. A. Charcol rot. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L.L.; STEFFEY, K. L.; DAVIS, J. A. (Ed). **Compendium of soybean diseases and pests**. Ed. 5º, St. Paul: American Phytopathological Society, p. 67-69, 2015.

MEYER, W. A.; SINCLAIR, J. B.; KHARE, M. N. Factors affecting charcoal rot of soybean seedlings. **Phytopathology**, v. 64, p. 845-849, 1974.

MIZUKUBO, T.; SUGIMURA, K.; UESUGI, K. A new species of the genus *Pratylenchus* from chrysanthemum in Kyushu, western Japan (Nematoda: Pratylenchidae). **Japanese Journal of Nematology**, v. 37, p. 63-74, 2007.

MYCOBANK. *Macrophomina phaseolina*. Disponível em:
<http://www.mycobank.org/Biolomics.aspx?Table=Mycobank>. Acesso em: 11 set. 2020.

PALOMARES-RIUS, J. E.; LANDA, B. B.; TANHA MAAFI, Z.; HUNT, D. J., CASTILLO P. Comparative morphometrics and ribosomal DNA sequence analysis of *Longidorus orientalis* Loof, 1983 (Nematoda: Longidoridae) from Spain and Iran. **Nematology**, v. 12, p. 631-640, 2010.

PEARSON, C. A.; LESLIE, S.; SCWENK, F. W. Host preference correlated with chlorate resistance in *Macrophomina phaseolina*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 71, n. 9, p. 828-831, 1987.

POWELL, N. T. Interactions between nematodes and fungi in disease complexes. **Annual Review of Phytopathology**, v. 9, n. 1, p. 253-274, 1971.

RAMOS JUNIOR, E. U., FRANCHINI, J. C., DEBIASI, H., FERRARI, E., FALEIRO, V. D. O., SHIRATSUCHI, L. S., TAVARES, G. F. Cultivo de soja sobre soja e sua influência na população de *Pratylenchus brachyurus* e na produtividade de grãos. In: **Embrapa Soja- Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7.; MERCOSOJA, 2015, Florianópolis. Tecnologia e mercado global: perspectivas para soja: anais. Londrina: Embrapa Soja, 2015., 2015.

RIBEIRO, L. M. **Tratamento de sementes de soja na dinâmica populacional de *Pratylenchus brachyurus* e identificação de espécies do gênero em regiões do Centro-Oeste do Brasil**. 2011. 67f. Dissertação (Mestrado, área concentração Produção Vegetal) Fesurv – Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2011.

RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; SANTOS, J. M. Distribuição de fitonematóides em regiões produtoras de soja no estado de Mato Grosso. **Boletim de Pesquisa da Soja 2010**, Rondonópolis, MT, n. 14, p. 289-295, 2010.

SHORT GE, WYLLIE TD, BRISTOW PR. Survival of *Macrophomina phaseolina* in soil and in residue of soybean. **Phytopathology**, v. 70, p.13–17, 1980.

SILVA, M. P. **Interactions between lesion nematodes and corn pathogens**. 2010. 115f. Tese (Doutorado em Plant Pathology), Iowa State University, Ames, 2010.

SINCLAIR, J. B., BACKMAN, P. A. (Eds.). **Compendium of soybean disease**. 3. Ed. American Phytopathological Society. 1989, 116 p.

SUBBOTIN, S. A.; RAGSDALE, E. J.; MULLENS, T.; ROBERTS, P. A.; MUNDO-OCAMPO, M.; BALDWIN, J. G. A phylogenetic framework for root lesion nematodes of the genus *Pratylenchus* (Nematoda): Evidence from 18S and D2–D3 expansion segments of 28S ribosomal RNA genes and morphological characters. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 48, p. 491-505, 2008.

TIHOHOD, D. **Guia Prático para a indentificação de fitonematóides**. FCAV, FAPESP, 1997.

TROCCOLI, A.; DE LUCA, F.; HANDOO, Z. A.; DI VITO, M. Morphological and molecular characterization of *Pratylenchus lentis* n. sp. (Nematoda: Pratylenchidae) from Sicily. **Journal of Nematology**, v. 40, p. 190-196, 2008.

VIANA, F. M. P.; SOUZA, N. L. Efeito da interação temperatura-tensão de água sobre germinação de microescleródios de *Macrophomina faseolina*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n.3, p. 268-272, 2002.

YORINORI, J. T. Situação atual das doenças potenciais no Cone Sul. In: **Congresso Brasileiro de Soja**. 2002. p. 171-186.

CAPÍTULO 1

DANOS EM PLANTAS DE SOJA INFECTADAS POR *Pratylenchus brachyurus* e *Macrophomina phaseolina*, SOB CONDIÇÕES DE CAMPO

RESUMO

A espécie *P. brachyurus*, conhecida como nematoide das lesões radiculares, pode predispor as plantas de soja a maior infecção das raízes por fungos fitopatogênicos presentes no solo, contribuindo para maiores níveis de danos nas plantas sob condições de campo. Visando entender a interação entre o nematoide *P. brachyurus* e o fungo *M. phaseolina*, em área de lavoura naturalmente infestada, esse estudo teve como objetivo avaliar a interação entre o nematoide das lesões radiculares e o fungo causador da podridão cinzenta da raiz em campo. O experimento foi conduzido em área de lavoura naturalmente infestada no município de Rio Verde – GO, durante a safra 2019/2020. O delineamento empregado foi de blocos ao acaso com 7 tratamentos, em 5 repetições. Os tratamentos avaliados, com aplicação via tratamentos de sementes e/ou sulco, foram: T1- Testemunha (sem controle); T2- abamectina / abamectina (125 mL 100 kg sementes / 2000 mL ha⁻¹); T3- carbendazim + thiram (200 mL 100 kg sementes); T4- carbendazim + thiram / abamectina (200 mL 100 kg sementes / 2000 mL ha⁻¹ e 125 mL 100 kg sementes); T5- *Trichoderma asperellum* (800 mL ha⁻¹); T6- *Trichoderma harzianum* (1000 mL ha⁻¹) e T7- *Trichoderma asperellum* + *Bacillus amyloliquefaciens* (800 + 4000 mL ha⁻¹). Aos 40, 70 e 100 dias da semeadura foram avaliadas as variáveis: população do nematoide, incidência de *M. phaseolina*, avaliações de rendimentos (massa de mil grãos e produtividade) no final do ciclo da cultura e determinação de danos como redução de produtividade. Aos 40 DAS os tratamentos, T2- abamectina / abamectina, T4- carbendazim + thiram / abamectina, T5- *Trichoderma asperellum* e T7- *Trichoderma asperellum* + *Bacillus amyloliquefaciens*, proporcionaram menor população do nematoide, o que não foi observado aos 70 e 100 DAS em nenhum dos tratamentos. Quanto a incidência do fungo aos 40, 70 e 100 DAS, não se verificou diferença significativa entre os tratamentos.

Palavras-chave: *Glycine max*, nematoide das lesões radiculares, controle.

CHAPTER 1

DAMAGE TO SOYBEAN PLANTS INFECTED BY *Pratylenchus brachyurus* and *Macrophomina phaseolina*, UNDER FIELD CONDITIONS

ABSTRACT

The species *P. brachyurus*, known as roots lesion nematode, may predispose soybean plants to greater root infection by phytopathogenic fungi present in the soil, contributing to higher levels of plant damage under field conditions. In order to understand the interaction between the nematode *P. brachyurus* and the fungus *M. phaseolina*, in a naturally infested crop area, this study aimed to evaluate the interaction between the root lesion nematode and the fungus that causes gray root rot in the field. The experiment was conducted in a naturally infested cropland in the municipality of Rio Verde - GO, during the 2019/2020 harvest. The design used was randomized blocks with 7 treatments, in 5 replications. The treatments evaluated, with application via seed treatments and/or furrow, were: T1- Witness (no control); T2- abamectin / abamectin (125 mL 100 kg seeds/ 2000 mL ha⁻¹); T3- carbendazim + thiram (200 ml 100 kg seeds); T4- carbendazim + thiram / abamectin (200 mL 100 kg seeds / 2000 mL ha⁻¹ and 125 mL 100 kg seeds); T5- *Trichoderma asperellum* (800 ml ha⁻¹); T6- *Trichoderma harzianum* (1000 mL ha⁻¹) and T7- *Trichoderma asperellum* + *Bacillus amyloliquefaciens* (800 + 4000 mL ha⁻¹). At 40, 70 and 100 days after sowing, the following variables were evaluated: nematode population, incidence of *M. phaseolina*, yield evaluations (thousand grain mass and yield) at the end of the crop cycle and determination of damages such as yield reduction. At 40 DAS the treatments, T2- abamectin / abamectin, T4- carbendazim + thiram / abamectin, T5- *Trichoderma asperellum* and T7- *Trichoderma asperellum* + *Bacillus amyloliquefaciens*, provided a smaller population of the nematode, which was not observed at 70 and 100 DAS in none of the treatments. As for the incidence of the fungus at 40, 70 and 100 DAS there was no significant difference between treatments.

