

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

ESTER PEREIRA NUNES

**TRATAMENTO DE SEMENTES DE MILHO NO CONTROLE *Pratylenchus*
*brachyurus***

UBERLÂNDIA
2025

ESTER PEREIRA NUNES

**TRATAMENTO DE SEMENTES DE MILHO NO CONTROLE de *Pratylenchus*
*brachyurus***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia, da Universidade Federal
de Uberlândia, para requisito para a obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Profa. Dra. Nilvanira Donizete Tebaldi

Uberlândia

2025

ESTER PEREIRA NUNES

**TRATAMENTO DE SEMENTES DE MILHO NO CONTROLE *Pratylenchus
brachyurus***

Membro da Banca

Membro da Banca

Profa. Dra. Nilvanira Donizete Tebaldi

Orientadora

“Certamente a bondade e o amor me seguirão todos os dias da minha vida”

Salmos 23:6

DEDICATÓRIA

A Deus, por toda graça concedida. Aos meus pais, John e Marília que me proporcionaram a vida, amor e educação. Ao meu noivo, Victor Hugo por todo carinho, amor e companheirismo. Aos meus amigos pelos dias compartilhados. A universidade UFU pela oportunidade. Em memória da Profa. Dra. Maria Amelia dos Santos, pela oportunidade dada e por acreditar em meu potencial.

RESUMO

O milho é uma das culturas de grande importância econômica para o Brasil e o mundo. O controle químico para nematoides no milho não é considerado o melhor método de manejo devido sua alta toxicidade ao meio ambiente. Diante disso, um dos desafios é encontrar métodos eficientes de controle, como o uso de nematicidas biológicos registrados eficazes para uso em tratamento de sementes. O presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes doses do produto 4015 para tratamento de sementes, em comparação a resultados de controle de produtos biológicos já conhecidos: Presence e Nemat. O experimento foi realizado com solo na proporção de 2:1 de areia e de argila, em casa de vegetação. Foi utilizado o nematoide *Pratylenchus brachyurus* e a cultivar DKB 390 PRO4 de milho. Os tratamentos utilizados foram 4 doses diferentes do produto 4015 (150 ml/100 kg, 180 ml/100 kg, 200 ml/100 kg e 250 ml/100 kg), doses fixas de Presence e Nemat (100 ml/100 kg) e um tratamento testemunha. O delineamento experimental foi em delineamento inteiramente ao acaso, com 7 tratamentos e 10 repetições. As avaliações ocorreram aos 45 e 75 dias após a inoculação, realizando amostras de raiz e solo, bem como peso de matéria fresca e seca. Os tratamentos não apresentaram diferenças significativas no desenvolvimento da cultura. O produto 4015 em todas as doses utilizadas foi eficaz no controle de nematoides, reduzindo populações com fator de reprodução inferior a 1. O produto 4015 na dose de 150 mL/100 kg de sementes pode ser recomendado para o tratamento de sementes de milho para o controle de *Pratylenchus brachyurus*.

Palavras-chave: Controle biológico, Nematoide das lesões radiculares, *Zea mays*.

ABSTRACT

Corn is one of the crops of great economic importance for Brazil and the world. Chemical control of nematodes in corn is not considered the best management method due to its high toxicity to the environment. Given this, one of the challenges is to find efficient control methods, such as the use of registered biological nematicides effective for seed treatment. The present study aimed to evaluate different doses of the product 4015 for seed treatment, compared to the control results of already known biological products: Presence and Nemat. The experiment was conducted using soil in a 2:1 sand-to-clay ratio in a greenhouse. The nematode *Pratylenchus brachyurus* and the corn cultivar DKB 390 PRO4 were used. The treatments consisted of four different doses of product 4015 (150 mL/100 kg, 180 mL/100 kg, 200 mL/100 kg, and 250 mL/100 kg), fixed doses of Presence and Nemat (100 mL/100 kg), and a control treatment. The experimental design was a completely randomized design with seven treatments and ten replications. Evaluations were carried out at 45 and 75 days, analyzing root and soil samples as well as fresh and dry matter weight. The treatments did not show significant differences in crop development. Product 4015, at all tested doses, was effective in controlling nematodes, reducing populations with a reproduction factor below 1. The product 4015 at a dose of 150 g or mL/100 kg of seeds can be recommended for corn seed treatment to control *Pratylenchus brachyurus*.

