

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**ANA PAULA BARBOSA DE MESQUITA**

**USO DE *Bacillus firmus* NO CONTROLE DE NEMATÓIDES NA  
CULTURA DA SOJA**

**DOIS VIZINHOS  
2022**

**ANA PAULA BARBOSA DE MESQUITA**

**USO DE *Bacillus firmus* NO CONTROLE DE NEMATÓIDES NA  
CULTURA DA SOJA**

**Use of *Bacillus firmus* to control nematodes in soybean crops**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Dr. Maristela dos Santos Rey Borin

**DOIS VIZINHOS**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**ANA PAULA BARBOSA DE MESQUITA**

**USO DE *Bacillus firmus* NO CONTROLE DE NEMATÓIDES NA  
CULTURA DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 08 de dezembro de 2022.

---

Maristela dos Santos Rey Borin  
Doutora em Fitossanidade  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Câmpus Dois Vizinhos

---

Lucas Domingues  
Doutor em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos

---

Caliandra Bernardi  
Doutoranda em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Câmpus Dois Vizinhos

**DOIS VIZINHOS**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por sempre guiar e abençoar meu caminho em toda minha vida e jornada acadêmica.

Aos meus pais Francisco Arimatéia de Mesquita e Elisabete Barbosa de Mesquita e a minha irmã Maria Clara Barbosa de Mesquita pelo amor, carinho, compreensão, e incentivo nessa jornada acadêmica, além de sempre acreditarem nos meus sonhos e não medirem esforços para que sempre eu pudesse alcançá-los.

Ao meu namorado Leandro Lindermaier pelo apoio ao longo do desenvolvimento deste presente trabalho, além de sempre me incentivar a nunca desistir mesmo diante das adversidades.

Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado ao longo dessa jornada me apoiando e sempre me ajudando quando preciso. Em especial, deixo meus agradecimentos aos meus colegas de estágio Raquel, Janaína, Alice, e as as profissionais do Laboratório de Sementes e Nematologia , Luana, Camila, Maria Luiza e Caroline pela ajuda no desenvolvimento do meu experimento de TCC. Vocês foram fundamentais nesse processo.

Agradeço imensamente a Professora Dr<sup>o</sup> Maristela dos Santos Rey Borin por todo conhecimento transmitido ao longo da graduação do curso de Agronomia nas disciplinas de Microbiologia e Fitopatologia II, além da orientação neste presente trabalho.

Deixo meus agradecimentos a minha banca avaliadora o Professor Dr<sup>o</sup> Lucas Domingues e a Doutoranda Caliandra Bernardi pela disponibilidade em avaliar meu trabalho e participar desse momento tão importante da minha graduação.

## RESUMO

Dentro de uma lavoura, diversos fatores podem ocasionar perdas significativas de produtividade. Os problemas fitossanitários desencadeados pelos nematóides, principalmente do gênero *Meloidogyne spp.* têm reduzido drasticamente as produtividades das lavouras, devido às suas altas taxas de reprodução e dificuldade de controle. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar se o uso de *Bacillus firmus* é eficiente no controle da população de nematóides formadores de galha do gênero *Meloidogyne spp.* na cultura da soja. O experimento foi instalado em casa de vegetação, em vasos de isopor de 700 ml contendo solo previamente já contaminado com população mista de nematóides, onde utilizou-se 20 unidades experimentais, sendo estas 10 do tratamento e 10 da testemunha. A cultivar de soja utilizada no experimento foi a M 8372 IPRO onde o lote utilizado no experimento foi dividido em 2 amostras. Para as sementes da amostra da unidade experimental testemunha, estas não receberam nenhum tipo de tratamento, enquanto a amostra da unidade experimental foi tratada na dosagem de 100 ml a cada 100 kg com o nematicida microbiológico a base de *Bacillus firmus* I-1582. Após o tratamento de sementes, semeou-se 5 sementes sendo estas tratadas ou não, em cada unidade experimental e após a emergência, retirou-se de maneira manual as plantas menos vigorosas, permanecendo apenas 3 plantas por vaso. Após 35 dias de plantio, escolheu-se de maneira aleatória 5 unidades do tratamento e 5 da testemunha a serem utilizadas para as avaliações, evitando assim dados tendenciosos. Avaliou-se as variáveis altura das plantas, massa fresca, além da extração dos nematóides tanto do solo quanto da raiz, baseado no "Método Jenkins". Após 65 dias de plantio, repetiu-se as mesmas avaliações entretanto em novas unidades experimentais. Para a análise e interpretação dos dados, utilizou-se o Software Sisvar, comparando se o tratamento foi efetivo no controle de nematóides do tipo *Meloidogyne spp.* em dias distintos, quando comparado com a testemunha através do teste t (LSD) a 5% de probabilidade. Após as avaliações concluiu-se que o uso de *Bacillus firmus* I-152 diminuiu de maneira expressiva as densidades populacionais do nematóide *Meloidogyne spp.* e *Pratylenchus spp.* em condição de casa de vegetação os 35 de plantio. Em relação as outras espécies encontradas no solo, a bactéria não se mostrou eficiente, onde de maneira geral não apresentou eficácia no controle das espécies *Heterodera spp.*, e *Helicotylenchus* nas amostras aos 35 e 65 dias de plantio de maneira simultânea

Palavras-chave: Nematóides, tratamento de sementes, produtividade

## ABSTRACT

Within a crop, several variables can cause significant productivity losses. Phytosanitary problems triggered by nematodes, mainly from the genus *Meloidogyne* spp. have drastically reduced crop yields, due to their high reproduction rates and difficult control. Thus, the present study aimed to evaluate whether the use of *Bacillus firmus* is efficient in controlling the population of root-knotting nematodes of the genus *Meloidogyne* spp. in soybean crops. The experiment was installed in a greenhouse, in 700 ml styrofoam vases containing soil previously contaminated with a mixed population of nematodes, where 20 experimental units were used, 10 of which were from the treatment and 10 from the control. The soybean cultivar used in the experiment was M 8372 IPRO where the batch used in the experiment was divided into 2 samples. For the seeds of the sample from the control experimental unit, these did not receive any type of treatment, while the sample from the control experimental unit were treated at a dosage of 100 ml per 100 kg with a biological nematicide based on *Bacillus firmus* I-1582. After seed treatment, 5 seeds were sown in each experimental unit and after emergence, the less vigorous plants were manually removed, leaving only 3 plants per pot. After 35 days of planting, 5 units of the treatment and 5 of the control were randomly chosen to be used for the evaluations, thus avoiding biased data. The variables plant height, fresh mass were evaluated, in addition to the extraction of nematodes from both the soil and the root, based on the "Jenkins Method". After 65 days of planting, the same evaluations were repeated, however in new experimental units. For data analysis and interpretation, Sisvar Software was used, comparing whether the treatment was effective in controlling nematodes of the *Meloidogyne* spp. on different days, when compared with the control through the t-test (LSD) at 5% probability. After the evaluations, it was concluded that the use of *Bacillus firmus* I-152 significantly reduced the population densities of the nematode *Meloidogyne* spp. and *Pratylenchus* spp. in greenhouse condition the 35 planting. In relation to the other species found in the soil, the bacterium was not efficient, where in general it did not show effectiveness in the control of the species *Heterodera* spp., and *Helicotylenchus* spp. in the samples at 35 and 65 days of planting simultaneously.

Keywords: Nematodes, seed treatment, productivity.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>               | <b>8</b>  |
| <b>2 OBJETIVOS.....</b>                | <b>10</b> |
| 2.1 Objetivo geral .....               | 11        |
| 2.2Objetivos específicos .....         | 11        |
| <b>3JUSTIFICATIVA.....</b>             | <b>12</b> |
| <b>4 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>   | <b>13</b> |
| 4.1 Soja.....                          | 13        |
| 4.2 Controle Biológico .....           | 14        |
| 4.3 Nematóides em Soja .....           | 15        |
| 4.4 <i>Bacillus spp.</i> .....         | 17        |
| <b>5 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>      | <b>18</b> |
| <b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b> | <b>25</b> |
| <b>7 CONCLUSÃO .....</b>               | <b>32</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                | <b>33</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A sojicultura atualmente tem desempenhado um papel de extrema importância no agronegócio brasileiro. Nomeada cientificamente de (*Glycine Max L.*), é um vegetal que pertence à família das leguminosas, no qual é tida como uma das culturas mais produzidas e comercializadas em nível internacional (MARÇAL, 2019).