Keywords: *Glycine max*, root lesion nematode, control.

1 INTRODUÇÃO

A interação entre *P. brachyurus* e outros microorganismos presentes no solo como os fungos fitopatogênicos, intensificam as lesões nas raízes e destroem os tecidos, tornando as plantas com menor porte, ramos finos, devido à completa destruição de raízes e radículas que diminui a absorção de água e nutrientes (TIHOHOD, 2000), e podem causar morte precoce das plantas.

Essas interações podem implicar em dificuldades na quantificação dos danos na planta, no diagnóstico incorreto da causa e na utilização de estratégias de manejo não adequadas. Portanto, torna-se necessário um diagnóstico correto e determinar as populações dos patógenos e/ou incidência das doenças na área cultivada para o sucesso no controle das mesmas. (ROSA JUNIOR, 2010; JOHNSON; RADCLIFFE; TENG, 1986).

Diferentes alternativas de controle têm sido pesquisadas e utilizadas, normalmente, de formas isoladas, tornando assim o controle menos efetivos. Na tentativa de diminuir a população e danos causados pelos nematoides, estudos recentes têm sido realizados visando integrar os métodos de controle disponíveis, podendo tornar o processo produtivo mais racional, econômico e eficiente (FERRAZ; BROWN, 2016).

Assim, a espécie *P. brachyurus*, conhecida como nematoide das lesões radiculares, pode predispor as plantas de soja a maior infecção das raízes por fungos fitopatogênicos presentes no solo, contribuindo para maiores níveis de danos nas plantas sob condições de campo. Visando entender a interação entre o nematoide *P. brachyurus* e o fungo *M. phaseolina*, em área de lavoura naturalmente infestada, esse estudo teve como objetivo avaliar a interação entre o nematoide das lesões radiculares e o fungo causador da podridão cinzenta da raiz em campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental, localizada no município de Rio Verde, Goiás, durante a safra de verão 2019/2020, em área com histórico de infestação naturalmente por *P. brachyurus* e *M. faseolina*, em safras anteriores, com o suporte do

Laboratório de Fitopatologia da Campos Pesquisa Agrícola, sediada no município de Rio Verde, Goiás.

O delineamento experimental empregado foi de blocos ao acaso com 7 tratamentos, em cinco repetições. Como tratamentos visando determinar maiores e menores níveis de danos nas plantas, utilizou-se tratamentos com aplicação de nematicidas e fungicidas químicos ou biológicos via sementes e/ou sulco. Esses tratamentos (Tabela 1) foram constituídos pela testemunha (T1 = sem controle); abamectina / abamectina (T2); carbendazim + thiram (T3); carbendazim + thiram / abamectina (T4); *Trichoderma asperellum* (T5); *Trichoderma harzianum* (T6) e *Trichoderma asperellum* + *Bacillus amyloliquefaciens* (T7).

Tabela 1 - Tratamentos empregados no estudo para determinação de danos em plantas de soja infectadas por *Pratylenchus brachyurus* e *Macrophomina phaseolina* sob condições de campo. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021

Nº	Tratamento Ingrediente ativo	Forma de Aplicação	Dose p.c. * (mL ou g 100 kg de sementes ⁻¹ ou ha ⁻¹)
1	Testemunha	-	-
2	Abamectina / Abamectina	TS / Sulco	125 / 2000
3	Carbendazim + Thiram	TS	200
4	Carbendazim + Thiram / Abamectina	TS / Sulco	200 / 2000 + 125
5	<i>Trichoderma asperellum</i>	Sulco	800
6	<i>Trichoderma harzianum</i>	Sulco	1000
7	<i>T. asperellum</i> + <i>B.amyloliquefaciens</i>	Sulco	800 +4000

p.c.- produto comercial.

As parcelas de cada tratamento foram compostas por 6 fileiras (inicialmente sulco de semeadura) espaçadas a 0,5 m com cinco metros de comprimento, sendo a área útil constituída pelas quatro linhas centrais, foram eliminados 50cm de cada extremidade da parcela, obtendo uma área útil de 8 m² (4 m x 2 m).

As sementes foram tratadas manualmente, utilizando um volume de calda de 600 mL para cada 100 kg de sementes. Após, o ensaio foi instalado com semeadura manual, utilizando a cultivar M7110 IPRO, com densidade de semeadura igual a 20 sementes metro.

Visando garantir uma população adequada do fungo no solo, optou-se por fazer uma pulverização no sulco de semeadura com uma solução de microescleródios de *M. phaseolina*. Para obtenção do inóculo plantas de soja sintomáticas foram coletadas do campo, dessas isolou-se o fungo (*M. phaseolina*) e multiplicou em meio de cultura BDA (Batata Dextrose Ágar), mantendo o isolado no Laboratório da Campos Pesquisa Agrícola. Para obter a

suspensão de microescleródios, placas com o isolado do fungo foram inundadas com água destilada estéril, e os esclerócios raspados da superfície do meio de cultura (BDA), com um pincel. A suspensão de microescleródios foi pulverizada no sulco de semeadura antes da distribuição das sementes, com o volume de pulverização igual a 150 L ha⁻¹, com o auxílio de um pulverizador pressurizado por CO₂.

Como avaliações, aos 40 dias (estádio fenológico V6/R1), 70 dias (estádio fenológico R5.2) e 100 dias (estádio fenológico R7) após a semeadura (DAS), foram realizadas avaliações de populações do nematoide e incidência do fungo nas plantas, rendimentos (massa de mil grãos e produtividade) e determinação de danos.

Para obtenção das amostras de raízes e solo aos 40, 70 e 100 dias, foram retiradas cuidadosamente plantas da 2^a e 5^a linha de semeadura, colocadas em saco plástico juntamente com solo e levadas ao laboratório da Campos Pesquisa Agrícola. No laboratório, a parte aérea foi separada da raiz, e logo em sequência com auxílio de um bisturi foram retirados fragmentos da haste, com cerca de 8 cm, de forma abrangendo parte da haste acima e abaixo do colo da planta. Em seguida realizou-se a assepsia com uma solução de hipoclorito de sódio a 0,5%, por um minuto, e enxaguadas com água estéril. Esses fragmentos de hastes foram cortados ao meio e acondicionadas em câmara úmida (gerbox com papel germitest umedecido) e mantidas por 20 dias em sala de crescimento com temperatura de 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas. Após esse período foi realizada a identificação da presença de *M. phaseolina* com auxílio e microscópio estereoscópio, e determinado a incidência do fungo nas hastes.

As raízes foram lavadas em água corrente, para remoção de solo aderente e deixadas para secar naturalmente sob papel absorvente, em sequência as mesmas foram pesadas obtendo-se a massa fresca das raízes (MFR), em seguida foram cortadas com tesoura em fragmentos de 1 cm e pesadas novamente para obtenção da massa de onde foram extraídos os nematoides. Os fragmentos foram triturados em liquidificador por cerca de 5 segundos, segundo a técnica de Coolen e D'Herde (1972), a suspensão foi vertida em peneiras de 200 mesh acoplada sobre a 500 mesh. O material retido na peneira de 500 mesh foi recolhido com jato de água de uma pisseta, obtendo a suspensão contendo os nematoides. Para extração dos nematoides no solo, a amostra do solo foi homogeneizada e, 100 cm³ de solo foi retirado e processada conforme a metodologia proposta por Jenkins (1964).

