

**INTERAÇÃO ENTRE PLANTAS DE COBERTURA E
AGENTES DE BIOCONTROLE NO MANEJO DE
NEMATÓIDES NA CULTURA DA SOJA**

Samuel Júnio Cirilo Teixeira
Eng. Agrônomo

URUTAÍ – GOIÁS

2021

SAMUEL JÚNIO CIRILO TEIXEIRA

**INTERAÇÃO ENTRE PLANTAS DE COBERTURA E AGENTES DE
BIOCONTROLE NO MANEJO DE NEMATOIDES NA CULTURA DA SOJA**

Orientador: Prof. Dr. Fernando Godinho de Araújo
Coorientadora: Profa. Dr^a. Cláudia Regina Dias Arieira

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Urutaí – GO
2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

T266i Teixeira, Samuel Júnio Cirilo
 Interação entre plantas de cobertura e agentes de
 biocontrole no manejo de nematoides na cultura da
 soja / Samuel Júnio Cirilo Teixeira; orientador
 Fernando Godinho Araújo; co-orientadora Cláudia
 Arieira. -- Urutaí, 2021.
 27 p.

 Dissertação (Mestrado em PROTEÇÃO DE PLANTAS) --
 Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2021.

 1. Heterodera glycines. 2. Meloigogyne incognita.
 3. Pratylenchus brachyurus. 4. Bacillus sp.. 5.
 Manejo integrado. I. Araújo, Fernando Godinho ,
 orient. II. Arieira, Cláudia, co-orient. III. Título.



**Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas**

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Samuel Júnio Cirilo Teixeira

Matrícula: 2019101330540223

Título do Trabalho: INTERAÇÃO ENTRE PLANTAS DE COBERTURA E AGENTES DE BIOCONTROLE NO MANEJO DE NEMATÓIDES NA CULTURA DA SOJA

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: ___/___/___

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutaí, 20/10/2021.

Local Data

Assinatura do Autor e/ou Defensor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

FOLHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação: Interação entre plantas de cobertura e agentes de biocontrole no manejo de nematoides na cultura da soja.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Godinho de Araújo

Autor: Samuel Júnio Cirilo Teixeira

Dissertação de Mestrado **APROVADA** em **29 de junho de 2021**, como parte das exigências para obtenção do Título **MESTRE EM PROTEÇÃO DE PLANTAS**, pela Banca Examinadora especificada a seguir:

| | |
|--|---------------------------|
| Prof. Dr. Fernando Godinho de Araújo - IF Goiano - Campus Urutaí | Orientador |
| Dr. Andre Cirilo de Sousa Almeida | IF Goiano - Campus Urutaí |
| Profa. Dra. Débora Cristina Santiago | UEL |
| Profa. Dra. Claudia Regina Dias Arieira | UEM |

Documento assinado eletronicamente por:

- Débora Cristina Santiago, Débora Cristina Santiago - Membro externo - Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (10651417000259), em 14/07/2021 17:49:53.
- Andre Cirilo de Sousa Almeida, ENGENHEIRO AGRONOMO, em 14/07/2021 16:07:23.
- Claudia Regina Dias Arieira, Claudia Regina Dias Arieira - Membro externo - Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (10651417000259), em 14/07/2021 14:20:15.
- Fernando Godinho de Araújo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 14/07/2021 14:11:50.

Este documento foi emitido pelo SUJAP em 28/06/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 285101

Código de Autenticação: 580283c95b



DEDICATÓRIA

Dedico este aos meus pais, Samuel Teixeira da Silva e Maria Rosária Silva, e a minha irmã Bruna Patrícia Cirilo Teixeira que fizeram de tudo para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por ter me concedido esta oportunidade e por me dar forças para seguir em frente.

Aos meus pais, Samuel Teixeira da Silva e Maria Rosária Silva, minha irmã Bruna Patrícia Cirilo Teixeira, e minha esposa Adriene Laíz da Silva Teixeira, pelo apoio e por tudo que fizeram e fazem por mim.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Urutaí - Programa de Pós-graduação em Proteção de Plantas, pela oportunidade.

Ao LABMIN e todos seus colaboradores, pelo esforço, trabalho, dedicação e a oportunidade de estar aprendendo cada dia mais sobre a importância dos fitonematoides no cenário brasileiro.

A Universidade Estadual de Maringá – UEM e seus colaboradores, em especial a minha coorientadora Cláudia Regina Dias Arieira pela parceria, paciência, conhecimento e aprendizado.

Agradeço orgulhosamente à empresa a qual faço parte Lallemand Soluções Agrobiológicas Ltda., pelo apoio e incentivo na busca de conhecimento. Em especial gostaria de agradecer aos meus colegas e amigos do departamento “Technical Marketing” pela força e companheirismo, ao Cleiton Oliveira, Ronnie Pereira, Guilherme Oliveira, Wederson Mendes, Lucas Silva, Murillo Borges e Tiago Lameu, à Débora Couto, Sabrina Gomes e Rejanne Ribeiro por auxiliar e apoiar. Sou muito grato a todos vocês.

E por último, mas não menos especial, pelo contrário, pois sem ele seria impossível que eu chegasse até aqui: Fernando Godinho de Araújo, não tenho palavras para descrever a imensurável gratidão que tenho por você, pela paciência, apoio, puxões de orelha e por tudo que fez e faz por mim. Agradeço por transmitir seu conhecimento e por ter se dedicado tanto a este projeto, pela sua dedicação mesmo em finais de semana, feriados, e nas férias, em que nunca negou ajuda e sempre esteve disposto a me orientar.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”
(Albert Einstein)

“Tudo é possível àquele que crê”
Marcos 9:23

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO GERAL | ix |
| ABSTRACT | x |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL | 1 |
| 2. PLANTAS DE COBERTURA E AGENTES DE BIOCONTROLE NO MANEJO DE NEMATOIDES NA CULTURA DA SOJA..... | 3 |
| 2.1 INTRODUÇÃO..... | 5 |
| 2.2 MATERIAL E MÉTODOS | 6 |
| 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 8 |
| 2.4 CONCLUSÃO..... | 15 |
| 3. PLANTAS DE COBERTURA E AGENTES DE BIOCONTROLE NO MANEJO DO NEMATOIDE DO CISTO DA SOJA..... | 16 |
| 3.1 INTRODUÇÃO..... | 18 |
| 3.2 MATERIAL E MÉTODOS | 19 |
| 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 20 |
| 3.4 CONCLUSÃO..... | 22 |
| 4.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 23 |
| 5.0 REFERÊNCIAS | 24 |

RESUMO GERAL

TEIXEIRA, S. J. C. Manejo de fitonematoides na cultura da soja empregando plantas de cobertura e agentes de controle biológico. 2021. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Instituto Federal Goiano – campus Urutaí, Urutaí, 2021.

A soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo sendo o Brasil o maior produtor. No cerrado brasileiro os fitonemaoides tem-se tornado um desafio cada vez maior para a agricultura e, a associação de ferramentas de controle é a melhor estratégia a ser utilizada no manejo. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do manejo de fitonematoides na cultura da soja empregando plantas de cobertura e agentes de controle biológico. Dessa forma, foram conduzidos experimentos em condições de casa de vegetação para os gêneros *Heterodera glycines*, *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus brachyurus*. O primeiro estudo objetivou avaliar a eficiência do manejo por meio de plantas de cobertura e agentes de biocontrole. Para cada gênero em estudo (*M. incognita* e *P. brachyurus*) foram desenvolvidos dois ensaios em condições de casa de vegetação, com diferentes espécimes de plantas de cobertura (Milheto ADRG 9050 e ADR 300, *U. ruziziensis*, *C. ochroleuca* e *C. spectabilis*) e milho DKB 290 tratados ou não com *Bacillus subtilis* e *B. methylophilicus* (1×10^6 U.F.C por semente) em ensaios distintos. Após o cultivo das plantas de cobertura, soja foi semeada e cultivada por 45 e 60 dias. Ao final dos ensaios foram avaliadas a massa fresca de raízes, população total de nematoides e o número de nematoides por grama de raiz. A associação dos microrganismos com *C. spectabilis*, *U. ruziziensis* e Milheto ADR 300 conferiram efeito adicional na redução da população de *P. brachyurus*. Para a espécie *M. incognita* a associação foi bem-sucedida apenas para a combinação da *C. spectabilis* com *B. methylophilicus*. Apesar do milho DKB 290 não ser uma planta de cobertura, nota-se que quando tratado previamente com *B. methylophilicus*, a população do nematoide por grama de raiz da soja plantada em sequência é reduzida em 90% em comparação às plantas que não receberam o tratamento prévio do milho com o microrganismo. O segundo estudo teve como objetivo avaliar a eficiência dos tratamentos biológico *Trichoderma koningiopsis* e *B. methylophilicus*, associados a culturas de entressafra para o controle de *H. glycines* raça 3 na cultura da soja. Foram desenvolvidos dois ensaios em condições de casa de vegetação, com plantas de cobertura (Milheto ADR 300, *U. ruziziensis*, *C. spectabilis*) e milho DKB 290 tratados ou não com *T. koningiopsis* (1 g por Kg^{-1} de semente) e *B. methylophilicus* (1×10^6 U.F.C. por semente) em ensaios distintos. Após o cultivo das plantas de cobertura, estas foram submetidas a um estresse hídrico de 60 dias e, posteriormente, sementes de soja foram semeadas, e cultivada por 30 dias. Ao final dos ensaios foram avaliados o número de cistos vaso^{-1} e o número de ovos por cisto. A associação entre plantas de cobertura e os produtos biológico, não conferiu efeito adicional para o controle de *H. glycines* avaliado na soja subsequente. O efeito de controle da combinação entre plantas de coberturas e produtos biológicos possuem interações e comportamentos únicos, o qual é influenciado também pelo gênero de nematoide. A associação de ferramentas de controle sempre será a melhor alternativa para manejar e conter a multiplicação de fitonematoides no solo.