Os grãos obtidos a partir dessa oleaginosa são destinados para a indústria química, de alimentos, produção de biocombustível e agroindústria, onde servem de matéria prima para a produção de óleo vegetal, ração para consumo animal entre outros (ANDRADE, 2020).

O potencial produtivo de uma lavoura pode ser resultado de inúmeros fatores bióticos e abióticos, relacionados ao solo, ambiente, manejo da cultura entre outros (LIMA *et al.*, 2007). Mesmo com o avanço de novas tecnologias, problemas fitossanitários durante o cultivo de soja ainda são encontrados, prejudicando a produtividade e a qualidade do grão (JUHÁSZ *et al.*, 2013). Entre os diversos patógenos que atacam a cultura da soja, os danos obtidos a partir do ataque por nematóides têm se tornado cada vez mais preocupantes por parte dos produtores (DIAS *et al.*, 2010).

Sabe-se que hoje existem mais de 100 espécies de nematóides, no qual cerca de 50 gêneros fazem parte dessa composição. No Brasil, os nematóides que mais ocasionam danos às culturas são os formadores de cisto (*Heterodera glycines*), formadores de galhas (*Meloidogyne spp*), o responsável pelas lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) e o reniforme (*Rotylenchus spp.*) (DIAS *et al.*, 2010). A redução da produtividade na cultura da soja ocasionada por esses patógenos pode variar de acordo com a espécie, nível populacional, textura do solo, onde em alguns casos, 100% da produção pode ser atingida (SILVA *et al.*, 2018).

Apesar da variedade de espécies de nematóides fitoparasitas que atacam a cultura da soja, as que se destacam pelo seu nível de severidade são as do gênero *Meloidogyne ssp*. Essa agressividade se dá devido às altas taxas de reprodução do patógeno, disposição no ambiente e multiplicidade de hospedeiros (KIMATI *et al.*, 1997).

Os nematóides pertencentes ao gênero *Meloidogyne spp*. são responsáveis por constituírem estruturas no sistema radicular denominadas galhas. Estas por sua vez, podem provocar a murcha das plantas durante os horários de temperaturas mais



elevadas do dia, desfolha precoce das folhas, má formação do sistema radicular, perda da eficiência radicular em absorver água e nutrientes, entre outros (TIHOHOD, 2000).

Na região interior das galhas, localizam-se as fêmeas do nematóide. Estas possuem formato de pêra e coloração branco-pérola, além de tamanho e número diversificados (DIAS *et al.*, 2010).

Os sintomas localizados na parte aérea são as respostas emitidas graças ao ataque dos nematóides na área das raízes, onde esses patógenos removem os nutrientes, inserem toxinas, ocasionando assim, modificações e necroses nas plantas, além de impactar no desenvolvimento das radículas (DINARDO- MIRANDA, 2008).

Diante dos danos que a presença de fitonematóides em uma lavoura podem causar, estratégias de manejo têm sido empregadas, a fim de controlar e reduzir a população nas áreas de cultivo. Estratégias como rotação de culturas, uso de plantas antagônicas, cultivares resistentes, controle químico e biológico, cada vez mais, têm sido adotadas e se tornado medidas eficientes no controle desses fitoparasitas (FERRAZ, BROWN, 2016).

O uso de nematicidas químicos tem como objetivo de diminuir a população de nematóides, além de reduzir as perdas de produtividade. É uma prática realizada via tratamento de sementes e têm se mostrado uma alternativa viável para o produtor (MARÇAL, 2019). Segundo CORTE *et al* (2014), a utilização de nematicidas via tratamento em sulco de plantio, também tem se mostrado uma maneira eficaz de incorporar o tratamento dentro da lavoura.

Apesar da toxicidade apresentada pelos nematicidas, alto custo, risco de contaminação no meio ambiente, além de redução da eficácia depois de inúmeras aplicações, o controle químico ainda é a alternativa utilizada. (DONG & HANG, 2006). Entretanto, o mercado dos biológicos têm atingido boa adesão. Atualmente, no Brasil já existem diversos produtos sendo empregados no controle de nematóides (MAPA, 2019). Os mesmos são caracterizados por apresentar menor toxidez, sendo seu uso na agricultura orgânica, além de possuírem efeito semelhante aos nematicidas químicos, facilitando a vida do produtor e não sendo necessárias mudanças drásticas no manejo.

O controle biológico é uma prática que faz uso de organismos vivos que são inseridos no ambiente a fim de diminuir ou erradicar os danos negativos que são causados por organismos que diminuem a produtividade das plantas. Hoje, as

bactérias são organismos que desempenham um papel extremamente positivo no controle biológico. Atualmente, inúmeros estudos acerca do efeito do nematicida a base de *Bacillus spp.* estão relacionados sobretudo sob sua ação no controle de nematóides responsáveis por formar as galhas (*Meloidogyne spp.*) (MACHADO *et al.*, 2012).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar se o uso de *Bacillus firmus* é eficiente no controle da população de nematóides formadores de galha do gênero *Meloidogyne* spp. na cultura da soja.

### **2.2 Objetivos específicos**

Verificar se o tratamento de sementes com *Bacillus firmus* será eficiente para reduzir a quantidade de ovos, densidade populacional de adultos de todas as espécies de nematóides encontradas nas amostras na região da raiz e do solo após 35 e 65 dias de plantio.

### 3 JUSTIFICATIVA

Atualmente, mais de 100 espécies e 50 gêneros de nematóides estão registrados e relacionados à cultura da soja. No território brasileiro, as espécies que ocasionam maiores danos à cultura são *Meloidogyne* spp., *Heterodera* spp., *Pratylenchus* spp., e *Rotylenchulus* spp (DIAS *et al.*, 2010).

Diante das doenças ocasionadas por esses fitoparasitas, as provenientes do gênero *Meloidogyne* são as que mais conferem danos à cultura da soja, devido a sua vasta distribuição no meio ambiente, alta taxa de reprodução, e assim, são causadores de inúmeros prejuízos (ALMEIDA *et al.*, 2005).

Os nematóides pertencentes a esse gênero são responsáveis por causar galha nas raízes, que além de prejudicar o sistema radicular na absorção de água e nutrientes, impacta diretamente no crescimento da planta. (TIHOHOD, 2000).

Estima-se que no território brasileiro, as espécies *M. javanica* e *M. Incógnita* pode ocasionar perdas na produtividade em lavouras de soja entre 20% a 30% respectivamente (DINARDO-MIRANDA, 2008). Diante desses dados, cada vez mais os produtores se vêem preocupados diante da severidade desses fitoparasitas.

Nesse sentido, o desenvolvimento deste trabalho tem por intuito indicar se realizar o tratamento de sementes de soja (*Glycine max*) com o produto Votivo Prime® a base de *Bacillus firmus* será eficiente no controle de nematóides formadores de galha (*Meloidogyne* spp.) quando usado na dosagem 100 ml a cada 100 kg de sementes. Deste modo, os dados obtidos poderão auxiliar produtores na tomada de decisão do controle de nematóides.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Soja

De acordo com GAZZONI (2018), o centro de origem da soja está localizado no nordeste da China. Entretanto, a soja que é cultivada hoje em dia, se difere das que eram cultivadas pelos antepassados, pois as mesmas eram caracterizadas como plantas rasteiras.

Com o passar do tempo e o surgimento de cruzamentos naturais entre espécies selvagens, essas plantas sofreram evolução e foram melhoradas por inicialmente cientistas chineses (EMBRAPA, 2002).