Keywords: Biological control, Root lesion nematode, *Zea mays*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias da massa de raiz, massa verde e massa seca de parte aérea de plantas de milho tratadas com diferentes produtos no controle de *P. brachyurus*, aos 45 dias após a inoculação. Pág.7

Tabela 2. Médias da massa de raiz, massa verde e massa seca de parte aérea de plantas de milho tratadas com diferentes produtos no controle de *P. brachyurus*, aos 75 dias após a inoculação. Pág. 8

Tabela 3. Médias da população de *P. brachyurus* em raiz, solo, vaso e fator de reprodução na cultura do milho, em função de diferentes tratamentos de sementes, aos 45 dias após a inoculação. Pág.9

Tabela 4. Médias da população de *P. brachyurus* em raiz, solo, vaso e fator de reprodução na cultura do milho, em função de diferentes tratamentos de sementes, aos 75 dias após a inoculação. Pág.9

Tabela 5. Médias de redução populacional - RP em porcentagem, do total de nematoides no vaso em relação a testemunha, aos 75 DAI. Pág.11

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 4 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 7 |
| 4. CONCLUSÃO..... | 12 |
| 5. REFERÊNCIAS | 12 |

1. INTRODUÇÃO

O milho é uma das culturas maior importância no Brasil, com origem nas Américas, tendo sua origem indicada no território mexicano, com relatos de cultivo pelo povo Maia, em 1800 a.C., sendo uma cultura historicamente antiga. Após o descobrimento das Américas, essa planta foi levada para a Europa, aumentando o conhecimento sobre a cultura e seu valor alimentício, sendo hoje cultivado em latitudes que cobrem da Rússia à Argentina (DUARTE, 2021).

No Brasil, o milho já era cultivado antes mesmo da chegada dos portugueses, sendo uma das principais fontes de alimento para os índios. Atualmente, essa relevância se mantém, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), é a segunda cultura mais cultivada no país, com a produção estimada em aproximadamente 119,74 milhões de toneladas do grão para a safra de 2024/25, com uma área se mantendo em 21 milhões de hectares.

Dessa forma, é usado na forma de cereal, na alimentação principalmente de animais, como aves e suíños, e presente em diversos alimentos e subprodutos, como pamonha, pipoca, farinhas, canjica, dentre outros. Devido a intensidade de cultivo, bem como sua relevância no mercado, nos sistemas de cultivo comerciais, requer cuidados especiais para maior rendimento, relacionado ao manejo do solo, como a aplicação de fertilizantes, uso de sistemas de irrigação, bem como aplicação de defensivos agrícolas para o controle de insetos, doenças e os nematoides podem ocorrer reduzindo a produtividade da cultura (CONAB, 2022).

Os nematoides são vermes microscópicos de corpo cilíndrico, geralmente alongado e com extremidades afiladas, que podem apresentar variações na forma das fêmeas em determinadas condições, como formatos de rim, maçã, pêra e globoso. Com comprimentos que variam de 0,3 mm a 3 mm, esses organismos fitoparasitas têm grande relevância agronômica, pois infectam as plantas a partir de órgãos subterrâneos, reduzindo a produtividade das culturas. Vivem em ambientes com disponibilidade de água e são sensíveis a altas temperaturas e à falta de umidade; no entanto, algumas espécies possuem uma notável capacidade de sobreviver por meses ou até anos em condições de estresse hídrico. Como agentes microscópicos de solo, seu impacto na agricultura é significativo, especialmente por seu potencial de persistência e capacidade de adaptação a adversidades ambientais (ROSSETTO; SANTIAGO, 2013).

As perdas anuais no mundo devido a nematoides são estimadas em torno de 12,3% (HASSAN et al., 2013), atualmente, equivalentes a aproximadamente 157 bilhões de dólares, além de mais de 500 milhões de dólares gastos com aplicação de medidas de controle, em real,

mais de 800 bilhões de reais perdidos no total. Muitas espécies de fitonematoídes já foram associadas a cultura do milho em diferentes partes do mundo. No Brasil, as espécies mais importantes são *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood; *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood; *Heterodera glycines* Ichinohe; *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev & Stekhoven e *Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira (PINTO et al., 2006).