Palavras-chave: *Heterodera glycines*; *Meloidogyne incognita*; *Pratylenchus brachyurus*; *Bacillus* sp., manejo integrado

ABSTRACT

TEIXEIRA, S. J. C. Phytonematodes management in soybean using cover crops and biological control agents. 2021. Dissertation (Master degree in Plant Protection) – Instituto Federal Goiano – campus Urutaí, Urutaí, 2021.

The soybean is the most important oilseed cultivated in the world and Brazil is the largest producer. In the Brazilian cerrado, phytonemaoids have increasingly become a challenge for agriculture and the association of control tools is the best strategy to be used in their management. Thus, the present work aimed to evaluate the efficiency of phytonematodes management in soybean crop using cover crops and biological control agents. Thus, experiments were carried out under greenhouse conditions for the genera *H. glycines*, *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus brachyurus*. The first study aimed at the efficiency of nematode management in soybean crop using cover crops and biocontrol agents. For each genus under study (*Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus brachyurus*) two trials were developed under greenhouse conditions where different specimens of cover crops (millet ADRG 9050 and ADR 300, *U. ruziziensis*, *C. ochroleuca* and *C. spectabilis*) and DKB 290 corn treated or not with *Bacillus subtilis* and *B. methylotrophicus* (1×10^6 per seed) in different assays. After the cultivation of cover crops, soybeans were sown and cultivated for 45 and 60 days. At the end of the tests, the fresh mass of roots, total nematode population and the number of nematodes per gram of root were evaluated. The association of microorganisms with *C. spectabilis*, *U. ruziziensis* and ADR 300 millet conferred an additional effect on reducing the population of *P. brachyurus*. For the species *M. incognita* the association was successful only for the combination of *C. spectabilis* with *B. methylotrophicus*. Although DKB 290 corn is not a cover crop, it is noted that when previously treated with *B. methylotrophicus*, the nematode population per gram of sequentially planted soybean root is reduced by 90% compared to plants that did not receive the previous treatment of corn with the microorganism. The second study aimed to evaluate the efficiency of biological treatments *T. koningiopsis* and *B. methylotrophicus*, associated with off-season crops for the control of *Heterodera glycines* race 3 in soybean crop. Two trials were carried out under greenhouse conditions where different specimens of cover crops (ADR 300 millet, *U. ruziziensis*, *C. spectabilis*) and DKB 290 maize treated or not with *T. koningiopsis* (1g per kg^{-1} of seed) and *B. methylotrophicus* (1×10^6 CFU per seed) in different assays. After the cultivation of cover crops, they were subjected to a water stress of 60 and then soybean seeds were sowed and cultivated for 30 days. At the end of the tests, the number of cysts/vessel and the number of eggs per cyst were evaluated. The association between top dressings and the biological products *T. koningiopsis* and *B. methylotrophicus* did not confer additional effect on the control of *H. glycines* evaluated in the subsequent soybean. The control effect of the combination between cover crops and biological products has unique interactions and behaviors, which is also influenced by the nematode genus. The association of control tools will always be the best alternative to manage and contain the multiplication of phytonematodes in the soil.

Keywords: *Heterodera glycines*; *Meloidogyne incognita*; *Pratylenchus brachyurus*; *Bacillus* sp.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A soja é a espécie vegetal mais cultivada no Brasil e a área cultivada na safra 2020/2021 foi de aproximadamente 38,4 milhões de hectares. Somente no Cerrado brasileiro, considerando os estados do MT, GO e DF, MS, MG, MA, PI, TO e BA, somaram-se 23,7 milhões de hectares. Para a cultura do milho de 2ª safra (safrinha), os mesmos estados somam aproximadamente 10,8 milhões de hectares de um total de 14,8 milhões de hectares no Brasil (CONAB, 2021). No entanto, a falta da implementação de manejo adequado, associado ao sistema intensivo de cultivo, caracterizado principalmente pela sucessão soja-milho, tem contribuído para o aumento das populações de fitonematoides na cultura. O monocultivo do milho em semeadura de 2ª safra, também tem contribuído para o aumento das populações daqueles fitonematoides que tem as mesmas como hospedeiras.

No Cerrado brasileiro, os principais gêneros de nematoides são: nematoide de cisto da soja - NCS (*Heterodera glycines*), nematoides das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus* e *Pratylenchus* spp.), nematoides causadores de galhas (*Meloidogyne incognita* e *M. javanica*), nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*), nematoides espiralados (*Helicotylenchus dihystera* e *Scutellonema brachyurus*) (DIAS et al., 2010).

Segundo a Sociedade Brasileira de Nematologia (2016), os nematoides acabam comprometendo o sistema radicular da planta, podendo levar a uma perda de produtividade de 30% a 100%, ou até 10,6% da soja mundial.

A sucessão com culturas usando plantas antagonistas, resistentes ou com baixo fator de reprodução é a principal ferramenta para a supressão dessa ponte de sobrevivência entre safras. Sem hospedeiro suscetível, o patógeno acaba por morrer sem alimento ou sem finalizar seu ciclo de vida, agindo assim como controle por erradicação relativa do inóculo inicial, prevenindo danos na cultura principal.

O controle biológico tem apresentado resultados promissores para manter as populações abaixo do limiar de dano econômico. Dentro dos agentes potenciais para o controle biológico, destacam-se as bactérias do gênero *Bacillus*. Apesar de não parasitarem diretamente os nematoides, as espécies do gênero *Bacillus* apresentam múltiplas formas de ação sobre esses patógenos. Os *Bacillus* spp. podem agir sobre os nematoides por antibiose, ou seja, a bactéria produz substâncias que inibem a eclosão e a movimentação dos nematoides. Outro método de ação é a competição, no qual a bactéria coloniza a raiz e forma uma barreira física e química,

impedido ou dificultando a entrada do nematoide no sistema radicular. Além disso, quando estão associadas as raízes ou à rizosfera, os *Bacillus* liberam substâncias químicas que mimetizam essa região e dificultam a localização do sistema radicular pelo nematoide (DIAS-ARIEIRA, 2020).

Portanto, para o sucesso de manejo de fitonematoides é de fundamental além de conhecer a sua biologia e seu comportamento no ambiente, entender sobre as associações de ferramentas disponíveis para a redução populacional do nematoide. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do manejo de fitonematoides na cultura da soja empregando plantas de cobertura e agentes de controle biológico.

2. PLANTAS DE COBERTURA E AGENTES DE BIOCONTROLE NO MANEJO DE NEMATÓIDES NA CULTURA DA SOJA

RESUMO

No cerrado brasileiro os fitonemaoides cada vez mais tem se tornado um desafio para agricultura e, a associação de formas de controle é a melhor estratégia a ser utilizada na convivência com esse fitopatógeno. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do manejo de nematoides na cultura da soja empregando plantas de cobertura e agentes de biocontrole. Para cada gênero em estudo (*Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus brachyurus*) foram desenvolvidos dois ensaios em condições de casa de vegetação onde diferentes espécimes de plantas de cobertura (Milheto ADRG 9050 e ADR 300, *U. ruziziensis*, *C. ochroleuca* e *C. spectabilis*) e milho DKB 290 tratados ou não com *Bacillus subtilis* e *B. methylotrophicus* (1×10^6 por semente) em ensaios distintos. Após o cultivo das plantas de cobertura, foram semeada soja e cultivada por 45 e 60 dias. Ao final dos ensaios foram avaliadas a massa fresca de raízes, população total de nematoides e o número de nematoides por grama de raiz. A associação dos microrganismos com *C. spectabilis*, *U. ruziziensis* e Milheto ADR 300 conferiram efeito adicional na redução da população de *P. brachyurus*. Para a espécie *M. incognita* a associação foi bem-sucedida apenas para a combinação da *C. spectabilis* com *B. methylotrophicus*. Apesar do milho DKB 290 não ser uma planta de cobertura, nota-se que quando tratado previamente com *B. methylotrophicus*, a população do nematoide por grama de raiz da soja plantada em sequência é reduzida em 90 % em comparação às plantas que não receberam o tratamento prévio do milho com o microrganismo.

Palavras-chave: *Meloidogyne incognita*; *Pratylenchus brachyurus*; *Bacillus* sp.

