

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

SUPRESSÃO DE *Meloidogyne javanica* E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO
DA SOJA POR LINHAGENS DE *Bacillus thuringiensis*

DANIELLA RODRIGUES NUNES

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luiz Martins Soares

Coorientador: Me. Daniel Dalvan do Nascimento

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA AGRÔNOMICA.

Jaboticabal – SP

2º Semestre/2023

N972s	Nunes, Daniella Rodrigues Supressão de <i>Meloidogyne javanica</i> e promoção de crescimento da soja por linhagens de <i>Bacillus thuringiensis</i> / Daniella Rodrigues Nunes. -- Jaboticabal, 2023 40 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Pedro Luiz Martins Soares Coorientador: Daniel Dalvan do Nascimento 1. Controle biológico. 2. Desenvolvimento vegetativo. 3. <i>Bacillus thuringiensis</i>. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL



DEPARTAMENTO: Ciências da Produção Agrícola

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: SUPRESSÃO DE *Meloidogyne javanica* E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DA
SOJA POR LINHAGENS DE *Bacillus thuringiensis*

ACADÊMICO: Daniella Rodrigues Nunes

CURSO: Engenharia Agrônômica

ORIENTADOR (ES): Prof. Dr. Pedro Luiz Martins Soares

Me. Daniel Dalvan do Nascimento

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

(Nomes)

(Assinaturas)

Presidente Prof. Dr. Pedro Luiz Martins Soares



Documento assinado digitalmente
PEDRO LUIZ MARTINS SOARES
Data: 15/09/2023 13:31:47-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Membro Profa. Dra. Janete Aparecida Desidério



Documento assinado digitalmente
JANETE APARECIDA DESIDERIO
Data: 18/09/2023 11:57:21-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Membro Me. Carlos César de Oliveira



Documento assinado digitalmente
CARLOS CESAR DE OLIVEIRA GUARNIERI
Data: 18/09/2023 13:25:38-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Jaboticabal 14 / 09 / 2023

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 26 / 09 / 2023

Chefe do Departamento

Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade
Chefe do Depto. de Ciências da Produção Agrícola
FCAV/UNESP

À minha família, ao meu parceiro de vida e ao Melo pelo amor e apoio.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a minha mãe, Sandra Nunes Rodrigues, que sempre esteve presente e me apoiou para a conclusão da minha graduação.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Luiz Martins Soares, e ao meu coorientador, Me. Daniel Dalvan do Nascimento, pela paciência, orientação e confiança.

A minha irmã, Beatriz Nunes de Almeida, que sempre me apoiou e esteve presente durante esses 5 anos de graduação e a minha avó, Odete Hipólito Rodrigues, pelos conselhos.

Ao meu parceiro de vida, Leandro Monteiro de Lima, por me ajudar a não desistir dos meus sonhos e me apoiar para concluir este trabalho. Um agradecimento ao Melo, meu passarinho, que foi um presente na minha vida.

A toda à equipe do LabNema por ajudarem a conduzir o experimento deste trabalho com maestria.

Por fim, sou extremamente grata a Unesp/FCAV pela graduação incrível, pelos professores excelentes que foram fundamentais para a minha formação profissional e por me proporcionar um crescimento profissional e pessoal inestimável.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Nematoide de galha <i>Meloidogyne javanica</i>	3
2.2 Controle biológico com <i>Bacillus</i>	3
2.3 Uso do <i>Bacillus thuringiensis</i> como controle biológico de nematoides	4
3. OBJETIVO	6
4. MATERIAL E MÉTODOS	7
4.1 Delineamento do experimento	7
4.2 Crescimento das linhagens de <i>Bacillus thuringiensis</i>	8
4.3 Obtenção e multiplicação de <i>Meloidogyne javanica</i>	8
4.4 Instalação e condução do experimento	9
4.5 Avaliação nematológica e vegetativa	10
4.6 Análise estatística	11
5. RESULTADOS	12
5.1 Efeito de diferentes linhagens de <i>Bacillus thuringiensis</i> sobre nematoides totais, fator de reprodução e nematoides por grama de raízes ...	12
5.2 Efeito de diferentes linhagens de <i>Bacillus thuringiensis</i> sobre altura, massa fresca das partes aéreas, das raízes e número de vagens	16
6. DISCUSSÃO	21
7. CONCLUSÃO	25
8. LITERATURA CITADA	26