Para determinação das populações do nematoide, quantificou-se o número de indivíduo na suspensão obtida da extração de cada parcela com o auxílio de câmara de Peters e microscópio. Após obtenção dos dados, determinou-se o número de *P. brachyurus* por grama de raiz, número de *P. brachyurus* no solo e número total de *P. brachyurus* (solo + raiz).

O rendimento da cultura foi avaliado após a colheita, através do peso de mil grãos e da produtividade. Foram colhidas a 3ª e 4ª linha das parcelas para determinação do rendimento, para isso a umidade dos grãos foi corrigida para 13%. Calculou-se o incremento de produtividade em relação a testemunha e o percentual de danos representado pela redução de produtividade em cada tratamento.

Durante a condução do ensaio foram obtidas as condições climáticas de precipitação e temperaturas (Figura 2).

Os dados foram submetidos a análise de variância e quando constatado diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

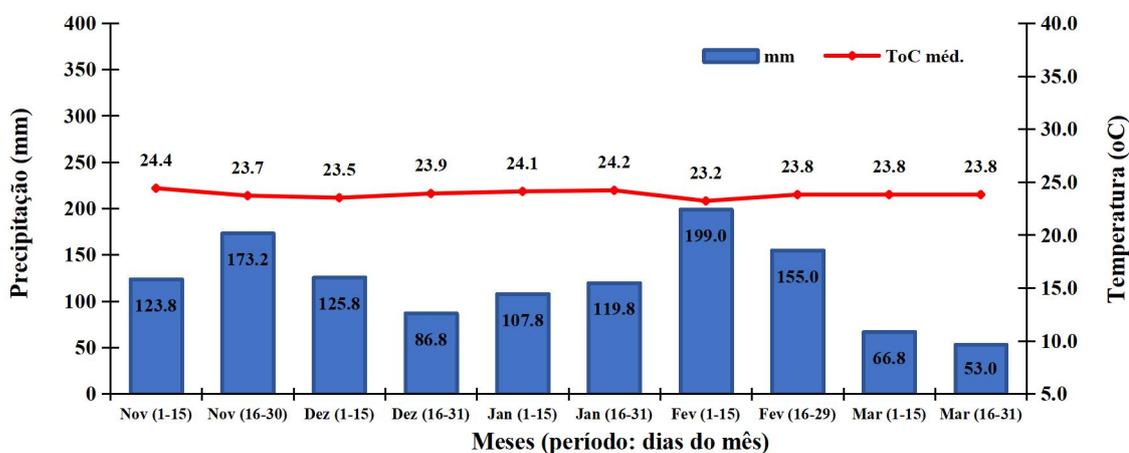


Figura 2 - Temperatura média e precipitação pluvial registradas durante o período de condução do ensaio, Rio Verde (GO), 2019.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar a reprodução de *P. brachyurus* aos 40 dias após semeadura (DAS), observa-se diferença significativa entre os tratamentos para número de nematoides por grama de raiz e número total de nematoides, sendo que os melhores resultados foram observados nos tratamentos T2- Abamectina / Abamectina, seguido pelos tratamentos T4- Carbendazim + Thiram / Abamectina e T5- *Trichoderma asperellum*, apresentando significativamente menor espécimes de indivíduos (Tabela 2). Para o número total de nematoides, os tratamentos T2- Abamectina / Abamectina, T4- Carbendazim + Thiram / Abamectina, T5- *Trichoderma*

asperellum e T7- *T. asperellum* + *B.amyloliquefaciens* apresentando significativamente menor população do nematoide (Tabela 2).

Segundo Kubo (2012), o nematicida abamectina contribuiu para retardar o aumento das populações iniciais de nematoide nas raízes de algodão em seus primeiros estádios fenológicos, promovendo um escape, ou seja, permitindo um melhor desenvolvimento das raízes até aos 30 dias da semeadura. Assim como, Corte et al (2014) relata que o nematicida abamectina aplicado via tratamento de sementes permanece aderida ao tegumento, e com o crescimento do sistema radicular, as raízes crescem para fora dessa região de proteção, tornando sensíveis à infecção e colonização de nematoides presente.

Tabela 2 - Reprodução de *Pratylenchus brachyurus* (número de nematoides por grama de raiz, número de nematoides no solo e número total de nematoides) em plantas de soja aos 40 DAS, após aplicação dos produtos. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021

Tratamentos	Número nematoides / g de raiz	Número nematoides solo (100 cc)	Número nematoides total (solo + raiz)
1- Testemunha	63,64 c	29,90 ^{NS}	1.296,69 b
2- Abamectina / Abamectina	11,96 a	28,60	282,49 a
3- Carbendazim + Thiram	54,55 c	27,82	1.075,22 b
4- Carbendazim + Thiram / Abamectina	33,28 b	29,38	706,54 a
5- <i>Trichoderma asperellum</i>	31,82 b	29,64	658,63 a
6- <i>Trichoderma harzianum</i>	49,04 c	32,24	1.118,80 b
7- <i>T. asperellum</i> + <i>B.amyloliquefaciens</i>	30,84 b	31,72	738,16 a
C.V. (%)	26,20	4,27	26,96

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Obs.: NS - não significativo.

Não se observou diferença significativa em nenhuma das variáveis avaliadas nas avaliações realizadas aos 70 e 100 dias após da semeadura (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Reprodução de *Pratylenchus brachyurus* (número de nematoides por grama de raiz, número de nematoides no solo e número total de nematoides) em plantas de soja aos 70 DAS, após aplicação dos produtos. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021

Tratamentos	Número nematoides / g de raiz	Número nematoides solo (100 cc)	Número nematoides total (solo + raiz)
1- Testemunha	273,96 ^{NS}	21,32 ^{NS}	6.805,43 ^{NS}
2- Abamectina / Abamectina	254,75	21,84	7.365,28
3- Carbendazim + Thiram	222,04	21,32	5.852,76
4- Carbendazim + Thiram / Abamectina	165,26	21,58	4.630,34
5- <i>Trichoderma asperellum</i>	267,02	24,70	7.137,08
6- <i>Trichoderma harzianum</i>	189,02	24,18	5.123,39
7- <i>T. asperellum</i> + <i>B.amyloliquefaciens</i>	224,64	22,88	6.168,42
C.V. (%)	27,02	4,92	25,09

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Obs.: NS - não significativo.

Tabela 4 - Reprodução de *Pratylenchus brachyurus* (número de nematoides por grama de raiz, número de nematoides no solo e número total de nematoides) em plantas de soja aos 100 DAS, após aplicação dos produtos. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021

Tratamentos	Número nematoides / g de raiz	Número nematoides solo (100 cc)	Número nematoides total (solo + raiz)
1- Testemunha	82,21 ^{NS}	22,36 ^{NS}	1.218,00 ^{NS}
2- Abamectina / Abamectina	42,90	21,84	672,53
3- Carbendazim + Thiram	84,03	21,84	1.296,16
4- Carbendazim + Thiram / Abamectina	36,40	21,58	489,42
5- <i>Trichoderma asperellum</i>	39,05	22,36	620,41
6- <i>Trichoderma harzianum</i>	38,74	21,32	582,52
7- <i>T. asperellum</i> + <i>B.amyloliquefaciens</i>	46,02	23,40	700,45
C.V. (%)	35,66	6,63	36,32

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Obs.: NS - não significativo.

A eficácia relativa com base no número de nematoides por grama de raiz aos 40 dias da semeadura foi mais consistente, sendo as duas aplicações (TS e Sulco) de abamectina (T2), proporcionou mais de 80% de controle (Tabela 5), os demais tratamentos o controle variou de 14,29% (T3- fungicidas carbendazin + thiram) a 51,55% (T7- *T. asperellum* + *B.amyloliquefaciens*). Aos 100 dias da semeadura, embora as variáveis analisadas não apresentaram significâncias, houve tendência para estabilidade das eficácias com os produtos contendo agentes de biocontrole, o que pode estar relacionado a adaptação desses microrganismos ao longo do tempo, assim possibilitando seu antagonismo ao nematoide.