COVER CROPS AND BIOCONTROL AGENTS ON NEMATODES MANAGEMENT IN SOYBEAN

ABSTRACT

In Brazilian cerrado, phytonemades have increasingly become a challenge for agriculture, and an association of control forms is the best strategy to use the coexistence with this phytopathogen. Thus, the objective of this work was to evaluate the efficiency of nematode management in soybean crop using cover crops and biocontrol agents. For each genus under study (*Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus brachyurus*) two trials were developed under vegetation conditions where different cover crops (millet ADRG 9050 and ADR 300, *U. ruziziensis*, *C. ochroleuca* and *C. spectabilis*) and maize were developed. 290 treated or not with *B. subtilis* and *B. methylophilus* (1×10^6 per seed) in different assays. After the cultivation of cover crops, soybeans were sown and cultivated for 45 and 60 days. At the end of the tests, fresh weight of roots, total nematode population, and the number of nematodes per gram of root were evaluated. The association of microorganisms with *C. spectabilis*, *U. ruziziensis* and ADR 300 millet conferred an additional effect on reducing the population of *P. brachyurus*. For the species *M. incognita* the association was well defined only for a combination of *C. spectabilis* with *B. methylophilus*. Although DKB 290 corn is not a cover crop, it is noted that when previously treated with *B. methylophilus*, one nematode population per gram of sequentially planted soybean root is reduced by 90% compared to plants that do not receive the previous treatment of corn with the microorganism.

Keywords: *Meloidogyne incognita*. *Pratylenchus brachyurus*. *Bacillus* sp.

2.1 INTRODUÇÃO

Centenas de espécies podem se alimentar de diferentes plantas cultivadas, contudo, o gênero de maior relevância mundial é o *Meloidogyne*, conhecido comumente como nematoide das galhas (FERRAZ e MONTEIRO, 2011), sendo as espécies mais importantes para o Brasil *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* (FAVORETO et al., 2019). Destas duas espécies, ambas são caracterizadas por parasitar espécies de alto impacto econômico para a agricultura nacional, incluindo soja, algodão, milho, cana-de-açúcar e café, além de olerícolas e frutíferas.

Pratylenchus brachyurus é um endoparasita migrador que se movimenta no interior das raízes, causando danos mecânicos e liberando toxinas e enzimas no córtex radicular, tanto durante a penetração, como na movimentação, ocasionando a destruição do sistema radicular e, em razão disso, são conhecidos como nematoide das lesões radiculares. Eles ocupavam o segundo lugar em relação aos danos e impactos econômicos mundiais e nacionais e as perdas podiam atingir até 30% na produtividade da cultura da soja (GOULART, 2008). Mas, atualmente na cultura da soja, as perdas têm aumentado muito nas últimas safras, isto porque, o nematoide vem sendo beneficiado por mudanças no sistema de produção e a incorporação de áreas de cultivo com solos de textura arenosa aumentou ainda mais a vulnerabilidade da cultura (DIAS et al., 2010).

O controle de fitonematoides é complexo, sendo necessária a adoção do manejo integrado para manter as populações abaixo do limiar de danos econômicos. Métodos de controle contra nematóides têm eficiência relativa por que estes possuem tegumento pouco permeável, que lhes confere grande resistência a agentes físicos e químicos (AICANFOR et al., 2001). A sucessão com culturas resistentes é a principal ferramenta para a supressão dessa ponte de sobrevivência entre safras. Sem hospedeiro susceptível, o patógeno acaba por morrer sem alimento ou sem finalizar seu ciclo de vida, agindo assim como controle por erradicação relativa do inóculo inicial, prevenindo danos na cultura principal (JOHSON, 1985).

O controle biológico tem apresentado resultados promissores para manter as populações abaixo do limiar de dano econômico. Dentro dos agentes potenciais para o controle biológico, destacam-se as bactérias do gênero *Bacillus* sp. Apesar de não parasitarem diretamente os nematoides, as espécies do gênero *Bacillus* sp. Apresentam múltiplas formas de ação sobre esses patógenos. Os *Bacillus* sp. Podem agir sobre os nematoides por antibiose, ou seja, a bactéria produz substâncias que inibem a eclosão dos ovos e/ou os nematoides que estão migrando no solo em busca de alimento. Outro método de ação é a competição, no qual a

bactéria coloniza a raiz e forma uma barreira física e química, impedido ou dificultando a entrada do nematoide no sistema radicular. Além disso, quando estão associadas as raízes ou em seu entorno (rizosfera), os *Bacillus* liberam substâncias químicas que mimetizam essa região e dificultam a localização do sistema radicular pelo nematoide (ARIEIRA, 2020).

Neste contexto, o objetivo deste presente trabalho foi avaliar a eficiência do manejo de fitonematoides na cultura da soja empregando plantas de cobertura e agentes de biocontrole.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Quatro experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação na Universidade Estadual de Maringá, dois experimentos foram conduzidos com *P. brachyurus*, e dois com *M. incognita*, em delineamento inteiramente casualizado, disposto em um esquema fatorial 6 x 2 (seis culturas de entressafra, com dois tratamentos) para *P. brachyurus* e fatorial 5 x 2 (cinco culturas de entressafra, com dois tratamentos) para *M. javanica*. Dois tratamentos biológicos foram analisados separadamente para cada experimento: *Bacillus subtilis* UFPEDA 764 ou *Bacillus methylotrophicus* UFPEDA 20, com dez repetições para os experimentos com *P. brachyurus*, e oito repetições para os experimentos com *M. incognita* (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos tratamentos com as espécies de plantas de cobertura tratadas e não tratadas com os microrganismos *B. methylotrophicus* (Experimento 1 e 3) e *B. subtilis* (Experimento 2 e 4), e suas concentrações por semente, no estudo de *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita*. Maringá – PR, 2020.

| Experimentos com <i>Pratylenchus brachyurus</i> | | | | |
|---|-----------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|
| Tratamentos | Planta de cobertura | Experimento 1 | Experimento 2 | U.F.C/semente |
| T1 | Milho DKB 290 | - | - | - |
| T2 | Milheto ADRG 9050 | - | - | - |
| T3 | Milheto ADR 300 | - | - | - |
| T4 | <i>U. ruzizensis</i> | - | - | - |
| T5 | <i>C. ochroleuca</i> | - | - | - |
| T6 | <i>C. spectabilis</i> | - | - | - |
| T7 | Milho DKB 290 | <i>B. methylotrophicus</i> | <i>B. subtilis</i> | 1x10 ⁶ |
| T8 | Milheto ADRG 9050 | <i>B. methylotrophicus</i> | <i>B. subtilis</i> | 1x10 ⁶ |
| T9 | Milheto ADR 300 | <i>B. methylotrophicus</i> | <i>B. subtilis</i> | 1x10 ⁶ |
| T10 | <i>U. ruzizensis</i> | <i>B. methylotrophicus</i> | <i>B. subtilis</i> | 1x10 ⁶ |
| T11 | <i>C. ochroleuca</i> | <i>B. methylotrophicus</i> | <i>B. subtilis</i> | 1x10 ⁶ |
| T12 | <i>C. spectabilis</i> | <i>B. methylotrophicus</i> | <i>B. subtilis</i> | 1x10 ⁶ |
| Experimentos com <i>Meloidogyne incognita</i> | | | | |
| Tratamentos | Planta de cobertura | Experimento 3 | Experimento 4 | U.F.C/semente |
| T1 | Milho DKB 290 | - | - | - |
| T2 | Milheto ADRG 9050 | - | - | - |

| | | | | |
|-----|-----------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|
| T3 | Milheto ADR 300 | - | - | - |
| T4 | <i>U. ruziziensis</i> | - | - | - |
| T5 | <i>C. spectabilis</i> | - | - | - |
| T6 | Milho DKB 290 | <i>B. methylotrophicus</i> | <i>B. subtilis</i> | 1x10 ⁶ |
| T7 | Milheto ADRG 9050 | <i>B. methylotrophicus</i> | <i>B. subtilis</i> | 1x10 ⁶ |
| T8 | Milheto ADR 300 | <i>B. methylotrophicus</i> | <i>B. subtilis</i> | 1x10 ⁶ |
| T9 | <i>U. ruziziensis</i> | <i>B. methylotrophicus</i> | <i>B. subtilis</i> | 1x10 ⁶ |
| T10 | <i>C. spectabilis</i> | <i>B. methylotrophicus</i> | <i>B. subtilis</i> | 1x10 ⁶ |

Inicialmente, sementes de soja foram depositadas em vasos contendo 2 L de solo: areia (1: 1), autoclavado por 2 h a 120 °C. Aproximadamente 10 dias após a semeadura, as plantas foram inoculadas com uma população de 500 espécimes de *P. brachyurus* ou com 4000 ovos e eventuais juvenis de segundo estágio (J2) de *M. incognita*. Os inóculos foram obtidos de populações puras dos nematoides, mantidas em soja, em casa de vegetação por um período de dois meses, sendo extraídos das raízes pelo processo de extração de proposto por Hussey e Barker e adaptado por Boneti e Ferraz (1981). Esta etapa do trabalho, teve como objetivo possibilitar a multiplicação prévia do nematoide, simulando um solo com restos culturais de raízes de soja parasitadas pelo nematoide.

Após 45 dias da inoculação para os experimentos com *P. brachyurus* e 50 dias para os experimentos com *M. incognita*, a parte aérea das plantas foi descartada, o solo levemente revolvido e, em seguida, foram introduzidos os tratamentos, que consistiram nas plantas: *Crotalaria ochroleuca*, *C. spectabilis*, *Urochloa ruziziensis* (= *Brachiaria ruziziensis*), milheto cv. ADRG 9050, milheto ADR 300 e milho DKB 290, com ou sem tratamento de sementes, com os produtos *Bacillus subtilis* no primeiro ensaio e *Bacillus methylotrophicus*, no segundo ensaio. Para os experimentos com *M. incognita* (Experimento 3 e 4), não foi utilizada a *C. ochroleuca*. Para *C. ochroleuca* e *B. ruziziensis* foram depositadas duas sementes por vaso, enquanto as demais espécie apenas uma semente por vaso. Para o tratamento de sementes foi considerado uma quantidade de 1x10⁶ propágulos de *Bacillus* sp. por semente.