No Brasil, o cultivo de soja iniciou-se em 1882 a partir de uma espécie que veio trazida dos Estados Unidos. Gustavo Dutra, na época professor da Escola de Agronomia da Bahia, foi o pioneiro a realizar testes e experimentos com as cultivares advindas desse país, entretanto, sem sucesso algum. Mais tarde, em 1891, os experimentos continuaram na região de Campinas- SP, e as cultivares implantadas apresentaram resultados satisfatórios. Por volta da década de 50, após muitas pesquisas e experimentos, o cultivo da soja passou a ser incentivado e visto como uma atividade promissora e rentável (EMBRAPA,2002).

Hoje, a soja é tida como uma das commodities mais importantes no cenário da economia mundial. O Brasil ocupa o primeiro lugar de maior produtor de soja no mundo. O país apresenta uma produtividade de 135,409 milhões de toneladas, uma média produtiva de 3.517 kg/ha em uma área de plantio que corresponde a 38,502 milhões de hectares. Hoje, o estado do Mato Grosso é tido como o maior estado produtor do grão, destaca-se pela produtividade média de 35,947 milhões de toneladas, seguidos pelos estados Rio Grande do Sul e Paraná (EMBRAPA 2021).

A cada safra, a produção de soja no Brasil tem se destacado em sua comercialização, onde o grão brasileiro tem se tornado altamente competitivo no mercado, graças a adoção de novas tecnologias, cadeias produtivas e investimento em pesquisas agrícolas (DE SOUZA *et al.*, 2013).

Entretanto, hoje, as doenças são tidas como uma das maiores responsáveis por restringir a produtividade de soja em uma lavoura. Estas por sua vez, podem ser causadas por bactérias, fungos, vírus e nematóides (ANDRADE, 2020.)

Os nematóides estão dentre um dos principais problemas fitossanitários da soja. (ALMEIDA *et al.*, 2017). Existem inúmeras espécies de nematóides que possuem grande importância. Dentre elas, destaca-se as espécies do gênero *M. javanica* e *M. incógnita* devido aos danos ocasionados, que causam impacto no crescimento da planta e servem de porta de entrada para outros patógenos. As perdas produtivas ocasionadas por estes fitoparasitas podem chegar até 90% a depender do grau de infestação e espécie (ALMEIDA *et al.*, 2016).

Conhecer o histórico da área de plantio, a incidência de doenças, as características da cultivar e as condições climáticas predominantes da região, são medidas indispensáveis na tomada de decisão de aplicação dos produtos, evitando assim uma aplicação desnecessária quando não houver indícios do desenvolvimento de uma epidemiologia na área em questão (CUNHA, PERES, 2010).

#### **4.2 Controle Biológico**

De acordo com PARRA *et al.*, (2002), o controle biológico é uma ferramenta que tem como objetivo regular a população de animais, insetos, plantas utilizando inimigos naturais, sejam eles, vírus, bactérias, protozoários, ácaros, entre outros.

Esse método é baseado no mecanismo de densidade recíproca, que tem como princípio controlar a densidade populacional indesejada fazendo uso de outra população caracterizada como inimiga natural. Essa metodologia pode envolver uso de plantas predadores, parasitóides, fitófagos etc., promovendo interação e equilíbrio no ambiente (SIMONATO, GRIGOLLI, DE OLIVEIRA 2014).

Um dos pilares do controle biológico é conseguir eliminar a população de patógenos indesejáveis e prejudiciais à cultura, sem fazer o uso de produtos químicos. Os mais adversos efeitos colaterais ocasionados pelo uso de produtos químicos, tem contribuído para a redução do seu uso (GRIGOLETTI JÚNIOR; SANTOS; AUER, 2000).

Aplicações inadequadas de químicos podem interferir na redução da biodiversidade, provoca resistência das pragas, ocasiona a mortalidade de organismos que não alvos, além de trazer danos à saúde dos seres humanos (Quarcco *et al.*, 2014)

O uso de produtos biológicos tem ganhado espaço, uma vez que apresentam menos toxicidade para a cultura implantada (GRIGOLETTI JÚNIOR; SANTOS; AUER, 2000).

Devido ao uso dessa técnica em mais de 23 milhões de hectares em território nacional, hoje o Brasil é o país líder em uso de controle biológico. Graças a esse feito, exporta novas *tecnologias* para países do mundo todo (EMBRAPA, 2019).

Hoje, o uso do controle biológico tem sido empregado em diversas culturas. Para Simonato, Grigolli, De Oliveira, (2014 p.139) “A cultura da soja é um exemplo clássico de um dos maiores programas de controle biológico do mundo”. Atualmente, existem diversos agentes biológicos que atuam na sojicultura. O estudo do uso de bactérias tem se tornado cada vez mais frequente, apontando o contato direto entre antagonista-patógeno-hospedeiro (RYAN *et al.*, 2008).

Apesar da eficiência comprovada do controle biológico, a substituição do sistema químico por um método alternativo, deve ser realizada de forma gradual, aspirando um sistema de produção ecologicamente sustentável e gradativo, onde cada vez menos está vinculado ao uso de nematicidas químicos (FERREIRA, *et al.*, 2017).

### 4.3 Nematóides em Soja

Os nematóides de maneira geral, estão listados como pragas que podem ocasionar grandes prejuízos econômicos, além de apresentar riscos sanitários as lavouras (Brasil, 2015). No Brasil, os danos ocasionados pelo efeito dos nematóides podem chegar a R\$ 35 bilhões por ano. Na cultura da soja, estima-se que os prejuízos sejam de R\$ 16,2 bilhões (MACHADO, 2015).

Dentre os diferentes tipos de nematóides que habitam o solo, a maioria se alimenta do sistema radicular das plantas. Na cultura da soja, as espécies que mais ocasionam prejuízos de produtividade são : *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Heterodera* spp., *Rotylenchulus* spp., além da espécie *Helicotylenchus* spp., que apesar de não ocasionar danos tão severos a cultura, são encontrados com frequência em amostras de solo (FAVORETO *et al.*, 2019).

Os nematóides formadores de galha são pertencentes ao gênero *Meloidogyne* spp. Ele é um patógeno de alta incidência que, aloja-se obrigatoriamente nas raízes das plantas, além de estar amplamente distribuído no espaço geográfico. No cenário econômico, é o gênero de maior importância mundial (MOENS *et al.*, 2009).

Plantas de soja contaminadas com *Meloidogyne* spp. apresentam sintomas de necrose nos tecidos das folhas e galha na região das raízes, impactando diretamente na absorção de água e nutrientes. Além disso, sintomas de amarelecimento, manchas cloróticas são facilmente visíveis em lavouras infectadas

(ASMUS, 2001). O desenvolvimento da planta não é necessariamente atingido, entretanto na fase de florescimento é perceptível o abortamento de vagens e amadurecimento precoce das plantas (DIAS *et al.*, 2010). Quando beneficiadas pelas condições climáticas, as meloidoginoses são capazes de ocasionar prejuízos significativos nas culturas. No cultivo da soja, tem-se observado um decréscimo de produtividade em aproximadamente 30%. (VALIENTE *et al.*, 1990).

A reprodução do gênero *Meloidogyne* spp. ocorre na forma de partenogênese, ou seja, sem necessariamente a presença de um macho para que a reprodução aconteça. Uma fêmea desse gênero é capaz de depositar de 800 a 2850 ovos e a duração do ciclo reprodutivo pode variar entre 20 à 45 dias, a depender das variáveis umidade e temperatura. Ao contrário de outras espécies, a deposição dos ovos desse gênero ocorre na área externa da planta (FERRAZ; FINLAY BROWN, 2016)

A espécie *Pratylenchus* spp é pertencente ao grupos dos nematóides responsáveis por ocasionarem lesões radiculares, sendo encontrados com frequência nas regiões agricultáveis (INOMOTO *et al.*, 2011). Os sintomas ocasionados pelo ataque desse patógeno podem ocasionar nanismo, amarelamento das plantas e perdas de produtividade em 50 % dependendo do tipo de solo e níveis populacionais (DIAS *et al.*, 2010).