Segundo Araújo (2019), o controle químico proporciona a redução da população de nematoides na fase inicial de desenvolvimento da cultura, permitindo o aumento populacional

do patógeno ao longo do tempo, com o fim do efeito residual dos produtos. Diferentemente dos agentes de biocontrole que ao se adaptar ao ambiente, podem ter efeito antagonista sobre os nematoides por meio de antibióticos e toxinas que inibem a eclosão e a mobilidade dos estágios juvenis. Assim, reduzindo sua infecção nas raízes das plantas, modificando os exsudatos radiculares, tornando-os não reconhecidos pelos nematoides e deixando de estimular a eclosão dos mesmos (RAMAMOORTHY et al., 2001).

Tabela 5 - Eficácia relativa (% controle) em função do número de nematoides por grama de raiz aos 40, 70 e 100 DAS após aplicação de produtos sob condições de campo. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021

Tratamentos	Eficácia relativa (%) Nematoides / g raiz		
	40 DAS	70 DAS	100 DAS
1- Testemunha	0,00	0,00	0,00
2- Abamectina / Abamectina	81,21	7,01	47,82
3- Carbendazim + Thiram	14,29	18,95	0,00
4- Carbendazim + Thiram / Abamectina	47,71	39,68	55,72
5- <i>Trichoderma asperellum</i>	49,99	2,53	52,50
6- <i>Trichoderma harzianum</i>	22,95	31,00	52,88
7- <i>T. asperellum</i> + <i>B.amyloliquefaciens</i>	51,55	18,00	44,02

Ao avaliar a incidência de *M. phaseolina* aos 40, 70 e 100 DAS, não se verificou diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 6). Numericamente aos 40 DAS a testemunha apresentou maior percentual de plantas infectadas (incidência), o que vai de encontro ao maior número de espécimes de nematoide no sistema radicular nesse tratamento, causando assim maiores danos nas raízes em forma de lesões, isso possibilita maior pontos de infecção para o fungo. Segundo Campos et al. (2020), as maiores incidências de podridões radiculares por *M. phaseolina* em soja, normalmente estão associadas as áreas de cultivo com maiores níveis populacionais de nematoides, comumente por *P. brachyurus*.

Aos 100 DAS (estádio R7) a incidência de *M. phaseolina* nas raízes das plantas foi de 100% independente do tratamento avaliado. Isso se deve a colonização dos tecidos pelo fungo ser mais rápida a partir dos estádios reprodutivos das plantas, evidenciando que, a partir desse momento, não é possível conter o progresso da doença nas plantas.

Tabela 6 - Incidência visual de *Macrophomina phaseolina* em plantas de soja coletadas aos 40, 70 e 100 DAS, em função da aplicação dos produtos para o controle da podridão cinzenta do caule sob condições de campo. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021

Tratamentos	Incidência (%)		
	40 DAS	70 DAS	100 DAS
1- Testemunha	62,50 ^{NS}	22,50 ^{NS}	100,00 ^{NS}
2- Abamectina / Abamectina	47,50	20,00	100,00
3- Carbendazim + Thiram	22,50	35,00	100,00
4- Carbendazim + Thiram / Abamectina	45,00	37,50	100,00
5- <i>Trichoderma asperellum</i>	32,50	20,00	100,00
6- <i>Trichoderma harzianum</i>	32,50	32,50	100,00
7- <i>T. asperellum</i> + <i>B.amyloliquefaciens</i>	40,00	35,00	100,00
C.V. (%)	44,38	28,04	---

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Obs.: NS - não significativo.

Ao avaliar a eficácia de controle da *M. phaseolina*, verificou-se que o controle químico, com fungicida T3 (Carbendazim + Thiram) apresentou maior eficácia (64%), seguido dos tratamentos contendo *Trichoderma* isoladamente (T5 e T6) (Tabela 7). Embora o tratamento T7 tenha *Trichoderma* em sua formulação, a associação ao *Bacillus amyloliquefaciens* pode ter inibido a reprodução do mesmo através de metabólitos liberados no meio, assim não permitindo uma ação mais efetiva sobre o patógeno. Nas avaliações de 70 DAS a eficácia já não foi expressiva em nenhum dos tratamentos avaliados. E aos 100 DAS não houve efeito algum por nenhum dos tratamentos.

Tonin et al. (2013) ao avaliar a sensibilidade micelial *in vitro* de um isolado de *Macrophomia phaseolina* obtido de soja, a diferentes fungicidas, observou que o fungicida com maior nível de inibição do crescimento micelial do fungo, foi o fungicida carbendazim, sendo este, o fungicida com maior efeito fungitóxico para o isolado de *M. phaseolina* no tratamento de sementes de soja.

Ao avaliar os rendimentos, não se verificou diferenças significativas para massa de mil grãos e produtividade entre os tratamentos (tabela 8). Porém ao analisar o incremento na produtividade, apenas os tratamentos contendo abamectina (T2 e T4) e *T. asperellum* isolado (T6) apresentaram incrementos superior a uma saca por hectare, sendo o maior incremento proporcionado pelo tratamento com duas aplicações (TS e sulco) de abamectina (T2).

Tabela 7 - Eficácia relativa (% controle) em função da incidência aos 40, 70 e 100 DAS após aplicação de produtos no controle da podridão cinzenta do caule sob condições de campo. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021

Tratamentos	Eficácia relativa (%)		
	40 DAS	70 DAS	100 DAS
1- Testemunha	0,00	0,00	0,00
2- Abamectina / Abamectina	24,00	11,11	0,00
3- Carbendazim + Thiram	64,00	0,00	0,00
4- Carbendazim + Thiram / Abamectina	28,00	0,00	0,00
5- <i>Trichoderma asperellum</i>	48,00	11,11	0,00
6- <i>Trichoderma harzianum</i>	48,00	0,00	0,00
7- <i>T. asperellum</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	36,00	0,00	0,00

Tabela 8 - Peso de mil grãos (g), produtividade (kg ha⁻¹ e sacas ha⁻¹) e incremento produtivo (sacas ha⁻¹), após a utilização de tratamentos químicos e biológicos via sulco de plantio e/ou tratamento de semente. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021

Tratamentos	PMG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Sacas ha ⁻¹	Inc. (Sacas ha ⁻¹)
1- Testemunha	147,40 ^{NS}	3.342,07 ^{NS}	55,70	0,00
2- Abamectina / Abamectina	150,51	3.588,69	59,81	1,64
3- Carbendazim + Thiram	148,18	3.434,34	57,24	0,62
4- Carbendazim + Thiram / Abamectina	150,59	3.563,63	59,39	1,48
5- <i>Trichoderma asperellum</i>	146,95	3.365,78	56,10	0,16
6- <i>Trichoderma harzianum</i>	150,49	3.528,13	58,80	1,24
7- <i>T. asperellum</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	147,58	3.351,51	55,86	0,06
C.V. (%)	3,58	7,54	-	-

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Obs.: NS - não significativo.

Nas condições de campo não é possível isolar o fator nematoide do fator infecção pelo fungo, assim as interações observadas com os diferentes níveis dos fatores permitiram estimar os danos expresso em porcentagem de redução na produtividade para a cultivar M 7110 IPRO. Portanto, verificou-se que para cada 52 espécimes de *P. brachyurus* por grama de raiz e 15 % de plantas infectadas por *M. phaseolina* no estágio fenológico V6/R1, pode proporcionar uma redução de produtividade (dano) igual a 6,9% (Figura 3). Já uma população de 32 *P. brachyurus* por grama de raiz associado a 30% de plantas infectadas por *M. phaseolina*, o dano na produtividade chega a 6,2%. Contudo, 9 espécimes de *P. brachyurus* por grama de raiz e 40% de plantas com *M. phaseolina* em V6/R1, proporciona uma redução de produtividade de 4,3%.