O gênero *Pratylenchus*, segundo Tihohod (2000), causa nas raízes ferimentos, onde outros organismos patogênicos como bactérias e fungos, tomam-se oportunistas e penetram. Essa interação ocasiona a formação de lesões que resultam na destruição dos tecidos da raiz. Os sistemas radiculares parasitados mostram-se reduzidos, pouco volumosos e rasos. *Pratylenchus brachyurus*, *P. zeae* e *P. penetrans* são as espécies mais encontradas em regiões tropicais e subtropicais (FERRAZ, 1999).

O nematoide *P. brachyurus*, nematoide das lesões radiculares, é conhecido por causar necroses mais pronunciadas do que danos mecânicos nas raízes das plantas. Em algumas situações, pode-se observar hipertrofia leve nas células, bem como pequenas lesões na superfície radicular, resultantes de reações às toxinas liberadas pelo nematoide (BROOKS; PERRY, 1967). Na cultura do milho, a infestação por *P. brachyurus* frequentemente manifesta-se em formações características chamadas reboleiras, compostas por grupos de plantas que exibem sintomas visíveis na parte aérea devido ao parasitismo nas raízes. Esses sintomas incluem nanismo, ramos finos, folhas cloróticas e amareladas, além de murcha em períodos de seca. Em casos mais severos, podem ocorrer desfolha e a formação de espigas pequenas e mal granadas (PINTO et al., 2006).

A redução da densidade populacional de nematoides pode ser alcançada por meio de estratégias como o controle químico, o uso de variedades resistentes e a rotação de culturas. O uso de genótipos resistentes é considerado a abordagem mais eficaz e econômica para o controle desses nematoides, no entanto, ainda há pouco conhecimento sobre a resistência de diferentes espécies vegetais ao nematoide-das-lesões e devido à falta de genótipos que combinem resistência com características agronômicas desejáveis (FREITAS et al., 1999; FERRAZ et al., 2001; FERRAZ et al., 2010). Da mesma forma, a rotação de culturas, apesar de ser uma prática eficaz, é frequentemente limitada por fatores econômicos (HALBRENDT; LaMONDIA, 2005). Já o controle químico enfrenta restrições significativas, especialmente no uso de nematicidas, devido à geração de resíduos persistentes no solo, à contaminação dos lençóis freáticos e aos impactos negativos sobre a saúde humana e a fauna global (JATALA, 1986; STIRLING, 1991; KERRY, 2001).

O controle biológico também pode ser empregado como uma estratégia para manejar populações de nematoides, tendo como principais agentes de controle fungos e bactérias (PARRA et al., 2002). Esse método consiste na ação de um ou mais organismos que regulam o número de indivíduos de uma população de nematoides ou limitam sua capacidade de se alimentar e causar danos às plantas. Essa interação pode ocorrer naturalmente, por meio da manipulação do ambiente ou pela introdução de organismos antagonistas (BAKER; COOK, 1974). Esses antagonistas atuam para evitar que a população de nematoides alcance níveis suficientemente altos para causar perdas econômicas, contribuindo para o equilíbrio entre ambas as populações.

O tratamento de sementes tem-se consolidado como uma prática eficiente no manejo de fitonematoídes em culturas agrícolas, especialmente as anuais. Essa técnica apresenta diversas vantagens, como a aplicação localizada, que reduz o impacto ambiental e otimiza o uso de produtos, tornando-a uma alternativa economicamente viável devido ao baixo volume necessário. Além disso, a simplicidade de aplicação e a disponibilidade de sementes industrialmente tratadas facilitam sua adoção pelos produtores, especialmente em sistemas agrícolas que demandam maior eficiência e sustentabilidade (NEVES, 2013).

Em busca de estratégias mais sustentáveis e com menor impacto ambiental, o uso de produtos biológicos no tratamento de sementes tem ganhado destaque. Estudos recentes apontam que agentes biológicos, como fungos e bactérias benéficas, podem atuar no controle de fitonematoídes e na supressão de patógenos desde os estágios iniciais das culturas (MONNERAT, 2020). Essa abordagem combina proteção residual e sistêmica, assegurando tanto a ação nematicida quanto o fortalecimento das plantas em seu desenvolvimento inicial. Dessa forma, o tratamento de sementes torna-se uma prática crucial na construção de sistemas agrícolas mais resilientes e produtivos, alinhando eficiência agronômica com princípios de sustentabilidade.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar diferentes doses do produto biológico 4015 no tratamento de sementes de milho para controle de *P. brachyurus*, condições de casa de vegetação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e no Laboratório de Nematologia (LANEM), do Instituto de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Minas Gerais, *Campus* Umuarama. Segundo a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima tropical com inverno seco (Aw). Esse clima é caracterizado por dois períodos distintos: um inverno ameno e seco, com baixa precipitação, e um verão quente e chuvoso (MENDES, 2001).