O nematóide de cisto da soja (*Heterodera* spp), desde sua identificação em meados da década de 90 no Brasil, tem ocasionados diversos prejuízos de produtividade na cultura da soja. É considerado um dos principais problemas fitossanitários e algumas medidas tem sido tomadas a fim de combater esse patógeno nas lavouras como a adoção de rotação de culturas, uso de cultivares resistentes entre outros (EMBRAPA, 2004). Essa espécie é responsável por penetrar nas raízes das plantas, impossibilitando a absorção de água e nutrientes, onde os sintomas ocasionados pelo ataque desse patógeno é visualizado em reboleiras ( GRIGOLLI E ASMUS, 2014).

Diante desse cenário, se torna imprescindível adotar medias que auxiliem a diminuir as densidades populacionais dos nematóides quando sua presença seja identificada a campo, para que o produtor consiga conduzir sua lavoura e os resultados de produtividade sejam positivos ( MARCAL, 2019).



#### 4.4 *Bacillus spp.*

Os microrganismos possuem a capacidade de impactar no ciclo dos nematóides, interferindo nas taxas reprodutivas e transformando as substâncias presentes no sistema radicular encarregadas por atrair e levar os fitonematóides até as plantas, evitando que os mesmos identifiquem as raízes das plantas e se translocam no solo até que venham a óbito (MACIEL, FERRAZ 1996).

As rizobactérias são capazes de gerar efeitos diversos. Podem interferir no crescimento das plantas, assim como atuar na forma de agente de controle biológico (FERRAZ, BROWN, 2016). As bactérias do gênero *Bacillus spp.* especificamente tem atuado no controle de nematóides devido a ação de controlar o desenvolvimento desses patógenos através de indução de resistência e produção de toxinas que impactam na deposição de ovos e desenvolvimento de juvenis (FERREIRA *et al.*, 2017).

Entre as bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus*, pode-se destacar a do gênero *firmus* no controle de nematóides do tipo galha. Essa bactéria foi isolada em Israel inicialmente, e hoje é utilizada na formulação de produtos utilizados nos tratamentos de sementes, cujo nome é Votivo. Estudos realizados *in vitro* indicam que o modo de ação dessa bactéria é baseado em compostos bioativos secundários que impedem o desdobraimento de ovos e como consequência, diminuem a infecção ocasionadas nas raízes das plantas pelo nematóide *M. Incógnita* (CASTILLO, LAWRENCE, KLOEPPER 2013).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação na empresa Fundação de pesquisa e desenvolvimento tecnológico Rio Verde - Lucas do Rio verde, MT. O município é delimitado por latitudes entre 12°38'69''S e 13°3'48''S e longitudes entre 55°51'44'' e 56°38'56' W, onde de acordo com a classificação climática de Köppen e Geiger, o clima predominante na região é do tipo Aw, com pluviosidade média nos últimos 10 anos de 2.257 mm e temperaturas médias de 25°C. O solo predominante na região é latossolo amarelo – distrófico, ou seja, são solos que possuem baixa fertilidade, mas quando adubados corretamente respondem de maneira satisfatória a calagem e adubação química.

Para a execução do experimento, utilizou-se um nematicida microbiológico via tratamento de sementes onde o mesmo foi *Bacillus firmus* onde a dosagem recomendada se encontra no Quadro 1 apresentado abaixo.

**Quadro 1: Nematicida Microbiológico Votivo Prime® utilizado e sua dosagem comercial.**

| Nome comercial | Princípio ativo                       | Mecanismo de ação | Dose recomendada                                      |
|----------------|---------------------------------------|-------------------|---|
| Votivo Prime®  | <i>Bacillus firmus</i><br>cepa I-1582 | Contato           | 70 – 140 ml a<br>cada 100 Kg<br>de sementes<br>(Soja) |

Fonte : Autoria Própria, (2022).

Para a implantação do experimento, optou-se por utilizar a cultivar de soja M 8372 IPRO, sendo que o lote de sementes utilizado no experimento foi dividido em duas amostras. A primeira parte não recebeu nenhum tipo de tratamento, onde estas sementes foram plantadas nos vasos designados como testemunha, enquanto a segunda parte foi tratada on farm com o produto Votivo Prime® - nematicida microbiológico de contato na dosagem de 100 ml a cada 100 kg de sementes.

As unidades experimentais foram compostas de vasos de isopor com capacidade de 700ml, onde estas foram preenchidas com solo da fazenda pertencente ao município Lucas do Rio verde – MT, área que previamente já havia sido identificada a existência dos mais diversos tipos de nematóides. Para o plantio das unidades experimentais, separou-se ao todo 72 vasos, sendo estes 36 tido como

T1 (testemunhas) e 36 como T2 (tratamento). Optou-se por implantar 52 unidades experimentais a mais do que seriam utilizadas, devido a facilidade de perda de amostras no momento de extração dos nematóides no laboratório. Assim, em cada unidade experimental semeou-se 5 sementes, sendo estas tratadas ou não, a depender se o vaso em si era destinado como testemunha ou tratamento.

Posteriormente, após a emergência das plântulas, realizou-se um raleio manual retirando-se as plantas menos vigorosas, permanecendo assim apenas 3 plantas por vaso. A rega dos vasos ocorreu duas vezes ao dia, no início da manhã e final da tarde com auxílio de regador. As unidades experimentais foram alocadas sob mesas de metais de maneira aleatória.

**Figura 1 – Alocação das unidades experimentais**



**Fonte : Autoria Própria, (2022).**

Após 35 dias do plantio, realizou-se as seguintes análises : Altura de plantas, massa fresca das plantas e a extração dos nematóides através do método de Jenkins, porém com algumas adaptações para as duas unidades experimentais (tratamento e testemunha).

Para a avaliação da altura das plantas, selecionou-se 5 vasos da testemunha e 5 vasos do tratamento de maneira aleatória para que os resultados não fossem tendenciosos, onde mediu-se a altura de todas as plantas contidas em vaso com o auxílio de uma régua de 30 cm, e posteriormente realizou-se uma média da altura das plantas contidas em cada vaso analisado.

**Figura 2 – Medição da altura das plantas**



**Fonte : Autoria Própria, (2022).**

Após a medição da altura de plantas, os vasos selecionados para a medição de altura de plantas foram levados para o laboratório de Nematologia da Fundação Rio Verde para continuidade das avaliações.

**Figura 3 – Unidades experimentais selecionadas para o desenvolvimento do trabalho**



**Fonte : Autoria Própria, (2022).**

Com a chegada das amostras no laboratório, retirou-se o solo juntamente com as plantas de dentro de cada vaso, e transferiu-se esse material para dentro de sacos plásticos identificados de acordo com cada vaso. Após esse processo, pegou-se apenas as plantas de cada saco plástico e realizou-se a medição da matéria fresca com o auxílio de uma balança e uma prancheta para anotações.

**Figura 4 – Pesagem matéria fresca**



**Fonte Autoria Própria, (2022).**

Após a avaliação do peso de massa fresca, o processo de extração dos nematóides teve início, onde utilizou-se a metodologia proposta por JENKINS (1964), com adaptações. As amostras de solos, foram homogeneizadas para que houvesse maior representatividade da população de nematoides. Com um béquer foram coletados 200 cm<sup>3</sup> de solo, emergidos e agitados em dois litros de água de torneira para o destorroamento do solo. O sobrenadante foi vertido sobre as peneiras Mesh na seguinte ordem: 20 Mesh, 100 Mesh e 500 Mesh. O material retido na primeira peneira (20 Mesh) e na segunda peneira ( 100 Mesh ) foram descartados. Por fim, o material retido da terceira peneira (500 Mesh) foi recuperado em um béquer da maneira mais concentrada possível, com auxílio de uma pisseta e adicionada em um tubo de ensaio de 50 mL.

**Figura 5 : Extração dos nematóides presentes no solo**



**Fonte : Autoria Própria, (2022).**

Para amostra de raízes, o excesso de solo foi retirado das raízes para realização da extração. Com o auxílio de uma balança obteve-se amostras de 10g da massa fresca das raízes. Estas, foram cortadas e colocadas em um copo de

liquidificador, com água suficiente para cobrir as raízes e trituradas por 15 segundos na velocidade máxima do aparelho.