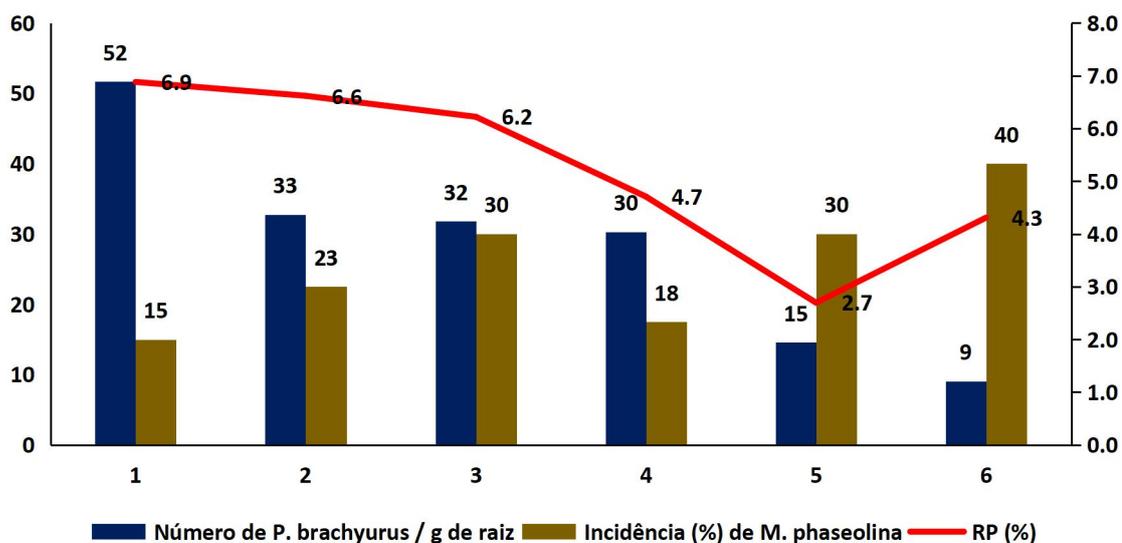


Figura 3 - Relação populacional de *P. brachyurus* / gama de raiz, incidência de *M. phaseolina* aos 40 DAS (estádio V6/R1) e dano (percentual da redução de produtividade) em plantas de soja da cultivar M 7110 Ipro, em função da interação dos patógenos. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021.

4 CONCLUSÕES

A redução no número de nematoides foi exclusivamente observada aos 40 DAS, tendo como melhores tratamentos (T2, T4, T5 e T7), sendo que, a eficácia relativa com base no número de nematoide por grama de raiz foi mais consistente no T2, que consiste na aplicação de abamectina no TS e sulco de plantio, proporcionando um controle de mais de 80%.

Não se observou diferença significativa para variável incidência de *M. phaseolina* em nenhum dos tratamentos, porém, uma maior eficácia de controle foi observada no controle químico com o fungicida Carbendazim + Thiram.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. G. de. Manejo químico de nematoides. In: XXXVI Congresso Brasileiro de Nematologia, 2019, Caldas Novas, GO. **Anais...** Caldas Novas: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2019. p. 1-5.
- CAMPOS, H.D.; SILVA, R.S.; RIBEIRO, L. M. Relatórios de pesquisas: **eficácia agrônômica de fungicida biológico no controle da podridão cinzenta do caule (*Macrophomina phaseolina*) na cultura da soja**. Rio Verde, Goiás, 2020, 24p.
- COOLEN, W. A. & D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Agriculture Research Center, 77p., 1972.
- CORTE, G. D., PINTO, F. F., STEFANELLO, M. T., GULART, C., RAMOS, J. P. D., & BALARDIN, R. S. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos no controle de fitonematoides em soja. **Ciência Rural**, v. 44, p. 1534-1540, 2014.
- FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. Nematologia de plantas: fundamentos e importância. **Manaus: Norma Editora**, v. 1, p. 251, 2016.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 48, p. 692, 1964.
- JOHNSON, K. B.; RADCLIFFE, E. B.; TENG, P. S. Effect of interacting populations of *Alternaria solani*, *Verticillium dahliae*, and the potato leafhopper (*Empoasca fabae*) on potato yield. **Phytopathology**, Saint Paul, Minnesota, v. 76, p. 1046-1052, 1986.
- KUBO, R. K.; MACHADO, A. C. Z.; OLIVEIRA, C. M. G. Efeito do tratamento de sementes no controle de *Rotylenchulus reniformis* em dois cultivares de algodão. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, p. 239-245, 2012.
- RAMAMOORTHY, V., VISWANATHAN, R., RAGUCHANDER, T., PRAKASAM, V., & SAMIYAPPAN, R. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. **Crop protection**, v. 20, n. 1, p. 1-11, 2001.
- ROSA JUNIOR, O. F. **Efeito isolado e combinado de *Pratylenchus brachyurus* e *Fusarium verticillioides* no desenvolvimento de dois híbridos de milho**. 2010. 60f. Dissertação (Mestre em Fitopatologia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.
- TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. 2ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 473p.
- TONIN, R. F. B.; AVOZANI, A.; DANELLI, A. L. D.; REIS, E. M.; ZOLDAN, S. M.; FIALLOS, F. R. G. *In vitro* mycelial sensitivity of *Macrophomina phaseolina* to fungicides. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n.4, p.460-466, 2013.

CAPÍTULO 2

INTERAÇÃO *Pratylenchus brachyurus* E *Macrophomina phaseolina* EM SOJA, SOB CONDIÇÕES DE CASA-DE-VEGETAÇÃO

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a interação entre o nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) e o fungo da podridão cinzenta da raiz (*Macrophomina phaseolina*) na cultura da soja. Conduziu-se o experimento em casa de vegetação na estação experimental da Campos Pesquisa Agrícola, Rio Verde- GO, com delineamento experimental inteiramente casualizado constituído de 10 tratamentos em cinco repetições. Os tratamentos foram representados pelo momento da inoculação das plantas com o nematoide e/ou fungo: testemunha absoluta (sem os patógenos) (SN), testemunha com nematoide (CN), testemunha com o fungo (CF), com nematoide + Fungo (CN+F), nematoide 7 dias após o fungo (CN > 7 > F), fungo 7 dias após o nematoide (F > 7 > N), nematoide 14 dias após fungo (CN > 14 > F), fungo 14 dias após o nematoide (F > 14 > N), nematoide na semente e o fungo no estágio fenológico R1 (CN > R1 > F), apenas o fungo no estágio fenológico R1 (SN > R1 > F). Aos 30, 60 e 90 dias após a inoculação foi realizada avaliações de população de nematoide e incidência do fungo, além do peso de mil grãos ao final do ciclo da cultura. A presença do fungo estimulou maior reprodução do *P. brachyurus* quando comparado com o tratamento que recebeu apenas o nematoide. As maiores incidências e severidade de *M. phaseolina* nos tecidos das plantas, foram observadas na presença do nematoide. A podridão causada por *M. phaseolina* e a reprodução de *P. brachyurus* foi maior quando os tratamentos receberam o fungo ou o nematoide também em intervalos maiores, o que pode estar relacionado ao estabelecimento dos patógenos sem que ocorresse competição entre eles no momento de infecção na planta.

Palavras-chave: Palavras-chave: nematoides das lesões radiculares, podridão cinzenta da raiz, *Glycine max*, manejo dos patógenos no solo.

CHAPTER 2

INTERACTION *Pratylenchus brachyurus* AND *Macrophomina phaseolina* IN SOYBEAN UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

ABSTRACT

In order to evaluate the interaction between the root lesion nematode (*Pratylenchus brachyurus*) and the gray root rot fungus (*Macrophomina phaseolina*) in soybean. The experiment was carried out in a greenhouse at the experimental station of Campos Pesquisa Agrícola, Rio Verde-GO, with a completely randomized design consisting of 10 treatments in five replications. The treatments were represented by the moment of inoculation of the plants with the nematode and/or fungus: absolute control (without the pathogens) (SN), control with nematode (CN), control with the fungus (CF), with nematode + Fungus (CN +F), nematode 7 days after fungus (CN > 7 > F), fungus 7 days after nematode (F > 7 > N), nematode 14 days after fungus (CN > 14 > F), fungus 14 days after nematode (F > 14 > N), nematode at sowing and the fungus at the R1 phenological stage (CN > R1 > F), only the fungus at the R1 phenological stage (SN > R1 > F). At 30, 60 and 90 days after inoculation, evaluations of nematode population and fungus incidence were performed, in addition to the weight of a thousand grains at the end of the crop cycle. The presence of the fungus stimulated greater reproduction of *P. brachyurus* when compared to the treatment that received only the nematode. The highest incidences and severity of *M. phaseolina* in plant tissues were observed in the presence of the nematode. Rot caused by *M. phaseolina* and reproduction of *P. brachyurus* was higher when treatments received the fungus or nematode also at longer intervals, which may be related to the establishment of pathogens without competition between them at the time of infection in the plant.