SUPRESSÃO DE *Meloidogyne javanica* E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DA SOJA POR LINHAGENS DE *Bacillus thuringiensis*

RESUMO

A soja é um dos produtos mais produzidos e exportados pelo Brasil, porém apresenta elevadas perdas devido aos nematoides. Os nematoides de galha (*Meloidogyne javanica* e *M. incognita*) estão entre as principais espécies que causam danos econômicos na cultura e apresentam difícil controle. Este trabalho teve como objetivo identificar o potencial de 43 cepas de *Bacillus thuringiensis* no controle de *Meloidogyne javanica* e no desenvolvimento vegetativo da soja. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições em casa de vegetação. Foram avaliadas altura, massa fresca das partes aéreas e raízes, número de vagens, número de nematoides totais nas raízes, fator de reprodução e número de nematoides por grama de raízes. O potencial nematicida foi encontrado nas linhagens *B. thuringiensis pakistani* T13 001, *B. thuringiensis morrisoni* T08 001, *B. thuringiensis Galleria* T05 001, *B. thuringiensis suB. thuringiensisoxicus* T06 001, *B. thuringiensis shandogiensis* T22 001, *B. thuringiensis ostridial* T08 A 001, *B. thuringiensis londrina*, *B. thuringiensis kenya* T04 A001 e *B. thuringiensis sumiyoshiensis* e as linhagens *B. thuringiensis tochiensis*, *B. thuringiensis canadensis*, *B. thuringiensis sotto* T04 001, *B. thuringiensis tohokuensis*, *B. thuringiensis tenebrionis*, *B. thuringiensis finitimus* T02 001, *B. thuringiensis kurstaki* (HD1), *B. thuringiensis morrisoni* T08 001, *B. thuringiensis toumanoffi* T11 001, *B. thuringiensis neoleonensis* T24 001, *B. thuringiensis silo* T26 001, *B. thuringiensis entomocidus* T06 A 001, *B. thuringiensis kurstaki* (HD73), *B. thuringiensis kenya*

T04 A001, *B. thuringiensis toyamensis* e *B. thuringiensis yunnanensis* T20 001 promoveram maior desenvolvimento da soja comparado à testemunha. O isolado *B. thuringiensis morrisoni* T08 001 destacou-se em reduzir em 30% o número total de nematoides e em apresentar 21% a mais de vagens na soja quando comparado a testemunha.

Palavras-chave: Controle biológico. Desenvolvimento vegetativo. *Bacillus thuringiensis*.

SUPPRESSION OF *Meloidogyne javanica* AND SOYBEAN GROWTH PROMOTION BY *Bacillus thuringiensis* STRAINS