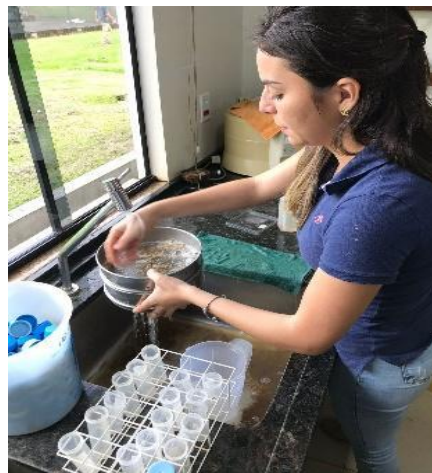
**Figura 6 : Preparo das raízes para as extrações dos nematóides**



**Fonte : Aatoria Própria, (2022).**

A suspensão foi vertida em uma peneira de 100 sobre uma de 500 Mesh. O material retido na primeira peneira (100 Mesh) foi descartado e o material retido na peneira de 500 Mesh recuperado em um béquer da maneira mais concentrada possível, com auxílio de uma pisseta e adicionada em um tubo de ensaio de 50 mL.

**Figura 7 : Extração dos nematóides presentes na raiz**



**Fonte : O Autor, 2022.**

As suspensões de 50 mL de solo e raízes receberam  $1\text{cm}^3$  de caulim e foram levadas para centrífuga por cinco minutos a 1800 rpm. Ao término da centrifugação, foi feito o descarte do sobrenadante e a adição de solução de sacarose (a sacarose foi preparada previamente contendo a adição de 400g de açúcar a de 750mL de

água). A solução de sacarose deve entrar em contato com todo material estará depositado no fundo do tubo, portanto, a suspensão foi agitada para melhor homogeneidade da solução. Novamente, os tubos de ensaio foram centrifugados. Porém, desta vez por apenas um minuto para evitar a plasmólise dos nematoides. O sobrenadante obtido foi vertido sobre a peneira de 500 Mesh e lavado em água corrente para remoção total da sacarose. A suspensão obtida foi recuperada em um béquer da maneira mais concentrada possível com o auxílio de uma pisseta para que coubessem em um tubo de ensaio de 10 mL. Os tubos de ensaio de 10 mL foram armazenados em refrigerador até a identificação e quantificação dos indivíduos.

Para a leitura da solução contida nos tubos de ensaio, optou-se por diluir os tubos de 10 ml para tubos de 50 ml, onde o mesmo foi completado com água destilada até o preenchimento total do tubo. Em seguida, retirou-se com o auxílio de uma pipeta de pasteur uma gota da solução e depositou-se a mesma em um conjunto de lâmina e lâminula de microscópio, que foi lida com auxílio de microscópio e câmera de Neubauer.

**Figura 8 : Leitura e quantificação dos nematóides presentes nas amostras**



**Fonte : Autoria Própria, (2022).**

Repetiu-se o mesmo procedimento das avaliações e extrações dos nematóides existentes no solo e na raiz após 65 dias de plantio. Selecionou-se novas unidades experimentais de maneira aleatória na casa de vegetação, sendo estas 5 unidades do tratamento e 5 da testemunha.

Após a obtenção dos dados, os mesmos foram tabulados em uma planilha de excel e em seguida, foram submetidos a análise estatística no programa Sisvar.

As estatísticas foram rodadas de maneira separada e assim gerou-se uma tabela de comparação entre os resultados obtidos nas unidades experimentais do tratamento e testemunha com o objetivo de avaliar o nível de significância dos dados obtidos em relação às variáveis : densidades populacionais de nematóides encontradas em cada amostra analisada, altura de plantas e peso de massa fresca aos 35 e 65 dias. O teste estatístico utilizado foi o teste t (LSD) com nível de significância de 5%.



## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os resultados obtidos, a tabela 1 representa a densidade populacional de nematóides existentes na raiz posteriormente a extração de nematóides. Observa-se que não houve diferença estatística entre o tratamento com nematicida microbiológico *Bacillus firmus* -152 quando comparado à testemunha para todas as espécies exceto para a espécie *Pratylenchus* onde o tratamento com nematicida microbiológico, se diferiu estatisticamente se mostrando mais eficiente reduzindo a população em 59%.

Em relação a densidade populacional dos nematóides da espécie *Meloidogyne spp.*, mesmo sem apresentar diferença estatística entre os tratamentos, houve redução populacional em aproximadamente 45,29%, evidenciando assim que o tratamento com Votivo prime® foi promissor no controle de nematóides *Meloidogyne spp.* localizados na região da raiz.

**Tabela 1- Médias de densidade populacional das espécies de nematóides encontrados na raiz obtidos através do teste estatístico T(LSD) encontrados na cultura da soja aos 35 dias após o plantio em vasos naturalmente infestado população mista de nematóides na safra 2021/2022.**

| Espécie de Nematóide        | Origem | Média sem Nematicida Microbiológico | Média com Nematicida Microbiológico <i>Bacillus Firmus</i> I-1582 | Coefficiente de variação CV % |
|-----------------------------|--------|-------------------------------------|---|-------------------------------|
| <i>Heterodera spp.</i>      | Raíz   | 24,20 a                             | 22,40 a   | 223,77                        |
| <i>Helicotylenchus spp.</i> | Raíz   | 195,00 a                            | 221,200 a   | 88,22                         |
| <i>Pratylenchus spp.</i>    | Raíz   | 440,00 a                            | 180,00 b  | 65,49                         |
| <i>Meloidogyne spp.</i>     | Raíz   | 529,40 a                            | 289,60 a  | 89,20                         |
| Ovos                        | Raíz   | 43227.00 a                          | 40822.20 a  | 55,72                         |

**Médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma linha não se diferem estatisticamente entre si pelo teste T ( LSD ) a 5 % de probabilidade.**

**Fonte : Autoria Própria, (2022).**

A molécula com *Bacillus firmus* se mostra de maneira efetiva no controle de nematóide do tipo *Meloidogyne spp.* e *Pratylenchus* quando utilizada via tratamento de sementes em condições de casa de vegetação (RIBEIRO *et al.*,2015). Um estudo realizado por OLIVEIRA *et al.*, (2015) menciona que o Votivo prime® possui capacidade de proporcionar proteção inicial do sistema radicular contra a entrada de ambos nematóides, além de proporcionar a contenção da capacidade desses

fitoparasitas de se multiplicarem após a inoculação do produto depois de um determinado período.

Já a tabela 2, representa a densidade populacional de nematóides existentes no solo posteriormente a extração de nematóides obtida através do método de Jenkis (1964), porém com algumas adaptações, após 35 dias de plantio. Observa-se que não houve diferença significativa entre o tratamento com nematicida microbiológico *Bacillus firmus* I-152 quando comparado à testemunha para todas as espécies. O tratamento com Votivo prime® não se mostrou eficiente no controle das espécies de nematóides em sua maioria, pois as médias se mostraram maiores nas unidades experimentais que integraram o tratamento. Entretanto, o tratamento com Votivo prime® se mostrou eficiente no controle da espécie de *Meloidogyne Sp* e dos ovos, onde ambos apresentaram redução populacional em 66,66% e 68,42% respectivamente.