O experimento foi conduzido no período de 16 de setembro de 2022 a 28 de dezembro de 2022, utilizando o híbrido DKB 390 PRO4 de milho, com 10 repetições e 7 tratamentos, totalizando 70 vasos. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. O experimento foi realizado em vasos plásticos de 1,5 L, com solo na proporção de 2:1 de areia e de argila.

Anteriormente à semeadura, foi realizado o tratamento das sementes. Para isso, as sementes de milho foram colocadas em um Erlenmeyer e cada produto foi colocado em uma solução de Triton a 0,02 %, para 100 g de sementes de milho, misturando as sementes, até que todas as sementes estivessem cobertas superficialmente. Sendo as doses dos produtos dos tratamentos as seguintes:

- T1 – testemunha (sem tratamento)
- T2 – produto 4015® na dose 150 mL/100 kg de sementes
- T3 – produto 4015® na dose 180 mL/100 kg de sementes
- T4 – produto 4015® na dose 200 mL/100 kg de sementes
- T5 – produto 4015® na dose 250 mL/100 kg de sementes
- T6- produto Presence® na dose 100 mL/100 kg de sementes
- T7 – produto Nemat® na dose 100 mL/100 kg de sementes

Sendo o princípio ativo do Presence, a *Bacillus subtilis* linhagem FMCH002(DSM32155) (Mín. de $1,0 \times 10^{11}$ UFC/g) e *Bacillus licheniformis* linhagem FMCH001(DSM32154) (Mín. de $1,0 \times 10^{11}$ UFC/g), as duas espécies de *Bacillus* têm alta capacidade de competição no solo onde colonizam o sistema radicular das culturas desde o início de seu desenvolvimento, alimentam-se dos exsudados radiculares e formam um biofilme protetor ao redor da raiz, durante o desenvolvimento bacteriano são secretados metabólitos secundários com efeito nematicida e nematostático que atuam de forma a limitar o desenvolvimento dos nematoides (FMC QUÍMICA DO BRASIL LTDA., 2020).

Em relação ao produto Nemat, o produto é composto pela espécie fúngica *Paecilomyces lilacinus*, Isolado Uel Pae 10 (Mínimo 7,5x 109 UFC/g de produto), tendo relação de parasitismo, antibiose e competição por nutrientes e espaço (MORENO et al., 2020). O tratamento 4015 é um produto em fase de teste, codificado e sem informações adicionais, apenas categorizado com produto biológico para tratamento de sementes.

A semeadura foi realizada no dia 16/09, semeando 3 sementes de milho por vaso, com desbaste no dia 22/09, onde o objetivo foi obter apenas uma planta por vaso.

Um dia após o desbaste das plantas, foi realizada a inoculação com o nematoide *P. brachyurus*, inóculo obtido através da empresa AgroLab, colocando em cada vaso 500 juvenis e ou adultos, 10 mL por vaso de inóculo (50 nematoides por mL) divididos em 2 sulcos ao redor da plântula, totalizando aproximadamente 5 mL de solução por sulco.

Durante o experimento foram realizadas aplicações de solução nutritiva, com o objetivo de fornecer às plantas a quantidade necessária de macronutrientes e de micronutrientes, feitas em um intervalo de 15 dias entre uma aplicação e outra, sendo aplicados 50 mL por vaso na superfície do solo, totalizando três aplicações ao final. A solução nutritiva é composta por: EDTA férrico, KHPO, KNO₃, Ca (NO₃)₂.4H₂O, MgSO₄.7H₂O, H₃BO₃, ZnSO₄.7H₂O, CuSO₄.5H₂O, MnSO₄.H₂O e Na₂MoO₄.2H₂O. Em relação ao aporte hídrico, as plantas foram irrigadas diariamente.

Aos 45 e 75 dias após a inoculação, com o intuito de mensurar o desenvolvimento das plantas, foram realizadas as avaliações das variáveis de importância ao presente estudo, sendo elas: massa fresca de raiz e parte aérea (g), e massa seca da parte aérea (g) pesadas em balança de precisão.