ABSTRACT

Soybean is one of the most produced and exported products in Brazil, but it has high losses due to nematodes. Root-knot nematodes (*Meloidogyne javanica* and *M. incognita*) are difficult to control and they are among the main species that cause economic damage to crops. This work aimed to identify the potential of 43 strains of *Bacillus thuringiensis* in the control of *Meloidogyne javanica* and the soybean vegetative growth. The experiment was conducted in a completely randomized design with 10 replications in a greenhouse. Height, fresh mass of shoots and roots, reproduction factor, total number of nematodes in the roots, number of nematodes per gram of roots and number of pods were evaluated. The presence of nematicidal potential was found in strains *B. thuringiensis pakistani* T13 001, *B. thuringiensis morrisoni* T08 001, *B. thuringiensis galleriae* T05 001, *B. thuringiensis suB. thuringiensisoxicus* T06 001, *B. thuringiensis shandogiensis* T22 001, *B. thuringiensis ostridial* T08 A 001, *B. thuringiensis londrina*, *B. thuringiensis kenya* T04 A001 and *B. thuringiensis sumiyoshiensis* and strains *B. thuringiensis tochiensis*, *B. thuringiensis canadensis*, *B. thuringiensis sotto* T04 001, *B. thuringiensis tohokuensis*, *B. thuringiensis tenebrionis*, *B. thuringiensis finitimus* T02 001, *B. thuringiensis kurstaki* (HD1), *B. thuringiensis morrisoni* T08 001, *B. thuringiensis toumanoffi* T11 001, *B. thuringiensis neoleonensis* T24 001, *B. thuringiensis silo* T26 001, *B. thuringiensis entomocidus* T06 A 001, *B. thuringiensis kurstaki* (HD73), *B. thuringiensis kenya* T04 A001, *B. thuringiensis toyamensis* and *B. thuringiensis*

yunnanensis T20 001 promoted greater soybean development compared to the control. The strain *B. thuringiensis morrisoni* T08 001 stood out in reducing the total number of nematode by 30% and in presenting 21% more pods in soybean when compared to the control.

Keywords: Biological control. Vegetative development. *Bacillus thuringiensis*.

1. INTRODUÇÃO

A soja é um dos principais produtos consumidos no mundo, sendo esse consumo de 363,1 milhões de toneladas e uma produção mundial de 352,7 milhões de toneladas para a safra 2021/2022 (USDA, 2022a) na qual o Brasil destaca-se por ser o principal produtor e exportador, representando mais de um terço da produção de soja no mundo (USDA, 2022b) com uma área cultivada de 40,9 milhões de ha e uma produção de 124 milhões de toneladas, havendo expansão de área semeada a cada nova safra (CONAB, 2022).

Os nematoides parasitos de plantas causam elevados danos para a soja, com perdas estimadas em 32% (OERKE et al., 2012). Mais de 100 espécies de nematoides já foram associadas a ela, sendo que os mais prejudiciais são os nematoides de galha, de cisto, das lesões radiculares e o reniforme (OLIVEIRA et al., 2018). Entre os nematoides de galha, as espécies mais frequentes são *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* que causam manchas cloróticas, nanismo nas plantas, abortamento das vagens, amadurecimento prematuro das plantas e galhas nas raízes das plantas de soja (SOARES; NASCIMENTO, 2021).

Para reduzir essas perdas, deve-se realizar o controle de nematoides que envolve o uso de diferentes métodos, sendo eles a rotação de culturas com plantas não hospedeiras e/ou resistentes, cultivares resistentes/tolerantes, revolvimento do solo, uso do controle químico e biológico (INOMOTO et al., 2016).

O controle biológico com o uso de bactérias do gênero *Bacillus* têm mostrado potencial bionematicida e auxilia no desenvolvimento da soja, segundo estudos realizados por Castaneda-Alvarez et al. (2016).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Nematoide de galha (*Meloidogyne javanica*)

As espécies de *Meloidogyne* tornaram-se um problema crítico para os países sojicultores das regiões tropical e subtropical devido ao monocultivo e pouca oferta de cultivares resistentes (SILVA, 1988). No Brasil, *M. javanica* está associado as maiores perdas de produção da cultura da soja (ASMUS, 2001).

Com a finalidade de controlar *M. javanica*, o uso do controle biológico com bactérias pode ser uma alternativa, apresenta segurança ambiental (WEI et al., 2003), além da crescente necessidade de buscar outros métodos além do uso de cultivares resistentes.

2.2 Controle biológico com espécies de *Bacillus*

O controle biológico atua de forma a reduzir os danos ou a população dos nematoides através do uso de antagonistas, de forma natural ou através da introdução artificial desses inimigos naturais (STIRLING, 2018), que minimizam os danos ambientais e o elevado custo do controle químico (DONG; ZHANG, 2006).