**Tabela 2 - Médias de densidade populacional das espécies de nematóides encontrados no solo obtidos através do teste estatístico T(LSD) encontrados na cultura da soja aos 35 dias após o plantio em vasos naturalmente infestado população mista de nematóides na safra 2021/2022.**

| Espécie de Nematóide        | Origem | Média sem Nematicida Microbiológico | Média com Nematicida Microbiológico <i>Bacillus Firmus</i> I-1582 | Coefficiente de variação CV % |
|-----------------------------|--------|-------------------------------------|---|-------------------------------|
| <i>Heterodera</i> spp.      | Solo   | 20,00 a                             | 0,00 a  | 223,77                        |
| <i>Helicotylenchus</i> spp. | Solo   | 120,00 b                            | 260,00 a  | 45,58                         |
| <i>Pratylenchus</i> spp.    | Solo   | 859,00 a                            | 1644,00 a   | 42,67                         |
| <i>Meloidogyne</i> spp.     | Solo   | 60,00 a                             | 20,00 a   | 176,78                        |
| Ovos                        | Solo   | 380,00 a                            | 120,00 a  | 148,05                        |

**Médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma linha não se diferem estatisticamente entre si pelo teste T ( LSD ) a 5 % de probabilidade.**

**Fonte : Autoria Própria, (2022).**

Em relação as variáveis altura e peso de massa fresca das plantas, as mesmas não se diferiram estatisticamente em relação ao tratamento como pode ser visualizado na tabela 3 abaixo. Observa-se que o tratamento com Votivo prime® não proporcionou maior incremento na variável altura e massa fresca, onde as mesmas obtiveram resultados inferiores quando comparado com a testemunha.

**Tabela 3 - Médias das variáveis altura de planta e peso da massa fresca de plantas obtidos através do teste estatístico T(LSD) encontrados na cultura soja aos 35 dias após o plantio em vasos naturalmente infestado com população mista de nematóides na safra 2021/2022.**

| Unidade experimental  | Média da altura de plantas (cm) | Média do peso da massa fresca de plantas em (cm) | Coefficiente de variação cv % |
|---|---------------------------------|--|-------------------------------|
| Sem nematicida Microbiológico                               | 22,20 a                         | 5,94 a   | 4,29                          |
| Com Nematicida Microbiológico <i>Bacillus Firmus</i> I-1582 | 20,67 a                         | 5,71 a   |                               |

**Médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma linha não se diferem estatisticamente entre si pelo teste T ( LSD ) a 5 % de probabilidade.**

**Fonte : Aatoria Própria, (2022)**

De acordo Bortolini et al (2013), tal efeito pode ser explicado que apesar do uso de tratamento de sementes apresentar eficácia na redução dos nematóides na cultura da soja, o desenvolvimento da planta pode ser limitado.

Na tabela 4, Observa-se que não houve diferença estatística significativa entre o tratamento e a testemunha após 65 dias de para todas as espécies existentes na região da raiz. Entretanto, para a espécie *Meloidogyne spp.*, mesmo sem diferença significativa entre o tratamento quando comparado com a testemunha, o tratamento com nematicida microbiológico *Bacillus firmus* I-1582 reduziu a população em aproximadamente 35,64%.

**Tabela 4 - Médias de densidade populacional das espécies de nematóides encontrados na raiz obtidos através do teste estatístico T(LSD) encontrados na cultura da soja aos 65 dias após o plantio em vasos naturalmente infestado população mista de nematóides na safra 2021/2022.**

| <i>Espécie de Nematóide</i> | Origem | Média sem Nematicida Microbiológico | Média com Nematicida Microbiológico <i>Bacillus Firmus</i> I-1582 | Coefficiente de variação CV % |
|-----------------------------|--------|-------------------------------------|---|-------------------------------|
| <i>Heterodera</i> spp.      | Raíz   | 169,20 a                            | 247,60 a  | 145,23                        |
| <i>Helicotylenchus</i> spp  | Raíz   | 431,60 a                            | 427,60 a  | 86,13                         |
| <i>Pratylenchus</i> spp     | Raíz   | 1275,60 a                           | 2677,80 a   | 115,19                        |
| <i>Meloidogyne</i> spp      | Raíz   | 6711,60 a                           | 4319,40 a   | 60,63                         |
| Ovos                        | Raíz   | 47950,80 a                          | 28389,60 a  | 39,76                         |

**Médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma linha não se diferem estatisticamente entre si pelo teste T ( LSD ) a 5 % de probabilidade.**

**Fonte : Autoria Própria, (2022).**

Bactérias do gênero *Bacillus firmus* são pertencentes ao grupo de rizobactérias onde estas são responsáveis por promover o crescimento além de possuírem múltiplas formas de ação, principalmente na indução de resistência. Contudo, o efeito ocasionado sob os nematóides se dá a partir da produção de metabólitos, interferindo na eclosão de juvenis e orientação dos mesmos, diminuindo a migração no sentido das raízes (ARAUJO *et al.*, 2002). Tal efeito foi verificado no presente estudo visto que, aos 65 dias o uso de *Bacillus firmus* apesar de não proporcionar diferença significativa entre o tratamento e a testemunha na redução de *Meloidogyne* spp., reduziu em 40,79 % a densidade populacional de ovos na região da raiz.

Já na tabela 5, nota-se que não houve diferença significativa entre o tratamento quando comparado à testemunha para todas as espécies de nematóides existentes no solo após 65 dias de plantio. As médias das populações se mostraram parecidas, mesmo com o uso do nematicida microbiológico. Ainda sim, o tratamento com Votivo prime® se mostrou eficiente no controle da espécie *Meloidogyne* Spp. reduzindo a população em 9,03 %.

**Tabela 5- Médias de densidade populacional das espécies de nematóides encontrados no solo obtidos através do teste estatístico T(LSD) encontrados na cultura da soja aos 65 dias após o plantio em vasos naturalmente infestado população mista de nematóides na safra 2021/2022.**

| <i>Espécie de Nematóide</i> | Origem | Média sem Nematicida Microbiológico | Média com Nematicida Microbiológico <i>Bacillus Firmus</i> I-1582 | Coefficiente de variação Cv % |
|-----------------------------|--------|-------------------------------------|---|-------------------------------|
| <i>Heterodera</i> spp.      | Solo   | 24,00 a                             | 48,00 a   | 107,58 a                      |
| <i>Helicotylenchus</i> spp  | Solo   | 332,00 a                            | 316,00 a  | 43,87 a                       |
| <i>Pratiylenchus</i> spp    | Solo   | 40,00 a                             | 40,00 a   | 96,82 a                       |
| <i>Meloidogyne</i> spp      | Solo   | 1152,00 a                           | 1048,00 a   | 57,76 a                       |
| Ovos                        | Solo   | 352,00 a                            | 512,00 a  | 102,43 a                      |

**Médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma linha não se diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste t ( LSD ) a 5 % de probabilidade.**

**Fonte : Aatoria Própria, (2022).**

Após os 65 dias de plantio, não houve diferença significativa entre o tratamento quando comparado com a testemunha para as variáveis altura de planta e peso de massa fresca.

**Tabela 6 - Médias das variáveis altura de planta e peso da massa fresca de plantas obtidos através do teste estatístico T (LSD) encontrados na cultura soja aos 65 dias após o plantio em vasos naturalmente infestado com população mista de nematóides na safra 21/22**

| Unidade experimental  | Média da altura de plantas (cm) | Média do peso da massa fresca de plantas em (cm) | Coefficiente de variação cv % |
|---|---------------------------------|--|-------------------------------|
| Sem nematicida Microbiológico                               | 24,03 a                         | 8,88 a   | <b>3,63</b>                   |
| Com Nematicida Microbiológico <i>Bacillus Firmus</i> I-1582 | 25,09 a                         | 7,72 a   |                               |

**Médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma linha não se diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste T (LSD) a 5 % de probabilidade.**

**Fonte : Aatoria Própria, (2022).**

De acordo com Machado *et al.*, (2012) *B. firmus* é responsável por secretar algumas toxinas que afetam principalmente a formação da película externa das posturas de nematóides formadores das galhas impedindo a eclosão, além de atuarem sobre as formas juvenis. Já Ferreira (2015), afirma que a bactéria *B. firmus* é mais eficiente no controle da eclosão dos ovos do que na mobilidade dos juvenis.

Entretanto, neste trabalho observou-se que o uso de Votivo prime® foi mais efetivo sobre os juvenis do que sobre a redução dos ovos, visto que em ambos momentos do experimento, a densidade populacional de *Meloidogyne spp.* foi diminuída, enquanto a dos ovos existente no solo aos 65 dias, apresentou média superior a testemunha.