Keywords: Keywords: root lesion nematodes, gray root rot, *Glycine max*, soil pathogen management.

1 INTRODUÇÃO

Na cultura da soja, em diferentes regiões do cerrado, tem se observado maiores incidência de podridões radiculares nas áreas com maiores níveis populacionais de nematoides. Normalmente, a espécie de nematoide mais comum é o *Pratylenchus brachyurus*, e o fungo a *Macrophomina phaseolina* (Campos et al., 2019). Os nematoides geralmente auxiliam e aumentam a patogenicidade dos fungos na planta hospedeira através das modificações histológicas e fisiológicas nos tecidos da raiz (Jordan, 1987, Mauza; Webster, 1992, Bowers et al.,1996). Entretanto, poucos estudos epidemiológicos têm sido conduzidos com a finalidade de mostrar a importância do efeito da interação desses patógenos, além dos danos na produção.

No Brasil, *P. brachyurus* tem sido uma espécie agressiva na cultura da soja. Sua capacidade em causar danos ainda tem sido pouco estudada, muitas vezes baseada em informações de uma única área e cultivar específica. Além disso, são escassos os estudos de interação do nematoide com os fungos no solo causadores de podridões radiculares na soja, situação essa comumente observadas em lavouras de diferentes regiões produtoras.

As interações mais frequentemente relatadas entre o gênero *Pratylenchus* e fungos fitopatogênicos (*Fusarium* e *Verticillium*) (RIEDEL et al., 1985; SUMNER; MINTON, 1987) foram descritas nas culturas do algodão e tomate.

Em função do exposto, o presente trabalho teve como objetivo compreender as interações entre estes agentes fitopatogênicos importantes, para fornecer estratégias de manejo mais efetivas, minimizando os prejuízos causados as plantas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido sob condições de casa de vegetação na estação experimental da Campos Pesquisa Agrícola, Rio Verde, Goiás, durante o período de novembro de 2019 a julho de 2020.

O delineamento experimental utilizado nesse ensaio foi o inteiramente casualizado, com 10 tratamentos em 5 repetições. Como tratamentos foi utilizado o nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus* e o fungo causador de podridão radicular *Macrophomina*

phaseolina, isoladamente e em interações, com diferentes condições de infestação, conforme descrito na Tabela 9.

Tabela 9 - Descrição dos tratamentos utilizados em função do momento de infestação, nos vasos contendo plantas de soja, com os patógenos. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021

Número	Tratamentos
1	Testemunha sem nematoide e sem o fungo (SN)
2	Testemunha com nematoide e sem o fungo (CN)
3	Testemunha com o fungo e sem nematoide (CF)
4	Com nematoide + fungo (CN + F)
5	Nematoide 10 DAS e fungo aos 7 dias após (CN > 7 > F)
6	Fungo 10 DAS e nematoide aos 7 dias após (F > 7 > N)
7	Nematoide 10 DAS e fungo aos 14 dias após (CN > 14 > F)
8	Fungo 10 DAS e nematoide aos 14 dias após (F > 14 > N)
9	Nematoide 10 DAS e fungo no estágio fenológico R1 (CN > R1 > F)
10	Sem nematoide e fungo no estágio fenológico R1 (SN > R1 > F)

Obs.: DAS = Dias após a semeadura

Em vasos plásticos, com capacidade para 5 litros, foi adicionado substrato (solo arenoso + esterco bovino, na proporção 2:1), solarizado por seis semanas. Desse substrato foi retirada uma amostra para análise química, e de acordo com as necessidades da cultura realizou-se a adubação. Em cada vaso foram semeadas oito sementes da cultivar BMX Foco IPRO. Aos dez dias da semeadura realizou-se o desbaste, mantendo quatro plântulas por vaso e realizou-se a infestação nos vasos com o nematoide e/ou fungo, de acordo com o tratamento.

2.1 Preparo do inóculo e inoculação de *Pratylenchus brachyurus*

O inóculo de *P. brachyurus* utilizado foi proveniente de lavoura de soja infestada do município de Rio Verde, GO e previamente multiplicado em plantas de sorgo sob condições de casa de vegetação. Para obtenção dos nematoides, em laboratório, as raízes das plantas infectadas foram lavadas, cortadas em pedaços de aproximadamente um centímetro e trituradas pela técnica do liquidificador, aliada a centrifugação em solução de sacarose, seguindo o método de Coolen e D' Herde (1972). Na suspensão obtida, estimou-se o número de espécimes do nematoide por mililitro com o auxílio de microscópio óptico e lâmina de

Peters. Cada plântula / planta foi inoculada com uma população previamente calibrada contendo 500 espécimes de *P. brachyurus*.

Para inoculação das plantas três orifícios de aproximadamente 1,5cm de profundidade foram realizados próximo ao colo da planta, e em cada orifício adicionou 2,5 ml da suspensão previamente calibrada contendo o nematoide, perfazendo uma população de 500 nematoides por planta, totalizando 2000 nematoides por vaso.

2.2 Preparo do inóculo e inoculação de *Macrophomina phaseolina*

O isolado de *Macrophomina phaseolina* foi obtido de raízes de soja infectadas. Para isso, no laboratório de Fitopatologia, realizou-se o isolamento do fungo em placa de petri contendo meio de cultura BDA (Batata Dextrose Agar), obtendo em seguida a cultura pura do mesmo. Posteriormente, o isolado foi repicado para placas contendo o meio citado, e assim obtendo o inóculo a ser utilizado.

Após 15 dias de incubação das placas em câmara de crescimento, com fotoperíodo de 12 horas e temperatura de 25°C, observou-se intensa produção de microescleródios, os quais utilizados como inóculo. Para isso, as placas com o fungo crescido foram inundadas com água destilada estéril e os microescleródios raspados da superfície do meio de cultura com auxílio de um pincel, obtendo uma suspensão dos mesmos. Nessa suspensão foi estimado o número de microescleródios com auxílio de microscópio óptico e câmara de Peters, onde realizou-se então a calibração do inóculo. Cada vaso por sua vez recebeu uma suspensão (5 mL) contendo 2000 esclerócios. Essa suspensão foi depositada sobre orifícios de 1,5 cm de profundidade em torno das plântulas / plantas com ou sem o nematoide, conforme o tratamento. Após cada infestação a superfície do vaso foi coberta com uma fina camada de areia.

2.3 Avaliações

Foram realizadas avaliações de população de nematoide e incidência / severidade da podridão nas raízes pelo fungo, aos 30 e 60 dias após a inoculação. Ao final, 90 dias após a inoculação, também obteve o peso de grãos como componente de produtividade, além de avaliações de incidência e severidade da doença.

Para extração do nematoide, as raízes foram lavadas em água corrente, para remoção de solo aderente e deixadas para secar naturalmente sob papel absorvente, em sequência as

mesmas foram pesadas obtendo-se a massa fresca das raízes (MFR), em seguida foram cortadas com tesoura em fragmentos de até 2 cm e pesadas novamente para obtenção da massa extraída. Os fragmentos foram triturados em liquidificador por cerca de 5 segundos, segundo a técnica de Coolen e D'Herde (1972), onde a suspensão foi vertida em peneiras de 100 mesh acoplada sobre a 500 mesh. O material retido na peneira de 500 mesh foi recolhido com jato de água de uma pisseta e a suspensão obtida foi submetida a técnica proposta por Bonett e Ferraz (1983) para clareamento, através de centrifugação em solução de sacarose. Para extração dos nematoides do solo, amostras de 100 cm³ de solo, foram retiradas de cada vaso e submetida a extração pela técnica de flutuação e centrifugação proposta por Jenkins (1964).