Entre os principais inimigos naturais estão as bactérias do gênero *Bacillus*, compostas por mais de 260 espécies utilizadas como controle biológico de insetos, nematoides, promotoras de desenvolvimento das plantas, entre outros benefícios. Essas bactérias produzem mecanismos de resistência em condições de estresse como antibióticos e endósporos capazes de tolerarem condições anaeróbicas, altas temperaturas, falta de água, nutrientes e pH desfavorável (CAWOY et al., 2011).

Algumas espécies se destacam por apresentarem potencial bionematicida devido a produção de antibióticos, enzimas, exotoxinas e metabólitos com atividade nematicida, além da onipresença na rizosfera, colonização das raízes e promoção do crescimento das plantas (ENGELBRECHT et al., 2018).

2.3 Uso do *Bacillus thuringiensis* como controle biológico de nematoides

Dentre as espécies do gênero *Bacillus*, o *Bacillus thuringiensis* (*B. thuringiensis*) é capaz de produzir cristais (Cry) de proteínas que atuam como toxinas capazes de inibir a eclosão de juvenis, bem como causar a mortalidade de nematoides juvenis (WEI et al., 2003). Existem diferentes cepas de *B. thuringiensis* que produzem diferentes cristais que atuam de forma específica (USTA, 2013), ou seja, algumas cepas podem controlar algumas espécies de nematoides enquanto outras não surtem nenhum efeito nessas mesmas espécies (WEI et al., 2003).

Considerando que as cepas produzem diferentes cristais, a realização de um teste de eficácia é importante para identificar qual delas apresentará o melhor

resultado para reduzir os nematoides de galha (*M. javanica*), bem como promover o melhor desenvolvimento vegetativo da soja.

3. OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo identificar cepas de *B. thuringiensis* que podem ser utilizadas no controle do *M. javanica* e que promovem o desenvolvimento vegetativo da soja.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no LabNema (Laboratório de Nematologia), localizado no Departamento de Ciências da Produção Agrícola - Fitossanidade, na Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

4.1 Delineamento do experimento

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado com 47 tratamentos e 10 repetições. Foi realizado em vasos distribuídos aleatoriamente em bancada suspensa.

Ao total, foram avaliados 47 tratamentos, sendo 43 linhagens de *B. thuringiensis*, mais um tratamento com Avicta® (Abamectina, 1,25 mL/kg de sementes) e Votivo Prime® (*Bacillus firmus* cepa I-1582, 3,7 mL/kg de sementes), utilizados como controles comerciais, e as testemunhas, com e sem inoculação de *M. javanica*.

4.2 Crescimento das linhagens de *Bacillus thuringiensis*

As 43 linhagens, obtidas no Laboratório de Genética de Bactérias e Biotecnologia Aplicada (LGBBA), da Unesp de Jaboticabal, foram crescidos em meio de cultura Luria Bertani (LB) com acréscimo de sais que apresenta 1g de glicose, 8 g de caldo nutritivo, 5 g de extrato de levedura, 10 g de triptona, 5 g de NaCl, 0,3 g MgSO₄, 0,02 g de FeSO₄, 0,02 g de ZnSO₄, 0,02 g de MnSO₄ e 15 g de ágar bacteriológico. Para totalizar 1 L, o volume foi completado com água destilada e deionizada e realizado o ajuste do pH do meio para 7,5 utilizando uma base (NaOH 3 M). Já as linhagens de *B. thuringiensis* foram transferidas de uma suspensão estoque e espalhados sobre a placa de Petri utilizando alça de platina. Uma colônia pura foi obtida e novamente transferida, sob estriação, para uma nova placa de Petri contendo o meio já descrito. Após 72 horas incubadas em B.O.D. a 28°C no escuro, as colônias tiveram sua esporulação confirmada. A partir disso, todo conteúdo bacteriano da placa de Petri foi transferido, com auxílio de alça de platina, para tubos Falcon com 15,0 mL de capacidade contendo 10 mL de água deionizada autoclavada. A concentração de bactérias foi ajustada na suspensão à uma densidade óptica de 8,0 D.O. em espectrofotômetro (625 nm). Após a calibração, as suspensões foram mantidas a, aproximadamente, 8°C por 12 horas até a utilização.