As plantas de cobertura foram cultivadas durante 70 dias e então a parte aérea foi cortada e depositada sobre o solo. Posteriormente, cada vaso recebeu uma semente de soja, a qual foi cultivada por 45 dias para os experimentos com *P. brachyurus*, e 60 dias com *M. incognita*. Em seguida, as plantas foram coletadas, separando-se parte aérea e raiz. As raízes foram cuidadosamente lavadas, pesadas e submetidas a extração de nematoides conforme metodologia já citada. Com o auxílio de uma Câmara de Peters e microscópio óptico foi determinada a população total dos nematoides, o qual foi dividido pela massa de raiz, para se obter o número de nematoides por grama de raiz.

Os dados nematológicos foram submetidos a análise de Modelos Lineares Generalizados (GLM), seguindo a distribuição *Poisson* e as médias comparadas pelo teste Tukey para GLM a 5% de probabilidade. Para os dados biométricos utilizou-se Modelos Lineares Generalizados (GLM), seguindo a distribuição *Gamma* e as médias comparadas pelo teste Tukey para GLM a 5% de probabilidade.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa do tratamento de sementes de plantas de cobertura com o produto *B. methylophilicus* para o número total de nematoides e nematoides por grama de raiz de *Pratylenchus brachyurus*. Todos os tratamentos com as coberturas tratadas com *B. methylophilicus* promoveram redução no total de nematoides na soja cultivada em sequência, se comparadas ao milho, sendo os tratamentos mais eficientes em controlar o nematoide: *C. ochroleuca*, seguida por milheto ADR 300, *C. spectabilis*, *U. ruziziensis* e milheto ADRG 9050 (Tabela 2).

Urochloa ruziziensis é sabidamente uma planta suscetível a *P. brachyurus* (Silva et al., 2013), contudo, esta pesquisa mostra que tratamento de sementes com *B. methylophilicus* promoveu reduções de 69 e 67% da população de nematoide total e por grama de raiz, o que poderia viabilizar o uso da espécie em áreas infestadas pelo parasita.

Debiasi et al. (2016) evidenciaram o efeito do cultivo de *C. spectabilis*, como opção para reduzir a população e os danos causados por *P. brachyurus* à soja na entressafra. Outra estratégia seria o consórcio ao milheto ADR 300, sendo a melhor opção para reduzir a população e os danos causados por *P. brachyurus* à soja na entressafra.

No tratamento sem *B. methylophilicus*, as maiores reduções foram promovidas pelos tratamentos *C. spectabilis*, *C. ochroleuca*, milheto ADR300 e *U. ruziziensis*. Resultados corroboram com Cruz et al. (2020), com reduções de populações de *P. brachyurus* são evidenciados somente com o efeito da utilização das Crotalárias em sucessão.

A população do nematoide na soja cultivada após o milheto ADRG9050 foi superior a observada no milho. Esses dados indicam que, com exceção do milheto ADRG9050, as coberturas por si só são eficientes em reduzir a população de *P. brachyurus*. Porém, quando se estudou o efeito do tratamento *B. methylophilicus* dentro de cada cobertura foi possível observar o ganho adicional do manejo integrado associando coberturas com controle biológico.

As maiores reduções de *P. brachyurus* foram observadas quando o *Bacillus methylotrophicus* foi aplicado associado ao milho ADR300 e a *C. ochroleuca*, com reduções de 69 e 62%, respectivamente, seguidos do tratamento com *U. ruziziensis* (53%) e milho ADRG9050 (35%) (Tabela 2). As exceções foram *C. spectabilis* e milho, para as quais a associação com *B. methylotrophicus* não teve efeito positivo na redução de nematoides total.

Resultados corroboram com Silva et al. (2018) onde a rotação de soja com *C. ochroleuca* propicia a redução da densidade populacional de *P. brachyurus*. Neste contexto, observa-se que a *C. ochroleuca* possui efeito de redução da população de *P. brachyurus*, mas quando houve o tratamento com *B. methylotrophicus* houve um incremento no controle.

Tabela 2. *Pratylenchus brachyurus* total e por grama de raiz de soja, tratada ou não com *Bacillus methylotrophicus* e porcentagem de redução dentro de cada tratamento com cobertura, promovida pelo *B. methylotrophicus*, aos 70 dias após a semeadura. Maringá – PR, 2019.

| Tratamentos | Nematoide total | | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|
| | Sem <i>B. methylotrophicus</i> | Com <i>B. methylotrophicus</i> | % de redução |
| Milho | 28397 bB | 36061 aA | -27 |
| Milho ADRG 9050 | 19772 aA | 19261 bB | 35 |
| Milho ADR 300 | 13217 dA | 4120 eB | 69 |
| <i>U. ruziziensis</i> | 17372 cA | 8098 cB | 53 |
| <i>C. ochroleuca</i> | 7622 eA | 2923 fB | 62 |
| <i>C. spectabilis</i> | 3778 fB | 4446 dA | -18 |
| | Nematoide por grama de raiz | | |
| Milho | 12860 bA | 13303 aA | -3 |
| Milho ADRG 9050 | 14710 aA | 10681 fB | 27 |
| Milho ADR 300 | 7465 dA | 2462 dB | 67 |
| <i>U. ruziziensis</i> | 10931 cA | 3637 cB | 67 |
| <i>C. ochroleuca</i> | 2514 eA | 1121 fB | 55 |
| <i>C. spectabilis</i> | 1575 fA | 1328 eB | 16 |
| Valor <i>p</i> | <2,2 x 10 ⁻¹⁶ | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Tukey entre si a 5% de probabilidade.

Analisando-se nematoide por grama de raiz, os resultados foram ainda mais significativos, visto que, exceto o milho, para o qual a associação com *B. methylotrophicus* não diferiu de plantas não tratadas, todos os demais tratamentos foram eficientes em controlar o nematoide (Tabela 2). Para este parâmetro, as reduções promovidas pelo *B. methylotrophicus* foram de 67%, quando associado ao milho ADR300 e a *U. ruziziensis*, 55% associado a *C.*

ochroleuca, 27 e 16% quando o *B. methylotrophicus* foi aplicado com milho ADRG9050 e *C. spectabilis*.

Apenas o fator cobertura foi significativo para massa fresca de raiz, observando-se que ambas as espécies de crotalaria promoveram maiores médias na soja cultivada em sucessão (Tabela 3). Além destas espécies, o milho também promoveu aumento na massa de raiz da soja subsequente.

Tabela 3. Massa fresca de parte aérea e de raiz de soja infectada por *P. brachyurus*, cultivada após plantas de cobertura, independente do tratamento com *Bacillus methylotrophicus*. Maringá – PR, 2019.

| Tratamentos | Massa fresca de raiz (g) |
|-----------------------|--------------------------|
| Milho | 2,74 a |
| Milheto ADRG 9050 | 1,87 b |
| Milheto ADR 300 | 1,98 b |
| <i>U. ruziziensis</i> | 2,37 b |
| <i>C. ochroleuca</i> | 3,27 a |
| <i>C. spectabilis</i> | 3,17 a |
| CV (%) | 37,46 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

Os resultados obtidos para população total de *M. incognita* mostraram que em plantas suscetíveis, como o milho, o tratamento com *B. methylotrophicus* foi muito eficiente, reduzindo em 91,3% a multiplicação do nematoide das galhas (Tabela 4). Além do efeito na testemunha, o tratamento com *B. methylotrophicus* também promoveu efeito aditivo (33,9%) na redução de nematoides, em soja cultivada após *C. spectabilis*.

Tabela 4. *Meloidogyne incognita* total e por grama de raiz de soja, tratada ou não com *Bacillus methylotrophicus* e suas respectivas porcentagens de redução do nematoide; porcentagem de redução dentro de cada tratamento com cobertura, promovida pelo *B. methylotrophicus*, aos 60 dias após a semeadura.

| Tratamentos | Com <i>B.</i> | Sem <i>B.</i> | Com <i>B.</i> | Sem <i>B.</i> | % redução por <i>B.</i> |
|-------------|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|-------------------------|
| | <i>methylotrophicus</i> | <i>methylotrophicus</i> | <i>methylotrophicus</i> | <i>methylotrophicus</i> | |
| | <i>cus</i> | <i>cus</i> | <i>cus</i> | <i>cus</i> | |
| | Nematoide Total | | % redução das coberturas em relação à testemunha | | |

| | | | | | |
|-----------------------|---------------------|----------|--|------|--|
| Milho | 1262 eA | 14521 aB | - | - | 91,3 |
| Milheto ADRG 9050 | 1654 dB | 1206 dA | - | 91,7 | - |
| Milheto ADR 300 | 8527 aB | 785 eA | - | 94,6 | - |
| <i>U. ruziziensis</i> | 2527 cB | 2236 cA | - | 84,6 | - |
| <i>C. spectabilis</i> | 4844 bA | 7331bB | - | 49,5 | 33,9 |
| <i>P value</i> | 2,2e ⁻¹⁶ | | | | |
| Tratamentos | Nematoide/g de raiz | | % redução das coberturas em relação à testemunha | | % redução por <i>B. methylotrophicus</i> |
| Milho | 88 eA | 1301 bB | - | - | 93,2 |
| Milheto ADRG 9050 | 180 dA | 194 dA | - | 85,1 | 7,0 |
| Milheto ADR 300 | 518 aB | 117 eA | - | 91,0 | - |
| <i>U. ruziziensis</i> | 287 cA | 381 cB | - | 70,1 | 24,7 |
| <i>C. spectabilis</i> | 367 bA | 1765 aB | - | - | 79,2 |
| <i>P value</i> | 2,2e ⁻¹⁶ | | | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. p = probabilidade de erro.