A sobrevivência de um nematóide no solo e sua disseminação, depende de uma série de fatores como por exemplo temperatura, umidade, ph, atributos químicos, físicos e biológicos existentes no solo (SASSER; FRECKMAN, 1987). O produto utilizado a base de *B. firmus*, tem dentre sua formulação a presença esporos (ADAPAR, 2020), que são estruturas de resistência que permitem a sobrevivência em condições de seca e calor, só germinando quando as condições forem adequadas (FERREIRA E SALGADO, 1995). De acordo com a classificação climática de Köppen e Geiger, Lucas do Rio Verde é uma cidade com temperaturas médias de 25°C. Diante disso, mesmo com as regas diárias das unidades experimentais em casa de vegetação, a combinação de altas temperaturas e baixa umidade no solo podem ter interferido na performance do produto.

De acordo com ADAPAR (2020), a molécula *Bacillus firmus* I-152 é indicada no controle dos nematóides das espécies *Pratylenchus spp.* e *Meloidogyne spp.* na cultura da soja. Os dados obtidos aos 35 dias se diferem dos obtidos aos 65 dias, onde aos 35 dias, a molécula *B. firmus* apresentou diferença significativa no controle da espécie *Pratylenchus spp.* e redução significativa na densidade populacional de *Meloidogyne spp.* na região da raiz. Entretanto aos 65 dias, verificou-se que houve diferença significativa na redução populacional da espécie *Meloidogyne spp.*, porém para a espécie *Pratylenchus spp.* as médias populacionais na raiz se mantiveram superiores nas unidades experimentais tratadas com nematicida microbiológico em 109%. Assim, o resultado obtido vai de encontro aos autores RIBEIRO *et al.*, (2015) citados neste presente estudo, onde o Votivo Prime® não apresentou eficácia no controle da espécie *Pratylenchus spp.* e *Meloidogyne spp.* em casa de vegetação de maneira simultânea.

De maneira geral, a população de nematóides aumentou para a maioria das espécies encontradas nas amostras mesmo após o tratamento com nematicida microbiológico a base de *Bacillus firmus* quando comparado com a testemunha. Os nematicidas ao que tudo indica, podem proporcionar proteção das raízes das plantas para que as mesmas não sofram danos, resultando no aumento de biomassa das raízes. Entretanto, após o intervalo de ação e funcionamento do produto, os

nematóides sobreviventes no solo possivelmente irão se multiplicar de maneira expressiva graças a um possível aumento da quantidade de massa das raízes que se tornarão disponíveis para o parasitismo. (SCHMITT *et al.*, 1983; SIPES E SCHMITT, 1998). Tal efeito foi verificado no presente estudo, onde a bactéria *Bacillus firmus* ocasionou apenas redução na densidade populacional de maneira efetiva para a espécie *Meloidogyne* spp. existentes tanto no solo enquanto na raiz aos 35 e 65 dias, enquanto para as demais espécies, estas sofreram variações evidenciando que o tratamento utilizado não foi eficiente para reduzir as densidades populacionais de nematóides encontradas nas amostras analisadas aos 35 e 65 dias de plantio.

Aos 35 dias de plantio, para a espécie *Helicotylenchus* spp., observou-se que tanto nas densidades populacionais de nematóides existentes no solo quanto na raiz, a unidade experimental sem nematicida microbiológico apresentou menor média quando comparada com o tratamento a base de *Bacillus firmus*. Tal efeito foi verificado por Wepukhul *et al.*, (2016) através de um estudo realizado na cultura do feijão, onde a aplicação de produtos a base de *Bacillus* spp., elevou significativamente a população de nematóides da espécie *Helicotylenchus* spp.

Para a espécie *Heterodera* spp., aos 65 de plantio verificou-se que a utilização do tratamento a base de *Bacillus firmus* não reduziu as densidades populacionais existentes no solo e na raiz. Araújo, Silva e Araújo (2002) relatam que o uso de *Bacillus subtilis* afeta a orientação do nematóide *Heterodera glycines* reduzindo a sua migração em direção a raiz na cultura da soja. Ou seja, para controle da espécie *Heterodera* spp., *Bacillus subtilis* se mostra mais promissor do que a bactéria *Bacillus firmus* utilizada neste estudo.

## 7 CONCLUSÃO

Considerando os dados contidos neste estudo, pode-se compreender que produtos a base de *Bacillus firmus* interferem no ciclo de vida de nematóides da espécie *Meloidogyne* spp., podendo ser utilizado no controle biológico desse fitoparasita. Os resultados obtidos em casa de vegetação se mostraram promissores no controle da espécie de *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp., reduzindo de maneira expressiva as densidades populacionais existentes na raiz após 35 de plantio

A bactéria *Bacillus firmus* I-152 de maneira geral não apresentou eficácia no controle de todas as espécies encontradas no solo e na raiz de maneira simultânea aos 35 e 65 dias de plantio, onde visualizou-se no presente estudo que essa molécula não apresenta amplo espectro de controle para os mais diversos nematóides existentes no solo.

Apenas para a espécie *Meloidogyne* spp. tanto aos 35 quanto aos 65 dias de plantio, apesar do tratamento não se diferir estatisticamente da testemunha, observou-se uma redução significativa nas densidades populacionais evidenciando assim que a molécula *Bacillus firmus* pode ser uma alternativa viável no controle do nematóide da espécie *Meloidogyne* spp.



## REFERÊNCIAS

- ADAPAR, 2020. **Votivo Prime® – Bula.** Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Outros/votivoprime.pdf>. Acesso em Nov 2022.
- 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 In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). Manual de Fitopatologia: doenças de plantas cultivadas. 4º ed. **São Paulo: Ceres**, 2005. p. 569-588.
- ALMEIDA, J. A.; SOUZA, J. C.; ARAÚJO, F. G. Tratamento de sementes com abamectina e *Paecilomyces lilacinus* no manejo de *Heterodera glycines* na cultura da soja. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 4, p. 62-65, 2016.
- ALMEIDA, F. A.; CARVALHO, R. M.; LEITE, M. L. T.; FONSECA, W. L.; PEREIRA, F. F. P. F. Reação de cultivares de soja aos nematoides das galhas. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v.59, n. 03, p. 228-234, 2017
- ANDRADE, Lucas Carreira de *et al.* **Seleção de fungicidas para controle de ferrugem asiática na cultura da soja.** 2020.
- ARAÚJO, F. F; SILVA, J. F. V.; ARAÚJO, A. S. F. Influência de *Bacillus subtilis* na eclosão, orientação e infecção de *Heterodera glycines* em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.2, p.197-203, 2002.
- BORTOLINI GL, de Araújo DV, Zavislak FD, ROMANO Junior J, KRAUSE W. Controle de *Pratylenchus brachyurus* via tratamento de semente de soja. **Enciclopédia Biosfera** 9:17 818-830, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Ministério da Agricultura mapeia principais pragas das lavouras brasileiras.** Brasília, DF: MAPA, 2015. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/08/ministerioda-agricultura-mapeia-principais-pragasdas-lavouras-brasileiras>. Acesso em: dez 2022.
- CASTILLO, Juan D.; LAWRENCE, Kathy S.; KLOEPPER, Joseph W. Biocontrol of the reniform nematode by *Bacillus firmus* GB-126 and *Paecilomyces lilacinus* 251 on cotton. **Plant Disease**, v. 97, n. 7, p. 967-976, 2013.
- CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. **São Paulo: Agronômica Ceres**, v. 2, 2005.
- CORTE, Gerson Dalla *et al.* Tecnologia de aplicação de agrotóxicos no controle de fitonematoides em soja. **Ciência Rural**, v. 44, p. 1534-1540, 2014.
- DIAS, W.P.; GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G.E. de S. **Nematóides em soja: identificação e controle.** Londrina: Embrapa Soja, 2010. 8p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 76)

DINARDO-MIRANDA, L. L. Fitossanidade. In: DINARDO-MIRANDA, L. L. VASCONCELOS, A. C. M. LANDEL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. p. 405-422.

DONG, L. Q.; ZHANG, K. Q. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. **Plant Soil**, v. 288, p. 31-45, 2006.