As plantas foram cortadas e acondicionadas em sacos de papel para o processo de avaliação da massa fresca e seca da parte aérea das plantas (folhas e colmos), determinou-se a massa seca através da secagem das plantas em estufa com circulação forçada de ar, a 65° C até peso constante.

Para as análises de raízes e solo, despejou-se o solo contido nos vasos em um recipiente plástico, podendo assim realizar a separação das raízes e dos solos. As raízes obtidas foram guardadas em sacos de papel e o solo coletado foi homogeneizado, levados para o laboratório. Realizou-se o procedimento de extração dos nematoides para avaliação dos ensaios, no caso do solo utilizou-se uma amostra de 150 cm³ e a extração foi feita através da técnica de flutuação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964) e para as amostras de raiz, fez-se com o uso da técnica do liquidificador doméstico (BONETI; FERRAZ, 1981), onde são obtidas as

amostras da solução, contendo os nematoides devidamente preparados para o procedimento de leitura.

Após a extração, foi realizada a leitura das amostras, com ampliação de 4x no microscópio. O copo foi agitado para resuspender os nematoides, que estavam sedimentados no fundo do copo, sendo coletados com o auxílio da pipeta graduada para transferir 1 mL para a câmara de Peters com cuidado para preencher todos os espaços. Logo após, a leitura pôde ser prosseguida, contando somente o número de juvenis e/ou adultos que estavam dentro da área quadricular demarcada. Após a contagem, utilizou-se a proveta para medir o volume da amostra no copo (em mL), assim gerando o resultado da contagem do número de nematoides por mL de amostra de raiz e de solo (total em 1 mL multiplicado pelo volume total do copo), com esses dados, pode se obter também o fator de reprodução (FR) e o total de nematoides no vaso (TNV).

$$FR = \text{população final (solo + raiz)} / \text{população inicial}$$

$$TNV = (\text{população final amostragem solo (}150 \text{ cm}^3\text{)} \times 10) = \text{população em } 1500 \text{ cm}^3.$$

A porcentagem de redução do nematoide foi calculada: % Redução = $(FR_{trat}/testemunha \times 100) - 100$.

As informações obtidas foram testadas quanto às pressuposições de normalidade de resíduos (teste de Shapiro-Wilk), homogeneidade das variâncias (teste de O'Neil Mathews) e Teste de Scott-Knott, utilizando o programa R Studio versão 4.2.1, sendo todos os dados submetidos a 0,05 de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as sementes de milho tratadas com diferentes produtos, aos 45 (Tabela 1) e 75 dias (Tabela 2) após a inoculação com o nematoide, não foi observado diferença significativa entre os produtos e a testemunha para a massa de raiz, massa verde e massa seca das plantas de milho, sendo que o desenvolvimento da planta foi limitado pelo tamanho de vaso utilizado. Observado também por Fernandes, et al. (2018), não relataram incremento de peso de raízes, massa fresca e massa seca em plantas de feijoeiro cujas sementes foram tratadas com *Bacillus* sp.

Tabela 1. Médias da massa de raiz, massa verde e massa seca de parte aérea de plantas de sementes de milho tratadas com diferentes produtos no controle de *P. brachyurus*, aos 45 dias após a inoculação.

| Produtos | Massa Raiz (g) | Massa verde (g) | Massa seca (g) |
|------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| Testemunha | 17,3 | 9,03 | 1,43 |
| 4015 na dose 150 g | 17,97 | 10,67 | 1,61 |
| 4015 na dose 180 g | 18,29 | 11,25 | 1,68 |
| 4015 na dose 200 g | 16,45 | 10,08 | 1,58 |
| 4015 na dose 250 g | 18,63 | 10,34 | 1,64 |
| Presence na dose 100 g | 18,11 | 10,21 | 1,60 |
| Nemat na dose 100 g | 15,8 | 9,25 | 1,39 |
| CV (%) | 23.44 % | 22.94 % | 23.7% |

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

Tabela 2. Médias da massa de raiz, massa verde e massa seca de parte aérea de plantas de sementes de milho tratadas com diferentes produtos no controle de *P. brachyurus*, aos 75 dias após a inoculação.