No geral, a soja cultivada após as coberturas de plantas tratadas com *B. methylotrophicus*, apresentaram maior número de nematoide total (Tabela 4). Por outro lado, avaliando-se nematoide por grama de raiz, observou-se que o *B. methylotrophicus* promoveu reduções da densidade populacional variando de 7,0% (para soja cultivada após milheto ADR9050) a 93,2% (para soja cultivada após milho). Tais reduções fora de 24,7 e 79,2% para o cultivo de soja após *U. ruziziensis* e *C. spectabilis* tratadas com *B. methylotrophicus*. O ganho em volume de raiz explica o fato da ação do *Bacillus methylotrophicus* pode ser mais bem visualizada na análise de nematoides por grama de raiz, visto que muitas rizobactérias são consideradas promotoras de crescimento de plantas.

As plantas de cobertura, individualmente, controlaram o nematoide, com reduções de nematoide total variando de 49,5 a 94,6% e nematoide por grama de raiz de 70,1 a 91,0%. Da mesma forma, o *B. methylotrophicus* aplicado na planta suscetível (milho) também controlou eficientemente *M. incognita*. A interação envolvendo plantas de coberturas e agente de controle biológico é complexa e precisa ser mais bem elucidada.

Em plantas tratadas com *B. subtilis*, observou-se que, com exceção da *U. ruziziensis*, cuja população final de nematoides na soja foi superior ao milho, houve redução na reprodução de *P. brachyurus* para a sucessão com as demais coberturas, sendo *C. spectabilis* a mais eficiente em reduzir o nematoide, seguida de *C. ochroleuca*, milheto ADR 300 e milheto ADRG 9050 (Tabela 5).

Espécies de crotalaria contribuem com a redução dos nematoides do solo através de diferentes mecanismos, citados por Wang et al. (2002): comportamento de não-hospedeira ou

hospedeira alternativa; produção de aleloquímicos tóxicos ou inibitórios; estímulo de flora e fauna antagonistas; aprisionamento do nematoide na raiz, inibindo sua multiplicação.

Houve interação significativa do tratamento de sementes de plantas de cobertura com o produto *B. subtilis* para o número de nematoides total. Todas as coberturas que não receberam *B. subtilis* foram eficientes em reduzir o nematoide na soja plantada em sucessão (Tabela 8). Ainda para nematoide total, avaliando-se o efeito do *B. subtilis* dentro de cada planta, constatou-se alta eficiência do produto em promover o controle do nematoide, sendo as maiores reduções observadas para a associação com *C. spectabilis* e milho, sendo estas de 88 e 78%, respectivamente, seguidas de *C. ochroleuca* e milheto ADR300, com 62%, *U. ruziziensis*, 57%, e por fim, milheto ADRG9050, com 23% de redução na reprodução de *P. brachyurus*. Resultados semelhantes foram observados para nematoides por grama de raiz, cujas reduções da reprodução na cultura da soja variaram de 17% para milheto ADRG9050 a 80% para milho e *C. spectabilis* (Tabela 5).

Resultados corroboram com informações encontradas por Oliveira et al. (2019) sobre o efeito de *B. subtilis* em *P. brachyurus*. No contexto do estudo, semente de soja, as quais receberam *B. subtilis* no tratamento de semente, apresentaram aos 60 após o plantio uma redução de quase 88% em seu fator de reprodução.

Tabela 5. *Pratylenchus brachyurus* total e por grama de raiz de soja, tratada ou não com *Bacillus subtilis* e suas respectivas porcentagens de redução do nematoide; porcentagem de redução dentro de cada tratamento com cobertura, promovida pelo *Bacillus subtilis*, aos 70 dias após a semeadura. Maringá – PR, 2019.

| Tratamentos | Nematoide total | | |
|-----------------------|-----------------------------|------------------------|--------------|
| | Sem <i>B. subtilis</i> | Com <i>B. subtilis</i> | % de redução |
| Milho | 71817 aA | 15712 bB | 78 |
| Milheto ADRG 9050 | 14656 dA | 11279 cB | 23 |
| Milheto ADR 300 | 17388 cA | 6543 dB | 62 |
| <i>U. ruziziensis</i> | 41090 bA | 17517 aB | 57 |
| <i>C. ochroleuca</i> | 5790 eA | 2194 eB | 62 |
| <i>C. spectabilis</i> | 3263 fA | 406 fB | 88 |
| | Nematoide por grama de raiz | | |
| Milho | 26198 aA | 5295 bB | 80 |
| Milheto ADRG 9050 | 6087 dA | 5077 bB | 17 |
| Milheto ADR 300 | 7541 cA | 2176 cB | 71 |
| <i>U. ruziziensis</i> | 20495 dA | 5809 aB | 72 |
| <i>C. ochroleuca</i> | 1315 eA | 1064 dB | 19 |
| <i>C. spectabilis</i> | 985 fA | 201 eB | 80 |
| Valor <i>p</i> | <2,2 x 10 ⁻¹⁶ | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo

teste Tukey entre si a 5% de probabilidade.

Resultados encontrados por Costa et al. (2014) evidenciam que a *C. spectabilis*, por si só, contribui significativamente na redução da população de *P. brachyurus*. Além da contribuição que se tem conhecimento da cultura de cobertura, os resultados mostram que a *C. spectabilis* quando tratada com *B. subtilis* reduz em 88 e 80% a população de nematoide total e por grama de raiz, respectivamente.

Outros resultados, como de Silva (2016), mostraram que os *Bacillus* sp. têm apresentado bons efeitos quando utilizados juntamente com culturas de coberturas, principalmente aquelas que não apresentam resistência a todas as espécies de nematoides. Um bom exemplo disso são as braquiárias eficientes no manejo dos nematoides das galhas e cisto, porém hospedeiras de *Pratylenchus brachyurus*. Nesse caso, tem-se recomendado o uso da *Brachiaria ruzizizensis*, pois dentre as braquiárias essa é uma das que possui menor fator de multiplicação para esse nematoide (FONTE). Desta forma, ocorre um efeito aditivo, da planta não hospedeira para galha e cisto e dos microrganismos protegendo as raízes com relação ao nematoide das lesões

Não houve diferença estatística para a massa fresca de raiz nas plantas tratadas com *B. subtilis*, enquanto naquelas não tratadas, maiores médias foram observadas para os tratamentos com ambas as espécies de crotalária (Tabela 6). Estudando o efeito do tratamento biológico dentro do fator cobertura, houve diferença estatística apenas para *C. ochroleuca*, com maior média para a soja cultivada após esta cobertura sem tratamento com *Bacillus subtilis*.

Tabela 6. Massa fresca de raiz de soja infectada por *P. brachyurus*, cultivada após plantas de cobertura, com ou sem tratamento com *Bacillus subtilis*. Maringá – PR, 2019.

| Tratamentos | MFRaiz (g) - Com <i>B. subtilis</i> | MFRaiz (g) - Sem <i>B. subtilis</i> |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Milho | 3,29 aA | 2,51 bA |
| Milheto ADRG 9050 | 2,25 aA | 2,49 bA |
| Milheto ADR 300 | 2,86 aA | 2,58 bA |
| <i>U. ruziziensis</i> | 2,66 aA | 1,98 bA |
| <i>C. ochroleuca</i> | 2,92 aB | 4,09 aA |
| <i>C. spectabilis</i> | 3,23 aA | 3,35 aA |
| CV (%) | 36,13 | |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

No experimento com *B. subtilis* avaliado sobre *Meloidogyne incognita*, foi possível

notar que na presença da bactéria, todas as coberturas reduziram a multiplicação do nematoide, com controle para número total variando de 24,5 a 96,3% e por grama de raiz de 24,9 a 96,3% (Tabela 7). Por outro lado, na ausência de *Bacillus subtilis*, houve aumento na multiplicação do nematoide na soja cultivada após a cobertura em relação ao milho.