Para avaliação de incidência e severidade na região do colo e raiz, plantas foram retiradas cuidadosamente dos vasos, a parte aérea separada da raiz, seccionando logo acima do colo com auxílio de um bisturi, em seguida aproximadamente 8 cm de raiz pivotante a partir do colo foi separada. Sob condições de câmara de fluxo laminar, os fragmentos foram submetidos a assepsia em solução de hipoclorito de sódio (0,5%) por um minuto, enxaguadas com água esterilizada, abertos ao meio e colocadas assepticamente em câmaras úmidas (tipo gerbox contendo papel germitest umedecido). Em seguida foram mantidos por 20 dias em sala de crescimento com temperatura em torno 25 °C e fotoperíodo de 12 horas, após esse período foi realizada a incidência e severidade da doença nos fragmentos, de cada repetição do tratamento, com auxílio e microscópio estereoscópio.

Após a quantificação do nematoide em cada parcela, determinou o número de *P. brachyurus* por grama de raiz, número de *P. brachyurus* por 100 cm³ de solo e população total (solo + raiz) do nematoide. Para obtenção da massa de mil grãos, a umidade dos mesmos foi corrigida para 13%.

2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância para verificar se houve diferença significativa entre os tratamentos, e posteriormente realizado o teste de comparação de média Scott Knott a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a população do nematoide aos 30 e 60 dias da primeira inoculação, verificou-se diferenças significativas entre os tratamentos em todas as variáveis analisadas (Tabelas 10 e 11). A maior reprodução do nematoide na raiz da soja foi observado no tratamento que recebeu o nematoide 14 dias após a introdução do fungo (T8- fungo 10 DAS e nematoide aos 14 dias após (F > 14 > N)) e também no tratamento que introduziu o fungo em R1 (T9- nematoide 10 DAS e fungo no estágio fenológico R1 (CN > R1 > F)), apresentando maiores números de nematoide por grama de raiz. No solo as populações já apresentaram semelhantes entre os tratamentos que receberam nematoide, independente do momento de introduzir o fungo ou o nematoide em estudo, fato que pode ser explicado devido ao modo de parasitismo do *P. brachyurus*, um endoparasita migrador.

De modo geral a presença do fungo estimulou maior reprodução de *P. brachyurus*, em comparação ao tratamento com a introdução apenas do nematoide. Provavelmente, a presença do fungo pode estimular maior produção de exsudatos na raiz ou mesmos metabolitos produzidos pela *M. phaseolina*, favorecendo a atração do nematoide para a raiz e/ou estimular a reprodução do nematoide devido a ação de competição entre esses patógenos nos tecidos radiculares.

Taheri et al. (1994) demonstraram uma interação positiva de *P. neglectus* com espécies de *Fusarium* que causam podridão em raízes de trigo, sugerindo que alguns fungos podem tornar as raízes mais propícias para multiplicação do nematoide. Powell (1971) também observou que, em geral, as populações de nematoides migratórios parecem aumentar como resultado de interações com fungos; considerando que, as populações de nematoides sedentários são geralmente suprimidos em condições semelhantes.

Tabela 10 - Reprodução de *Pratylenchus brachyurus* (número de nematoides por grama de raiz, número de nematoides no solo e número total de nematoides) em plantas de soja aos 30 DAI. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021

Tratamentos	Número nematoides / g de raiz	Número nematoides solo (100 cc)	Número nematoides total (solo + raiz)
1- SN	0,00 a	0,00 a	0,00 a
2- CN	1,82 a	35,62 c	99,78 b
3- CF	0,00 a	0,00 a	0,00 a
4- CN + F	1,56 a	35,10 c	96,81 b
5- CN > 7 > F	4,16 a	28,60 b	132,99 b
6- F > 7 > N	1,30 a	32,50 c	97,33 b
7- CN > 14 > F	9,10 b	26,00 b	370,39 c
8- F > 14 > N	20,80 c	27,82 b	875,30 d
9- CN > R1 > F	28,60 c	33,54 c	1139,26 d
10- SN > R1 > F	0,00 a	0,00 a	0,00 a
C.V. (%)	40,10	10,27	35,36

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Obs.: T1- sem nematoide e sem o fungo (SN); T2- com nematoide e sem o fungo (CN); T3- com o fungo e sem nematoide (CF); T4- com nematoide + fungo (CN + F); T5- nematoide 10 DAS e Fungo aos 7 dias após (CN > 7 > F); T6- fungo 10 DAS e nematoide aos 7 dias após (F > 7 > N); T7- nematoide 10 DAS e fungo aos 14 dias após (CN > 14 > F); T8- fungo 10 DAS e nematoide aos 14 dias após (F > 14 > N); T9- nematoide 10 DAS e fungo no estágio fenológico R1 (CN > R1 > F); T10- sem nematoide e fungo no estágio fenológico R1 (SN > R1 > F).

Tabela 11 - Reprodução de *Pratylenchus brachyurus* (número de nematoides por grama de raiz, número de nematoides no solo e número total de nematoides) em plantas de soja aos 60 DAI. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021

Tratamentos	Número nematoides / g de raiz	Número nematoides solo (100 cc)	Número nematoides total (solo + raiz)
1- SN	0,00 a	0,00 a	0,00 a
2- CN	5,98 b	40,04 b	375,73 b
3- CF	0,00 a	0,00 a	0,00 a
4- CN + F	5,46 b	42,38 b	248,89 b
5- CN > 7 > F	8,58 b	35,88 b	436,23 b
6- F > 7 > N	17,42 c	37,70 b	661,97 b
7- CN > 14 > F	18,72 c	36,92 b	965,85 b
8- F > 14 > N	90,74 d	39,00 b	3783,31 c
9- CN > R1 > F	157,56 e	36,92 b	5851,30 d
10- SN > R1 > F	0,00 a	0,00 a	0,00 a
C.V. (%)	31,50	5,90	34,99

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Obs.: T1- sem nematoide e sem o fungo (SN); T2- com nematoide e sem o fungo (CN); T3- com o fungo e sem nematoide (CF); T4- com nematoide + fungo (CN + F); T5- nematoide 10 DAS e Fungo aos 7 dias após (CN > 7 > F); T6- fungo 10 DAS e nematoide aos 7 dias após (F > 7 > N); T7- nematoide 10 DAS e fungo aos 14 dias após (CN > 14 > F); T8- fungo 10 DAS e nematoide aos 14 dias após (F > 14 > N); T9- nematoide 10 DAS e fungo no estágio fenológico R1 (CN > R1 > F); T10- sem nematoide e fungo no estágio fenológico R1 (SN > R1 > F).

Ao analisar a incidência e severidade de *M. phaseolina* aos 30 nas plantas de soja, verificou-se diferenças significativas entre os tratamentos avaliados (Tabela 12). As maiores incidências e severidades nas plantas foram observados nos tratamentos que receberam o fungo ou o nematoide em intervalos maiores, ou seja, 14 dias após a introdução do fungo ou do nematoide (T7- nematoide 10 DAS e fungo aos 14 dias após (CN > 14 > F); T8- fungo 10 DAS e nematoide aos 14 dias após (F > 14 > N)), e também aqueles tratamentos que receberam o fungo ou o nematoide no estágio R1 (T9- nematoide 10 DAS e fungo no estágio fenológico R1 (CN > R1 > F); T10- sem nematoide e fungo no estágio fenológico R1 (SN > R1 > F)).