| Tratamento | Massa Raiz (g) | Massa verde (g) | Massa seca (g) |
|------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| Testemunha | 28,03 | 23,87 | 4,9 |
| 4015 na dose 150 g | 30,88 | 23,54 | 4,75 |
| 4015 na dose 180 g | 24,97 | 23,69 | 4,78 |
| 4015 na dose 200 g | 27,33 | 25,47 | 5,11 |
| 4015 na dose 250 g | 24,76 | 19,97 | 4,17 |
| Presence na dose 100 g | 25,34 | 24,01 | 4,88 |
| Nemat na dose 100 g | 23,62 | 21,70 | 4,51 |
| CV (%) | 17.4 % | 17.94 % | 16.61 % |

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

Para o nematoide *P. brachyurus* houve diferença na população de nematoides e no fator de reprodução (FR) para todos os produtos e em relação a testemunha (Tabela 3 e 4). Para população de nematoides na raiz, aos 45 dias após a inoculação (Tabela 3), as maiores médias foram observadas na Testemunha, o produto 4015 na dose de 200 g, Presence e Nemat, resultados intermediários pelos tratamentos 4015 na dose 180 g e 4015 na dose de 250 g, e o melhor resultado, para o 4015 na dose de 150 g que reduziu significativamente a população de nematoides na raiz. Para a população de nematoides no solo, a população total de nematoides por vaso e o FR todos os produtos diferiram da testemunha (Tabela 3).

Aos 75 dias após a inoculação (Tabela 4), para média de nematoide por raiz, os produtos 4015 na dose de 200 g, 4015 na dose de 250 g e Nemat diferiram significativamente da testemunha. Para os nematoides no solo, total de nematoides por vaso e fator de reprodução todos os produtos diferiram significativamente da testemunha.

Tabela 3. Médias da população de *P. brachyurus* em raiz, solo, vaso e fator de reprodução na cultura do milho, em função de diferentes tratamentos de sementes, aos 45 dias após a inoculação.

| Tratamento | Nematoides raiz | Nematoides solo | Total Nematoides Vaso (1500cm ³) | FR |
|------------------------|--------------------|--------------------|---|----------|
| Testemunha | 56,2 c | 688,8 b | 6888,0 b | 9,29 b |
| 4015 na dose 150 g | 3,8 a | 10,6 a | 106,0 a | 0,14 a |
| 4015 na dose 180 g | 37,2 b | 0,0 a | 0,0 a | 0,07 a |
| 4015 na dose 200 g | 64,4 c | 18,8 a | 188,0 a | 0,37 a |
| 4015 na dose 250 g | 32,4 b | 0,0 a | 0,0 a | 0,06 a |
| Presence na dose 100 g | 51,0 c | 12,6 a | 126,0 a | 0,26 a |
| Nemat na dose 100 g | 56,6 c | 0,0 a | 0,0 a | 0,11 a |
| CV (%) | 84.01 % | 114.98 % | 114.98 % | 108.82 % |

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

Tabela 4. Médias da população de *P. brachyurus* em raiz, solo, vaso e fator de reprodução na cultura do milho, em função de diferentes tratamentos de sementes, aos 75 dias após a inoculação.

| Tratamento | Nematoides raiz | Nematoides solo | Total Nematoides Vaso (1500 cm ³) | FR |
|--------------------|--------------------|--------------------|--|---------|
| Testemunha | 114,2 b | 822,4 b | 8224,0 b | 11,19 b |
| 4015 na dose 150 g | 185,6 b | 7,0 a | 70,0 a | 0,46 a |
| 4015 na dose 180 g | 157,2 b | 12,0 a | 120,0 a | 0,47 a |
| 4015 na dose 200 g | 84,6 a | 0,0 a | 0,0 a | 0,16 a |

| | | | | |
|------------------------|---------|---------|---------|----------|
| 4015 na dose 250 g | 41,8 a | 0,0 a | 0,0 a | 0,08 a |
| Presence na dose 100 g | 149,6 b | 0,0 a | 0,0 a | 0,29 a |
| Nemat na dose 100 g | 35,4 a | 0,0 a | 0,0 a | 0,07 a |
| CV (%) | 84.02 % | 229.3 % | 229.3 % | 205.23 % |

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância

Com relação à avaliação da população de nematoides presentes no solo, aos 45 e 75 dias após inoculação, a maior média foi obtida pela testemunha, de 688,8 (Tabela 3) na primeira avaliação e de 822,4 (Tabela 4) na segunda avaliação. Os demais tratamentos foram equivalentes, variando de 0,0 a 18,8 e de 0,0 a 12,0, respectivamente. O total de nematoides por vaso seguiu o mesmo padrão, a maior média foi obtida pela testemunha, de 6888,0 na primeira avaliação e de 8224,0 na segunda avaliação, os tratamentos com as médias iguais a 0,0 na avaliação final foram: 4015 na dose de 200 g, 4015 na dose de 250 g, Presence e Nemat.