Tabela 7. *Meloidogyne incognita* e por grama de raiz de soja, tratada ou não com *Bacillus subtilis* e suas respectivas porcentagens de redução do nematoide; porcentagem de redução dentro de cada tratamento com cobertura, promovida pelo *B. subtilis*, aos 60 dias após a semeadura.

| Tratamentos | Com <i>B. subtilis</i> | Sem <i>B. subtilis</i> | Com <i>B. subtilis</i> | Sem <i>B. subtilis</i> | % redução por <i>B. subtilis</i> |
|-----------------------|------------------------|------------------------|--|------------------------|----------------------------------|
| | Nematoide Total | | % redução das coberturas em relação à testemunha | | |
| Milho | 50964 aB | 755 dA | - | - | - |
| Milheto ADRG 9050 | 1896 eA | 1944 bA | 96,3 | - | 2,5 |
| Milheto ADR 300 | 38326 bB | 10912 aA | 24,5 | - | - |
| <i>U. ruziziensis</i> | 15330 cB | 1357 cA | 69,9 | - | - |
| <i>C. spectabilis</i> | 3098 dB | 666 eA | 93,9 | - | - |
| <i>P value</i> | 2,2e ⁻¹⁶ | | | | |
| Tratamentos | Nematoide/g de raiz | | % redução das coberturas em relação à testemunha | | % redução por <i>B. subtilis</i> |
| Milho | 6149 aB | 63 dA | - | - | - |
| Milheto ADRG 9050 | 253 eA | 268 bA | 95,9 | - | 5,6 |
| Milheto ADR 300 | 4616 bB | 1198 aA | 24,9 | - | - |
| <i>U. ruziziensis</i> | 1764 cB | 190 cA | 71,3 | - | - |
| <i>C. spectabilis</i> | 281 dB | 50 eA | 95,4 | - | - |
| <i>p value</i> | 2,2e ⁻¹⁶ | | | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. *p* = probabilidade de erro.

Interessante notar que na soja cultivada após o milho tratado com *B. subtilis*, a reprodução de nematoide foi muito pronunciada (Tabela 7) e aqui, há a hipótese de que a associação com a bactéria pode ter alterado a suscetibilidade do milho ao nematoide. Mais uma vez, deve-se abordar a possibilidade de uma atividade endofítica desta bactéria com as plantas estudadas. Apesar das pesquisas restritas, sabe-se que organismos endofíticos estabelecem uma interação muito restrita com seu hospedeiro e, para colonizar as células do córtex, precisam silenciar, temporariamente, os genes de defesa da planta (FONTE). Durante tal período, a planta pode ficar totalmente exposta ao ataque de patógenos e, aqui, como o inóculo inicial foi elevado (4000 ovos + J2), pode ter havido uma infecção maciça das raízes.

Apesar de não ter sido elucidado informações sobre o tratamento de sementes de

culturas de coberturas, Basyone e Abo-Zaid (2018) mostraram que a aplicação de *B. subtilis* foi capaz de reduzir o número de galhas e o número de massa de ovos de *Meloidogyne incognita*.

2.4 CONCLUSÃO

A associação dos microrganismos com *C. spectabilis*, *U. ruzizensis* e Milheto ADR 300 confere efeito adicional no controle de *P. brachyurus*. A associação da espécie *B. subtilis* com as gramíneas conferem um efeito mais significativo do que com *B. methylotrophicus*.

Para a espécie *M. incognita* a associação foi bem sucedida apenas para a combinação da *C. spectabilis* e o *B. methylotrophicus*. Apesar do milho DKB 290 não ser uma planta de cobertura, nota-se que quando tratado previamente com *B. methylotrophicus* e avaliado na soja subsequente, a população do nematoide por grama de raiz é reduzida em 90 % em comparação às plantas que não receberam o tratamento prévio do milho com o microrganismo.

3. PLANTAS DE COBERTURA E AGENTES DE BIOCONTROLE NO MANEJO DO NEMATOIDE DO CISTO DA SOJA

RESUMO

O nematoide do cisto da soja (*Heterodera glycines*) é considerado um dos gêneros de fitonematoides de mais difícil controle, devido suas características biológicas e, principalmente, pela capacidade de formar estrutura de resistência. Estratégias de controle utilizadas de forma isolada possuem baixo efeito no controle de *H. glycines*. Dessa forma, o objetivo deste presente trabalho foi avaliar a eficiência dos tratamentos biológico *Trichoderma koningiopsis* e *Bacillus methylotrophicus*, associados a culturas de entressafra, para o controle de *H. glycines* raça 3 na cultura da soja. Foram desenvolvidos dois ensaios em condições de casa de vegetação, com diferentes espécimes de plantas de cobertura (Milheto ADR 300, *U. ruziziensis* e *C. spectabilis*) e milho DKB 290, tratados ou não com *T. koningiopsis* (1 g por Kg⁻¹ de semente) e *B. methylotrophicus* (1x10⁶ U.F.C por semente) em ensaios distintos. Após o cultivo das plantas de cobertura, estas foram submetidas a um estresse hídrico de 60 e, posteriormente, sementes de soja foram semeadas, e cultivada por 30 dias. Ao final dos ensaios foram avaliados o número de cistos/vaso e o número de ovos por cisto. A associação entre coberturas de cobertura e os produtos biológico *T. koningiopsis* e *B. methylotrophicus* não garantiram melhores resultados para o controle de *H. glycines* avaliado na soja subsequente.

Palavras-chave: *Heterodera glycines*; *Trichoderma* sp.; *Bacillus* sp.; manejo integrado, práticas culturais

COVER CROPS AND BIOCONTROL AGENTS ON MANAGEMENT OF SOYBEAN CYST NEMATODE

ABSTRACT

The soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) is considered one of the most difficult phytonematode genera to control, due to its biological characteristics, and mainly due to its ability to form a resistance structure. Control strategies used in isolation have a low effect on the control of *H. glycines*. Thus, the objective of this study was to evaluate the efficiency of biological treatments *T. koningiopsis* and *B. methylotrophicus*, associated with off-season crops for the control of *Heterodera glycines* race 3 in soybean crop. Two trials were carried out under greenhouse conditions where different specimens of cover crops (ADR 300 millet, *U. ruziziensis*, *C. spectabilis*) and DKB 290 maize treated or not with *T. koningiopsis* (1g per kg-1 of seed) and *B. methylotrophicus* (1x10⁶ CFU per seed) in different assays. After the cultivation of cover crops, they were subjected to a water stress of 60 and then soybean seeds were sowed and cultivated for 30 days. At the end of the tests, the number of cysts/vessel and the number of eggs per cyst were evaluated. The association between topdressing and the biological products *T. koningiopsis* and *B. methylotrophicus* did not guarantee better results for the control of *H. glycines* evaluated in the subsequent soybean.

Keywords: *Heterodera glycines*; *Trichoderma* sp.; *Bacillus* sp.

3.1 INTRODUÇÃO

O nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952) é um dos principais patógenos da cultura pelos prejuízos que pode causar e pela facilidade de disseminação. O sintoma inicial de ocorrência do nematoide nas lavouras de soja caracteriza-se pela presença de reboleiras, com plantas atrofiadas e cloróticas, com poucas vagens (Dias et al., 2009). O nematoide penetra nas raízes da planta de soja e dificulta a absorção de água e nutrientes, ficando o sistema radicular reduzido e infestado por fêmeas com formato de limão ligeiramente alongado. Quando a fêmea morre, seu corpo se transforma em uma estrutura rígida denominada cisto, cheia de ovos, altamente resistente à deterioração, à dessecação e muito leve, que ao desprender da raiz fica no solo. O cisto pode sobreviver no solo, na ausência de planta hospedeira, por mais de oito anos. Assim, é praticamente impossível eliminar o nematoide nas áreas onde ele ocorre (EMBRAPA, 2011).

As principais medidas de controle do nematoide de cisto da soja são a rotação de culturas (WRATHER et al., 1992; GARCIA & SILVA 1997; GARCIA et al., 1999), o manejo de solo (ANDRADE & ASMUS, 1997; GARCIA et al., 2000; ROCHA et al., 2006; ROCHA et al., 2007; BARBOSA et al., 2010) e a utilização de cultivares resistentes (ARANTES et al., 1999; DIAS et al., 2004; DIAS et al., 2007; EMBRAPA, 2011). É recomendado o emprego dessas três medidas de forma associada, para evitar a pressão de seleção sobre a população do nematoide.

A rotação de culturas é uma medida de controle indicada mesmo quando se tem disponibilidade de cultivares resistentes. Essa rotação permite manter os níveis populacionais do nematoide baixos e, com isso, ser possível incluir a utilização de cultivares suscetíveis em programa de rotação de cultivares. A utilização de cultivares suscetíveis é de fundamental importância para evitar ou diminuir a pressão de seleção sobre a população do nematoide, evitando a “mudança” da raça presente no local (GARCIA et al., 1999).

O controle biológico visa à redução do número de espécies e indivíduos utilizando inimigos naturais e constitui uma alternativa viável, recomendável utilização via tratamento de sementes e/ou aplicado no sulco de plantio (ABREU et al., 2015). Os inimigos naturais dos nematoides fitoparasitas são variados, a exemplo espécies de fungos, bactérias e até mesmo outros nematoides (MARINO; SILVA, 2013). As bactérias assumem papel de destaque como possíveis antagonistas de fitonematoides devido a sua abundância no solo (BRAGA JUNIOR et al., 2018). O gênero *Bacillus* corresponde a um grupo de bactérias saprófitas, gram-positivas,

capazes de degradar a cutícula dos nematoides, denotando assim efeito nematicida. O controle se dá por diversos modos: parasitismo, produção de toxinas, antibióticos ou enzimas, competição por nutrientes, indução de resistência, interferindo no reconhecimento do nematoide-plantahospedeiro e também por meio da promoção da saúde das plantas, manifestando assim um grande potencial (MACHADO et al., 2012; PAGE et al., 2019)

Neste contexto, o objetivo deste presente trabalho foi avaliar a eficiência dos tratamentos biológico *T. koningiopsis* e *B. methylotrophicus*, associados a culturas de entressafra para o controle de *H. glycines* raça 3 na cultura da soja.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Urutaí (2020/2021), em delineamento inteiramente casualizado, disposto em um fatorial 4 x 2 (quatro culturas de entressafra, com dois tratamentos, sendo um tratamento biológico para cada experimento (*Trichoderma koningiopsis* IBCB 56/12 ou Onix[®] - *Bacillus methylotrophicus* UFPEDA 20) e uma testemunha sem biológico, com dez repetições.