A incidência e severidade de *M. phaseolina*, aos 60 dias após a semeadura, ocorreram em todos os tratamentos onde o fungo foi introduzido, e apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 12). As maiores incidências e severidades ocorreram nos tratamentos que receberam o fungo ou o nematoide em intervalos maiores, 14 dias ou em R1 (T7- nematoide 10 DAS e fungo aos 14 dias após (CN > 14 > F); T8- fungo 10 DAS e nematoide aos 14 dias após (F > 14 > N), T9- nematoide 10 DAS e fungo no estágio fenológico R1 (CN > R1 > F); T10- sem nematoide e fungo no estágio fenológico R1 (SN > R1 > F)). Já aos 90 DAS a incidência foi semelhante em todos os tratamentos com a introdução do fungo, exceto nos tratamentos onde a *M. phaseolina* foi introduzida isoladamente ou não foi introduzida (T1- sem nematoide e sem o fungo (SN); T2- com nematoide e sem o fungo (CN); T3- com o fungo e sem nematoide (CF) (Tabela 12). Para a severidade aos 90 DAS, também houve diferenças significativas entre os tratamentos, e da mesma forma os tratamentos que receberam o nematoide em intervalo maior (14 dias) ou fungo ou o nematoide no estágio fenológico R1, apresentaram as maiores severidades em relação aos demais tratamentos.

Al-Hazmi (1984) observando o efeito isolado e combinado de *P. brachyurus* e *M. phaseolina* em duas cultivares de feijão francês, verificou que o índice de podridão radicular das plantas de feijão inoculadas com o fungo aumentou na presença do nematoide, e que, o mais alto e significativo aumento da podridão da raiz ocorreu quando o nematoide precedeu a inoculação do fungo por duas semanas. Resultado semelhante foi observado por Tu e Cheng (1971), que ao introduzir *M. javanica* e *M. phaseolina* simultaneamente em mudas de Kenaf, notou que quando a inoculação de *M. incognita* precedeu a inoculação do fungo por 2 semanas, a podridão da raiz foi significativamente maior em relação ao tratamento que tinha o fungo de forma isolada.

As maiores incidências e severidades da podridão por *M. phaseolina* nos tecidos das plantas, foram observadas com a presença de *P. brachyurus*. Provavelmente as lesões nas raízes, provocadas pelo nematoide, levou maior estresse na planta favorecendo a colonização dos tecidos pelo fungo.

De acordo com Bergeson (1963) e Faulkner et al. (1970), o período de incubação da murcha de *Verticillium* é encurtado quando as plantas estão infectadas com *Pratylenchus*, indicando que as alterações físicas e fisiológicas nas plantas infectadas estão fortemente relacionadas com a suscetibilidade das plantas a doença.

Tabela 12 - Percentual de incidência e severidade visual de *Macrophomina phaseolina* em plantas de soja coletadas aos 30, 60 e 90 DAS. Universidade de Rio Verde - UniRV, 2021

Tratamentos	30 DAS		60 DAS		90 DAS	
	Incidência	Severidade	Incidência	Severidade	Incidência	Severidade
1- SN	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	10,00 a	0,94 a
2- CN	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	20,00 a	0,98 a
3- CF	0,00 a	0,00 a	55,00 c	1,72 b	55,00 b	0,22 a
4- CN + F	0,00 a	0,00 a	60,00 c	1,22 b	75,00 c	2,08 b
5- CN > 7 > F	0,00 a	0,00 a	40,00 b	0,82 b	80,00 c	2,28 b
6- F > 7 > N	0,00 a	0,00 a	25,00 b	0,52 a	80,00 c	2,36 b
7- CN > 14 > F	70,00 b	1,08 b	85,00 d	2,42 c	85,00 c	2,42 b
8- F > 14 > N	70,00 b	1,32 b	95,00 d	2,98 c	100,00 c	3,62 c
9- CN > R1 > F	75,00 b	1,84 c	90,00 d	3,40 d	95,00 c	3,60 c
10- SN > R1 > F	80,00 b	1,96 c	90,00 d	3,56 d	95,00 c	3,80 c
C.V. (%)	25,31*	16,58*	34,25	38,20	23,77	18,87*

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. * dados transformados em raiz quadrada de $Y + 0.5 - \sqrt{Y + 0.5}$.

Obs.: T1- sem nematoide e sem o fungo (SN); T2- com nematoide e sem o fungo (CN); T3- com o fungo e sem nematoide (CF); T4- com nematoide + fungo (CN + F); T5- nematoide 10 DAS e Fungo aos 7 dias após (CN > 7 > F); T6- fungo 10 DAS e nematoide aos 7 dias após (F > 7 > N); T7- nematoide 10 DAS e fungo aos 14 dias após (CN > 14 > F); T8- fungo 10 DAS e nematoide aos 14 dias após (F > 14 > N); T9- nematoide 10 DAS e fungo no estágio fenológico R1 (CN > R1 > F); T10- sem nematoide e fungo no estágio fenológico R1 (SN > R1 > F).

4 CONCLUSÕES

A presença do fungo estimulou maior reprodução do *P. brachyurus* quando comparado com o tratamento que recebeu apenas o nematoide.

As maiores incidências e severidade de *M. phaseolina* nos tecidos das plantas, foram observadas na presença do nematoide.

A podridão causada por *M. phaseolina* e a reprodução de *P. brachyurus* foi maior quando os tratamentos receberam o fungo ou o nematoide também em intervalos maiores, o que pode estar relacionado ao estabelecimento dos patógenos sem que ocorresse competição entre eles no momento de infecção na planta.

REFERÊNCIAS

- AL-HAZMI, A. S. Interaction of *Meloidogyne incognita* and *Macrophomina phaseolina* in a Root-Rot Disease Complex of French Bean. **Journal of Phytopathology**, v. 113, n. 4, p. 311-316, 1985.
- BERGESON, G. B. Influence of *Pratylenchus penetrans* alone and in combination with *Verticillium albo-atrum* on growth of peppermint. **Phytopathology**, v. 53, n. 10, p. 1164-1166, 1963.
- BONETI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, n. 3, 1981.
- BOWERS, J. H., NAMETH, S. T., RIEDEL, R. M., & ROWE, R. C. Infection and colonization of potato roots by *Verticillium dahliae* as affected by *Pratylenchus penetrans* and *P. crenatus*. **Phytopathology**, v. 86, n. 6, p. 614-621, 1996.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. John Wiley & Sons., 1990.
- CAMPOS, H.D. **Manejo e controle de nematoides**. Reunião de pesquisa de soja (RPS), 37ª edição. Embrapa Soja. Londrina PR, jun., 2019, 45p. (digital: www.rps2019.com.br).
- COOLEN, W. A. & D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Agriculture Research Center, 77p., 1972.

FAULKNER, L. R.; BOLANDER, W. J.; SKOTLAND, C. B. Interactions of *Verticillium dahlia* and *Pratylenchus minyus* in *Verticillium* wilt of peppermint: Influence of the nematode as determined by a double root technique. **Phytopathology**, v. 60, p. 100-103, 1970.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 48, p. 692, 1964.

JORDAN, E. M. LOOTS, GC, JOOST, WJ and de WAELE. D. 1987. Effects of root lesion nematode *Pratylenchus brachyurus* and *Fusarium moniliforme* alone or in combination, on maize. **Nematologia Mediterranea**, v. 24, n. 2, p. 314-343.

MAUZA. B. E. and WEBSTER, J. M. 1992. Suppression of alfalfa growth by concomitant population of *Pratylenchus penetrans* and two *Fusarium* sp. **J.Nematology**, 14(30:364-367.

POWELL, NT Interações entre nematóides e fungos em complexos de doenças. **Revisão Anual de Fitopatologia**, v. 9, n. 1, pág. 253-274, 1971.

RIEDEL, R. M.; ROWE, R.C.; MARTIN, M. J. Differential interactions of *Pratylenchus crenatus*, *P. penetrans*, and *P. scribneri* with *Verticillium dahliae* in potato early dying disease. **Phytopathology**, v. 75, n. 4, p. 419-422, 1985.

SUMNER, D. R.; MINTON, N. A. Interaction of *Fusarium* wilt and nematodes in Cobb soybean. **Plant Disease**, v. 71, p. 20-23, 1987.

TAHERI, A.; HOLLAMBY, G. J.; VANSTONE, V. A.; NEATE, S. M. Interaction between root lesion nematode, *Pratylenchus neglectus* (Rensch 1924) Chitwood and Oteifa 1952, and root rotting fungi of wheat. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 22, p. 181-185, 1994.

TU, C. C.; CHENG, Y. H. Interaction of *Meloidogyne javanica* and *Macrophomina phaseoli* in kenaf root rot. **Journal of Nematology**, v. 3, n. 1, p. 39, 1971.