Conforme Dias et al. (2012), para áreas infestadas por *P. brachyurus*, é recomendado priorizar espécies vegetais, genótipos e tratamentos experimentais que apresentem fatores de reprodução (FR) mais baixos. Isso porque esses fatores, quando inferiores a 1,0, ajudam a reduzir ou, ao menos, a desacelerar o crescimento das populações do parasita no solo. O fator de reprodução obtido pela testemunha aos 45 e 75 dias após inoculação foram acima de 1,0; sendo de 9,29 e de 11,19; respectivamente, enquanto os demais tratamentos obtiveram resultados inferiores a 1,0, ou seja, os nematicida biológicos interferiram negativamente no desenvolvimento da população do nematoide, não apresentando diferenças estatísticas entre as diferentes doses do produto 4015, como também, em relação aos produtos conhecidos, Presence e Nemat (Tabela 3 e 4).

Os resultados deste estudo estão alinhados com os de Oliveira (2011), que identificou fatores de reprodução (FR) inferiores a 1,0 para *Pratylenchus sp.* em plantas de cana-de-açúcar tratadas com *P. lilacinus*. Essa redução nos fatores de reprodução observada nos tratamentos com nematicidas biológicos sugere que esses produtos podem exercer um efeito similar ao do fungo, limitando o desenvolvimento populacional de *P. brachyurus*. Dessa forma, seu uso pode representar uma estratégia promissora para o manejo sustentável de nematoides em cultivos agrícolas.

Tabela 5. Médias de redução populacional - RP em porcentagem, do total de nematoides no vaso em relação a testemunha, aos 75 DAI.

| Tratamento | RP (%) |
|------------------------|--------|
| 4015 na dose 150 g | 95,88 |
| 4015 na dose 180 g | 95,79 |
| 4015 na dose 200 g | 98,57 |
| 4015 na dose 250 g | 99,28 |
| Presence na dose 100 g | 97,40 |
| Nemat na dose 100 g | 99,30 |
| CV (%) | 12,4% |

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância

Aos 75 DAI, a população final - para a testemunha foi de 8224,0 juvenis e/ou adultos de *P. brachyurus*, que determina um fator de reprodução de 11,19. Com isso, os produtos quando comparados à testemunha reduziram a população de nematoides de 95,88% para 4015 na dose de 150g, 95,79% para 4015 na dose de 180g, 98,57% para 4015 na dose de 200g, 99,28% para 4015 na dose de 250g, 97,40% para Presence e 99,3% para Nemat, ou seja, todos os tratamentos resultaram em uma redução superior a 90%, sem diferenças entre tratamentos (Tabela 5). Carvalho (2018), obteve resultados igualmente satisfatórios, com redução populacional acima de 90% ao utilizar produtos compostos por *Bacillus* spp. para controle de *P. brachyurus* na produção de milho doce.

No geral, os tratamentos obtiveram desempenhos parecidos nas avaliações realizadas, revelando eficiência do tratamento de semente no controle de nematoides, bem como do produto testado, 4015 em diferentes doses, não obtendo diferenças entre as diferentes doses, como também, em relação aos produtos já existentes no mercado.

4. CONCLUSÃO

O produto 4015 foi eficaz em todas as doses para o controle de *Pratylenchus brachyurus* no tratamento de sementes de milho. O produto 4015 na dose de 150 g/100 kg de sementes pode ser recomendado para o tratamento de sementes de milho para o controle de *Pratylenchus brachyurus*.

5. REFERÊNCIAS

BAKER, K. F.; COOK, R. J. *Biological control of plant pathogens*. San Francisco, CA: WH Freeman & Co, 1974.

BONETTI, J. I.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v. 6, p. 553, 1981.