No ensaio, foram utilizados vasos de plásticos, contendo 2.000 cm³ de uma mistura de solo argiloso e areia (1:2) (v/v), previamente autoclavada (120 °C/2 h). Quatro sementes de soja foram depositadas em cada vaso. Decorridos, sete dias, as plântulas de soja foram inoculadas com 4.500 ovos + juvenis de segundo estágio de *H. glycines* raça 6. Para a inoculação, foram realizados quatro orifícios com 2 cm de profundidade no solo, distantes 2 cm da haste principal, com bastão de vidro de 8 mm de diâmetro. Esta etapa do trabalho teve como objetivo possibilitar a infestação do solo com o nematoide, simulando um solo com restos de raízes infectadas.

Após 45 dias da inoculação, a parte aérea das plantas de soja foi cortada, o solo levemente revolvido e, em seguida, introduzido os tratamentos, que consistiram em: *Crotalaria ochroleuca*, *C. spectabilis*, *Brachiaria ruziziensis*, milho cv. 9050, Milheto cv. 300 e milho Dekab 290; com ou sem tratamento de sementes com o produto biológico *Trichoderma koningiopsis* CEPA IBCB 56/12 em um experimento e o produto Onix[®] - *Bacillus methylotrophicus* UFPEDA 20 em outro experimento. Para calcular o número de sementes das culturas de entressafra por vaso foram levados em consideração os seguintes parâmetros: % de germinação das sementes, recomendação de sementes/ha e o diâmetro dos vasos.

As culturas de entressafra foram mantidas por 45 dias em casa de vegetação. Decorrido este período as plantas de cobertura sofreram um estresse hídrico durante um período de 60 dias, período este, responsável por simular o período de estiagem que estas plantas de cobertura submeterão em condições de campo, até o próximo cultivo. Decorrido este período de estresse, a parte aérea das plantas de cobertura foram cortadas e depositadas sobre o solo.

Em cada vaso foi depositado duas sementes de soja BMX DESAFIO RR 8473, a qual foi cultivada por 30 dias. Em seguida, as plantas foram coletadas, separando-se parte aérea e raiz. Na parte aérea foi avaliado a altura, massa fresca e seca. A raiz foi cuidadosamente lavada e pesada. Para a extração dos cistos e fêmeas, as raízes foram cuidadosamente separadas do solo. Após essa limpeza, as raízes devem foram depositadas sobre peneira de 20 mesh, acoplada a outra de 100 mesh e, submetidas a um jato forte de água. Os cistos e as fêmeas ficaram retidos na peneira de 100 mesh. Para extração de cistos e fêmeas presentes no solo, 200 cm³ de solo foram depositados em um Baker, adicionando água até completar um litro. Após um minuto sobre agitação a suspensão foi vertida em peneira de 20 mesh acoplada à peneira de 100 mesh, cistos e fêmeas ficaram retidos na peneira de 100 mesh (DUNN, 1969). Os cistos e fêmeas foram colocados em placa de Petri e contabilizados com o auxílio de um microscópio estereoscópico. Após a quantificação do número de cistos e fêmeas, estes foram transferidos para peneira de 100 mesh acoplada a uma de 500 mesh para serem esmagado, com auxílio de um tubo de ensaio. Os ovos retidos nesta última peneira foram recolhidos em béquer. Os números de ovos por tratamento foram contabilizados através da contagem em câmara de Peters com auxílio do microscópio de luz.

Os dados nematológicos foram submetidos a ANOVA, aplicando-se o critério de Informação de Akaike (AIC) e as médias comparadas pelo teste Tukey para GLM a 5% de probabilidade.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre as espécies de plantas de cobertura com os produtos à base de *T. koningiopsis* e *B. methylotrophicus* para o número de cistos e ovos por cistos avaliados aos 30 dias após o plantio da cultura da soja (Tabelas 1 e 2).

Schwan et al. (2003) mostraram que espécies *Crotalaria* sp., *C. paulina*, *C. striata*, *C. anagyroides*, *C. spectabilis*, *C. juncea*, *C. breviflora*, *C. retusa* e *C. ochroleuca*, atuaram como

antagonistas de *H. glycines*, pois foram eficientes na redução da população do nematoide, quando precederam a soja. *Crotalaria* sp., *C. paulina*, *C. striata*, *C. anagyroides*, *C. spectabilis*, *C. juncea*, e *C. breviflora* comportaram-se como plantas armadilhas, pois apesar de terem permitido a penetração de *H. glycines*, o nematoide não conseguiu se desenvolver. Entretanto, com tratadas com *T. koningiopsis* e *B. methylotrophicus* na entressafra foi possível influenciar na população do nematoide.

Tabela 1. Números de cistos e ovos por cisto de *Heterodera glycines* em vaso com soja, sobre o efeito de plantas de cobertura tratada ou não previamente com *Trichoderma koningiopsis* avaliado aos 30 dias após a semeadura. Urutaí – GO, 2020.

| Tratamentos | Número de cistos/vaso | |
|-----------------------|----------------------------|------------------------|
| | Sem <i>T. koningiopsis</i> | <i>T. koningiopsis</i> |
| Milho | 6,48 aA | 3,96 aA |
| Milheto ADR300 | 3,55 aA | 7,38 aA |
| <i>U. ruziziensis</i> | 2,35 aA | 4,72 aA |
| <i>C. spectabilis</i> | 6,31 aA | 9,23 aA |
| Valor <i>p</i> | 0,35 | |
| Tratamentos | Número de ovos por cisto | |
| | Sem <i>T. koningiopsis</i> | <i>T. koningiopsis</i> |
| Milho | 156 aA | 74 aA |
| Milheto ADR300 | 94 aA | 144 aA |
| <i>U. ruziziensis</i> | 69 aA | 88 aA |
| <i>C. spectabilis</i> | 140 aA | 129 aA |
| Valor <i>p</i> | 0,21 | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Tukey entre si a 5% de probabilidade.

Nas condições em que foi avaliado o experimento e sob influência do estresse hídrico nas plantas de cobertura, o microrganismo parece não suportar o estresse o qual foi submetido assim não proporcionando nenhum efeito adicional às plantas de cobertura.

Tabela 2. Números de cistos e ovos por cisto de *Heterodera glycines* em vaso com soja, sobre o efeito de plantas de cobertura tratada ou não previamente com *Bacillus methylotrophicus* avaliado aos 30 dias após a semeadura. Urutaí – GO, 2020.

| Tratamentos | Número de cistos/vaso | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | Sem <i>B. methylotrophicus</i> | Com <i>B. methylotrophicus</i> |
| Milho | 7,31 aA | 11,05 aA |
| Milheto ADR300 | 14,61 aA | 9,59 aA |
| <i>U. ruziziensis</i> | 7,14 aA | 8,64 aA |
| <i>C. spectabilis</i> | 7,97 aA | 5,66 aA |
| Valor <i>p</i> | 0,85 | |
| Tratamentos | Número de ovos por cisto | |
| | Sem <i>B. methylotrophicus</i> | Com <i>B. methylotrophicus</i> |
| Milho | 44 aA | 66 aA |

| | | |
|-----------------------|-------|--------|
| Milheto ADR300 | 50 aA | 148 aA |
| <i>U. ruzizensis</i> | 45 aA | 56 aA |
| <i>C. spectabilis</i> | 55 aA | 97 aA |
| Valor <i>p</i> | 0,83 | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Tukey entre si a 5% de probabilidade.

Resultados encontrados por Santos & Pontes (2020) mostraram que sementes de soja tratadas com *Bacillus velezensis* strain GF267 (UFPEDA 20) possui efeito na redução de inóculos de *Heterodera glycines*, com redução do número de cistos no solo e de ovos por cisto. Entretanto não foi possível observar esse efeito tratando sementes de plantas de cobertura.

Precisa discutir um pouco mais

3.4 CONCLUSÃO

A associação entre coberturas de cobertura e os produtos biológico *Trichoderma koningiopsis* e *Bacillus methylotrophicus*, não garantiram melhores resultados para o controle de *Heterodera glycines* avaliado na soja subsequente.

4.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O efeito de controle da combinação entre plantas de coberturas e produtos biológicos possuem interações e comportamentos únicos, o qual é influenciado também pelo gênero de nematoide.

A associação dos microrganismos com *C. spectabilis*, *U. ruzizensis* e Milheto ADR 300 confere efeito adicional no controle de *P. brachyurus*. A associação da espécie *B. subtilis* com as gramíneas conferem um efeito mais significativo do que com *B. methylotrophicus*.

Para a espécie *M. incognita* a associação foi bem sucedida apenas para a combinação da *C. spectabilis* e o *B. methylotrophicus*. Apesar do milho DKB 290 não ser uma planta de cobertura, nota-se que quando tratado previamente com *B. methylotrophicus* e avaliado na soja subsequente, a população do nematoide por grama de raiz é reduzida em 90 % em comparação às plantas que não receberam o tratamento prévio do milho com o microrganismo.