EMBRAPA, SOJA. **Tecnologias de produção de soja-Região Central do Brasil-2001/2002**. Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E), 2002. Disponível em : <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/450095>. Acesso em : 20 jul 2021.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja em números (safra 2020/21)**. EMBRAPA SOJA, Londrina, PR, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 20 jul 2021.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O Brasil é líder mundial em tecnologias de controle biológico**. EMBRAPA CERRADO, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/46366490/brasil-e-lider-mundial-em-tecnologias-de-controle-biologico>. Acesso em 21 Jul 2021.

FAVORETO, Luciany *et al.* 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.; BROWN, D. J. F. Nematologia de plantas: fundamentos e importância. **Manaus: normas editora**, p. 287 – 293, 2016.

FERRAZ, L. C. C. B. FINLAY BROWN, D. J. Nematologia de Plantas: fundamentos e importância. **Norma Editora**, 2. ed., p.251, 2016.

FERREIRA, L. P., Salgado, C. L., Bergamin Filho, A., Kimati, H., Amorim, L. Manual de Fitopatologia. **Editora Agrônômica Ceres**, Piracicaba, SP, p. 97-131, 1995.

FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: **A computer analysis system to fixed effects split plot type designs**. REVISTA BRASILEIRA DE BIOMETRIA, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Disponível em <<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. Acesso em: 05 Ago. 2020.

FERREIRA, R. J.; SOARES, P. L. M.; DE CARVALHO, R. B.; DOS SANTOS, J. M. BATISTA, E. S. P. BARBOSA, J. C. Espécies de Bacillus no controle dos nematoides das galhas e no desenvolvimento de cana-de-açúcar. **Nematropica** 47:106-113, Vol. 47, No. 2, P. 107, 2017

GAZZONI, Décio Luiz. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 3, p. 16-18, 2018.

GRIGOLLI, José Fernando Jurca; ASMUS, Guilherme Lafourcade. **Manejo de nematoides na cultura da soja**. Embrapa Agropecuária Oeste-Capítulo em livro científico (ALICE), 2014. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/985986/1/cap.9.pdf>. Acesso em 15 de Jul de 2021

INOMOTO, Mário M. Avaliação da resistência de 12 híbridos de milho a *Pratylenchus brachyurus*. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, p. 308-312, 2011.

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

JUHÁSZ, Ana Cristina Pinto *et al.* **Desafios fitossanitários para a produção de soja**. Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2013.

LIMA, Cláudia Liane Rodrigues de *et al.* Densidade crítica ao crescimento de plantas considerando água disponível e resistência à penetração de um Argissolo Vermelho distrófico arênico. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1166-1169, 2007.

KIMATI, H.; Amorim, L. Bergamin Filho, A. Camargo, L.E.A.; Rezende, J.A.M. Manual de fitopatologia. 3.ed. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1997. 774p. v. 2: Doenças das plantas cultivadas.

MACIEL, S. L.; FERRAZ, L. C. C. B. Reprodução de *Meloidogyne incognita* raça 2 e de *Meloidogyne javanica* em oito espécies de plantas medicinais. **Scientia Agricola**, v. 53, p. 232-236, 1996.

MACHADO, A. **Nematoide**: a praga que custa R\$ 35 bilhões ao agronegócio brasileiro. Piracicaba: ADEALQ – USP-ESALQ, 2015. Disponível em: [http://www.adealq.org.br/acontece/Nematoide-a-praga-que-custa-R\\$-35-bilh%C3%B5es-ao-agroneg%C3%B3cio-brasileiro-1410](http://www.adealq.org.br/acontece/Nematoide-a-praga-que-custa-R$-35-bilh%C3%B5es-ao-agroneg%C3%B3cio-brasileiro-1410). Acesso em: 5 nov. 2018.

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.

MAPA – **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA**. 2019. Disponível em: [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) . Acesso em: 20 jul 2021

MARÇAL, Lucas *et al.* **NEMATICIDAS NO MANEJO DE NEMATÓIDES NA CULTURA DA SOJA**. 2019.

MENDOZA, Alexandre R.; KIEWNICK, Sebastian; SIKORA, Richard A. Atividade in vitro de *Bacillus firmus* contra o nematóide escavador *Radopholus similis*, o nematóide das galhas *Meloidogyne incognita* e o nematóide *Ditylenchus dipsaci*. **Biocontrol Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 4, pág. 377-389, 2008.

MOENS, M.; PERRY, R.N.; STARR, J.L. *Meloidogyne* species: a diverse group of novel and important plant parasites. In: PERRY, R.N.; MOENS, M.; STARR, J.L. (ed.). **Root-knot nematodes**. Wallingford: CAB International, 2009.p.1-17.

OLIVEIRA, L.F.C., BARBOSA, G.G., MEIRIELI, P.M., SILVA, S.A., MACHADO, A.C.Z. **Bacillus firmus no controle de Meloidogyne incognita e Pratylenchus brachyurus em milho**. 2015

PARRA, José Roberto P. *et al.* Controle biológico: terminologia. Controle Biológico no Brasil: parasitóides e predadores. São Paulo. **Manole editora**, p. 1-16, 2002.

PREFEITURA DE LUCAS DO RIO VERDE- MT. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO, GESTÃO E FINANÇAS. **Perfil socioeconômico**. v 1, p. 1-276, 2016.

QUARCOO, F.; BONSI, C.; TACKIE, N.; FRANKLIN; CONRAD B.; NII T. Pesticides, the environment, and human health. In: Larramendy ML, Soloneski (Seds), **Agricultural and Biological Sciences: "Pesticides - Toxic Aspects, InTech Europe, Rijeka, Croatia**, pp. 81-103, 2014

RAIMUNDI, M. K. Fitopatologia Aplicada. **Editora e Distribuidora Educacional S.A**, p.208, 2019.

RIBEIRO, D. F., BARBOSA, G. G., MEIRIELE, P. M., SILVA, S. A., & MACHADO, A. C. Z. **VOTIVO® (Bacillus firmus) no controle de Meloidogyne incognita e Pratylenchus brachyurus em soja**. In XXXII Congresso Brasileiro de Nematologia, Londrina. 2015

RYAN, Robert P. *et al.* Bacterial endophytes: recent developments and applications. **FEMS microbiology letters**, v. 278, n. 1, p. 1-9, 2008.

SILVA, R. A. *et al.* Efeito da rotação e sucessão de culturas no manejo de nematoides da soja em área arenosa. **Nematropica**, v. 48, n. 2, p. 198-206, 2018.

SASSER, J. N.; D. W. FRECKMAN. A world perspective on nematology: the role of the society. **Vistas on Nematology**., p. 7-14, 1987.

SCHMITT, DP; CORBIN, FT; NELSON, LA Dinâmica populacional de Heterodera glycines e resposta da soja em solos tratados com nematocidas e herbicidas selecionados. **Journal of Nematology** , v. 15, n. 3, pág. 432, 1983.

SIMONATO, Juliana; GRIGOLLI, José Fernando Jurca; DE OLIVEIRA, Harley Nonato. **Controle biológico de insetos-praga na soja**. Embrapa Agropecuária Oeste- Capítulo em livro científico (ALICE), 2014.

SIPES, Brent S.; SCHMITT, Donald P. Interações nematóide-pesticida. **Interações entre plantas e nematoides** , v. 36, p. 173-185, 1998.

TIHOHOD, D. Nematologia agrícola aplicada. 2 ed. Jaboticabal: **FUNEP, 2000**. 473p.

TURATTO, MARCIELLY FLECK *et al.* **Avaliação in vitro do fungo nematófago Trichoderma sp., no controle do Meloidogyne incognita na cultura da soja**. 2013.

VALIENTE, A. R. *et al.* Assessment of yield losses due to root-knot nematode species in soybean. **International Nematology Network Newsletter**, v. 7, n. 4, p. 42-43, 1990.

WEPUKHULU, M. *et al.* Effect of Bacillus subtilis on bean nematodes in Kenya: A laboratory and green house experiment. **International Journal of Academic Research and Development**, v. 1, n. 8, p. 26-31, 2016.