BROOKS, T. L.; PERRY, V. O. Pathogenicity of *Pratylenchus brachyurus* to citrus. *Plant Disease Report*, Beltsville, v. 51, p. 569-573, 1967.

CARVALHO, Sílvio Luís. Levantamento e controle biológico de *Pratylenchus brachyurus* na cultura do milho doce. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Morrinhos, Morrinhos, 2018.

CONAB (Brasil) (comp.). Aumento da produção de milho no Brasil tende a atenuar restrição de oferta mundial do grão. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4799-aumento-da-producao-de-milho-no-brasil-tende-a-atenuar-restricao-de-oferta-mundial-do-grao>. Acesso em: 20 abr. 2024.

DIAS, W. P. et al. Efeito do cultivo de espécies vegetais sobre a população de *Pratylenchus brachyurus* na soja. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA**, 6., 2012, Cuiabá. *Soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável: anais*. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

DUARTE, Jason de Oliveira (Brasil). Embrapa (comp.). Importância socioeconômica do milho. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>. Acesso em: 15 abr. 2024.

FERRAZ, L. C. C. B. Gênero *Pratylenchus*: os nematoides das lesões radiculares. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, v. 7, p. 157-195, 1999.

FERNANDES, Rafael Henrique; LOPES, Everaldo Antonio; VIEIRA, Bruno Sérgio; BONTEMPO, Amanda Ferreira. Controle de *Meloidogyne javanica* na Cultura do Feijoeiro com Isolados de *Bacillus* spp. *Revista Trópica - Ciências agrárias e biológicas*, v. 7, n. 1, 9 Ago 2013 Disponível em: <https://periodicoeletronicos.ufma.br/index.php/ccaatropica/article/view/899>. Acesso em: 7 mar 2025.

FMC QUÍMICA DO BRASIL LTDA. Bula do produto Presence. São Paulo: FMC Química do Brasil Ltda., 2020. Disponível em: <https://www.fmcagricola.com.br/Content/Fotos/Bula-Presence.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2025.

HALBRENDT, J. M.; LAMONDIA, J. A. Crop rotation and other cultural practices. In: **CHEN, Z. X.; CHEN, S. Y.; DICKSON, D. W.** (Ed.). *Nematology: advances and perspectives*. Wallingford: CABI Publishing, 2005. p. 909-930.

JATALA, P. Biological control of plant-parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology*, v. 24, p. 453-489, 1986.

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

KERRY, B. R. Exploitation of nematophagous fungal *Verticillium chlamydosporium* Goddard for the biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). In: **BUTT, T. M.; JACKSON, C.; MAGAN, N.** (Ed.). *Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential*. Wallingford: CABI Publishing, 2001. p. 155-167.

MENDES, P. C. *Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia – MG*. 2001. 258 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

MONNERAT, R. et al. Manual de produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero *Bacillus* para uso na agricultura. *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Documentos (INFOTECA-E)*, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1122563>. Acesso em: 29 mar. 2025.

MORENO, Gavira A.; HUERTAS, V.; DIÁNEZ, F.; SÁNCHEZ-MONTESINOS, B.; SANTOS, M. *Paecilomyces* e sua importância no controle biológico de pragas e doenças agrícolas. *Plants*, v. 9, p. 1746, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants9121746>.

NEVES, Samira Scaff. *Tratamento de sementes de híbridos de milho, com produtos químicos no controle dos nematoides-chave da cultura*. 2013.

OLIVEIRA, S.; DOS CHAVES, Misterlaine K. R.; VIEIRA, Andrea; SILVA, Dilma A. do N.; RODRIGUES, Elenilson J. da; WALBER D. de L. Controle biológico de fitonematoídes do gênero *Pratylenchus* através de inoculante natural em cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Pernambuco, v. 6, n. 2, p. 203-207, abr./jun. 2011.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. C.; BENTO, J. M. S. Controle biológico: terminologia. In: **PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. C.; BENTO, J. M. S.** (Ed.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 1-16.

PINTO, N. F. J. de A.; DOS SANTOS, Maria Amélia; WRUCK, Dulândula Silva Miguel. *Principais doenças da cultura do milho*. 2006.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. Nematoides. 2013. Disponível em:
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_54_711200516718.html. Acesso em: 15 jan. 2024.

STIRLING, G. R. *Biological control of plant parasitic nematodes: progress, problems and perspectives*. Wallingford: CABI Publishing, 1991. 282 p.