Para *Heterodera glycines* a associação entre culturas de cobertura e os produtos biológico *Trichoderma koningiopsis* e *Bacillus methylotrophicus*, não garantiram melhores resultados para seu controle avaliado na soja subsequente.

A associação de ferramentas de controle sempre será a melhor alternativa para manejar e conter a multiplicação de fitonematoides no solo.

5.0 REFERÊNCIAS

- ABREU, J. A. S.; ROVIDA, A. F. S.; CONTE, H. Controle biológico por insetos parasitoides em culturas agrícolas no Brasil: Revisão de literatura. **Revista Uningá Review**, v. 22, n. 2, p. 22-25, 2015.
- ANDRADE, P.J.M.; ASMUS, G.L. Disseminação do Nematóide de Cisto da Soja (*Heterodera glycines*) pelo Vento durante o Preparo de Solo. **Nematologia Brasileira**. Piracicaba, v. 21, n. 1, p. 98-99, 1997.
- ANTONIO, S. F.; MENDES, F. L.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; DIAS, W. P.; RAMOS-JR, E. U.; GOULART, A. M. C.; SILVA, J. F. V. Perdas de produtividade da soja em área infestada por nematóide das lesões radiculares em vera, MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2012, Cuiabá. p. 1 - 4.
- ARANTES, N.E.; KIIHL, R.A.S; ALMEIDA, L.A. Melhoramento Genético Visando à Resistência. In: Sociedade Brasileira de Nematologia. **O nematóide de cisto da soja: a experiência brasileira/SBN - Sociedade Brasileira de Nematologia**. Jaboticabal: Artsigner Editores, 1999. p. 105-117.
- ARIEIRA, C. R. D. Bacillus: importante aliado no controle biológico de nematoides. **Informe UEM agrícola**, s/v. 2020.
- BARBOSA, K.A.G.; GARCIA, R.A.; SANTOS, L.C.; TEIXEIRA, R.A.; ARAUJO, F.G.; ROCHA, M.R.; LIMA, F.S.O. Avaliação da adubação potássica sobre populações de *Heterodera glycines* em cultivares de soja resistente e suscetível. **Nematologia Brasileira**. Piracicaba, v. 34, n. 3, p. 150-158, 2010.
- BASYONY, A.G., ABO-ZAID, G.A. Biocontrol of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, using an eco-friendly formulation from *Bacillus subtilis*, lab. and greenhouse studies. **Egypt J Biol Pest Control** **28**, 87 (2018). <https://doi.org/10.1186/s41938-018-0094-4>
- BONETI, J.I.S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.6, p.553, 1981.
- BRAGA JUNIOR, G. M.; CHAGAS, L. F. B.; AMARAL, L. R. O.; MILLER, L. O.; CHAGAS JUNIOR, A. F. Efficiency of inoculation by *Bacillus subtilis* on soybean biomass and productivity. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 4, p. 1-6, 2018.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 9º Levantamento - Safra 2020/21. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos>. Acesso em: 08 de maio. 2021.
- CRUZ, T. T.; ASMUS, G. L.; GARCIA, R. A. Espécies de *Crotalaria* em sucessão à soja para o manejo de *Pratylenchus brachyurus*. **Cienc. Rural** **50** (7), 2020.
- COOLEN, W.A.; D'HERDE, C.J. A method for the quantitative extraction of nematodes from

plant tissue. **State Agricultural Research**, Centre, Ghent. 77pp. 1972.

COSTA, M. J. N.; PASQUALLI, R. M.; PREVEDELLO, R. Effect of soil organic matter content, cover crop and planting system on the control of *Pratylenchus brachyurus* in soybean. **Summa phytopathol.** 40 (1), 2014.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; DIAS, W. P.; RAMOS, E. U.; BALBINOT, A. A. Práticas culturais na entressafra da soja para o controle de *Pratylenchus brachyurus*. **Pesq. agropec. bras.** 51 (10), 2016.

DIAS, W.P.; SILVA, J.F.V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G.E.S. Biologia e controle do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe). In: **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 2003: ecofisiologia, biologia molecular e nematóides**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 32-37.

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S. Nematóides de importância para a soja no Brasil. In: **Boletim de Pesquisa de Soja 2007**. Rondonópolis: Fundação MT, 2007. n.11, p.173-184.

DIAS, W.P.; SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G.E.S.; GARCIA, A.; ARIAS, C.A.A. Nematóide de cisto da soja: biologia e manejo pelo uso da resistência genética. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, v. 33, n. 1, p. 1-16, 2009.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2011. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina, Embrapa - Soja, 2011. 262 p. (Sistemas de Produção 15)

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

GARCIA, A.; SILVA, J.F.V. Efeito da rotação de culturas na população do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines*. **Nematologia Brasileira**. Piracicaba, v. 21, n. 1, p. 3, 1997.

GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; PEREIRA, J.E.; DIAS, W.P. Rotação de culturas e manejo do solo para controle do nematóide de cisto da soja. In: Sociedade Brasileira de Nematologia. **O nematóide de cisto da soja: a experiência brasileira/SBN - Sociedade Brasileira de Nematologia**. Jaboticabal: Artsigner Editores, 1999. p. 55-63.

GARCIA, A.; DIAS, W.P.; ZITO, R.K.; PEREIRA, J.E.; SILVA, J.F.V. Efeito da calagem no controle do NCS, na rotação milho-soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 22., 2000, Cuiabá. Resumos... Cuiabá: CNPSO, 2000. p. 80-81.

GOULART, A. M. C. Aspectos Gerais Sobre Nematóides-das-lesões-radiculares (Gênero *Pratylenchus*). **Embrapa Cerrados**. Planaltina-DF. 2008.

JOHSON, A. W. Specific crop rotation practices combined with cultural practices and

nematocides. An Advanced Treatise on *Meloidogyne*. v. 1. **Biology and control**, p. 283 – 301. 1985.

MACHADO, V.; BERLITZ, D. L.; MATSUMURA, A. T. S.; SANTIN, R. C. M.; GUIMARÃES, A.; SILVA, M. E.; FIUZA, L. M. Bactérias como agentes de controle biológico de fitonematoides. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 2, p. 165-182, 2012.

MARINO, R. H.; SILVA, D. G. C. Controle do nematoide das galhas por *Pleurotus ostreatus* em alface. **Scientia Plena**, v. 9, n. 10, p. 1-6, 2013.

OLIVEIRA, K. C. L.; ARAÚJO, D. V.; MENESES, A. C.; SILVA, J. M.; TAVARES, RODOLFO L. C. Biological management of *Pratylenchus brachyurus* in soybean crops. **Rev. Caatinga** 32 (01), 2019.

PAGE, A. P.; ROBERTS, M.; FÉLIX, M.; PICKARD, D.; PAGE, A.; WEIR, W. The golden death bacillus *Chryseobacterium nematophagum* is a novel matrix digesting pathogen of nematodes. **BMC Biology**, v. 17, n. 10, p. 1-13, 2019.

ROCHA, M.R.; CARVALHO, I.; CORRÊA, G.C.; CATTINI, G.P.; PAOLINI, G. Efeito de doses crescentes de calcário sobre a população de *Heterodera glycines* em soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 36, n. 2, p. 89-94, 2006.

ROCHA, M.R.; CARVALHO, Y.; CORRÊA, G.C.; CUNHA, M.G.; CHAVES, L.J. Efeito da calagem e da adubação potássica sobre o nematoide *Heterodera glycines* (Ichinohe, 1952). **Agrociencia**, Carretera, v. 11, n. 2, p. 31-38, 2007.

SANTOS, B. F. A.; PONTES, N. de C. Aspectos bioquímicos e fisiológicos em soja infectada por *Heterodera glycines* em resposta ao agente de biocontrole *Bacillus velezensis* GF267. **IF Goiano**. No prelo.

SCHWAN, A.V. et al. Efeito antagônico de espécies de *Crotalaria* sobre *Heterodera glycines*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 2003, Petrolina. Anais... 2003.

SILVA, R. A.; UEBEL, M.; GARBIN, L. F.; SANTOS, P. S. Reação de cultivares de *Brachiaria* spp. a *Pratylenchus brachyurus*. **Revista Connection Line**, s/v, n. 10, p. 122 – 129, 2013.

SILVA, R. A. Manejo integrado de fitonematoides em soja e algodão. **Revista Cultivar: Programas de aplicações**, s/v, n. 201, 2016.

SILVA, R. A.; NUNES, N. A.; SANTOS, T. F. S.; IWANO, F. K. Efeito da Rotação de culturas no manejo de nematoides em áreas arenosas. *Nematropica*, v. 48, p. 198-205-206, 2018.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA. **Fernando Baida dá o recado em Dia de Campo**. SBN, 2016. Disponível em: <<http://nematologia.com.br/tag/nematoides-em-soja>>. Acesso em: 8 maio. 2021.

WANG, K.H; SIPES, B. S; SCHMITT, D. P. *Crotalaria* as a cover crop for nematode management: a review. Department of Plant and Environmental Protection Sciences University

of Hawaii, Honolulu, U.S.A. **Nematropica**. Vol. 32, No. 1, 2002.

WRATHER, J.A.; ANAND, S.C.; KOENNING, S.R. Management by cultural practices. In: RIGGS, R.D.; WRATHER, J.A. **Biology and management of the soybean cyst nematode**. St. Paul: APS Press, 1992, p. 125-131.