4.3 Obtenção e multiplicação de *Meloidogyne javanica*

O nematoide de galha foi obtido no município de Piacatu – SP, através da extração de raízes de quiabeiro pelo método proposto por Hussey e Barker (1973) e modificado por Bonetti e Ferraz (1981). A identificação da espécie foi

realizada a partir de caracteres morfológicos da região perineal de fêmeas (NETSCHER; TAYLOR, 1974), da região labial de machos (EISENBACK; HIRSCHMANN, 1981) e no fenótipo isoenzimático de esterase (ESBENSHADE; TRIANTAPHYLLOU, 1985). A população obtida, após a extração, foi inoculada em plantas de tomateiro e de quiabeiro mantidos em casa de vegetação do LabNema para uso em ensaios experimentais.

4.4 Instalação e condução do experimento

A cultivar de soja utilizada foi a Desafio, na qual 25 g de sementes foram tratadas com cada tratamento. A dosagem de *B. thuringiensis* utilizada foi equivalente a 2 mL/kg de sementes a 0,8 D.O. ($\sim 1,4 \times 10^7$ UFC/mL). A dosagem de Votivo Prime® foi de 3,7 mL/kg de sementes e de Avicta® de 1,25 mL/kg de sementes, conforme recomendado pelo fabricante. As testemunhas foram tratadas com água. Cerca de 2 h após a realização do tratamento, foram semeadas 4 sementes em vasos de polietileno de 2 L preenchidos com substrato autoclavado formado por solo, areia e esterco bovino na proporção 3:1:1.

Após 15 dias, foi realizado o desbaste das 2 plantas menos vigorosas e inoculação de 5 mL de suspensão contendo 3.000 ovos e juvenis de *M. javanica* no substrato ao redor das plantas. Cada planta foi considerada, individualmente, como uma repetição do experimento. O experimento foi irrigado e os tratos culturais realizados conforme a demanda cultural da soja. As plantas foram mantidas por 70 dias até a realização das avaliações biométricas e nematológicas.

4.5 Avaliação vegetativa e nematológica

Após o fim do experimento, foram avaliadas a altura, a massa fresca das partes aéreas, das raízes e o número de vagens, de cada planta. A altura foi determinada com o auxílio de uma régua, a massa fresca através de uma balança e o número de vagens através da contagem.

Depois da separação da parte aérea, as raízes foram armazenadas em câmara fria de 8 a 10 °C e mantidas até a extração. Anteriormente à extração, as raízes foram emergidas em água parada para remoção do excesso de substrato, as raízes foram retiradas e o excesso de água foi removido com papel toalha para a posterior pesagem e obtenção da massa fresca de raízes.

A partir do método de extração proposto por Hussey e Barker (1973) e modificado por Bonetti e Ferraz (1981), as raízes foram trituradas por 20 segundos com cloro a 0,5% em um liquidificador. Posteriormente, a amostra passou pela peneira de malha de 60 mesh sobreposta a outra de 500 mesh. A partir disso, a suspensão de nematoides foi obtida. Essa suspensão foi centrifugada, que consistiu em adicionar 1 g de caulim em cada amostra e centrifugá-las por 5 minutos a uma velocidade de 1750 rpm, obtendo um sobrenadante que foi descartado. Houve a adição de solução de sacarose a 45% para nova centrifugação por 1 minuto a 1750 rpm e o sobrenadante obtido foi passado pela peneira de 500 mesh em água corrente para remoção da sacarose. A suspensão obtida a partir desse processo foi colocada em tubos de ensaio armazenados em refrigeração a 8°C.

O número total de nematoides (NTN) e nematoides por grama de raízes (N/g de raízes) foram estimados a partir do uso de um microscópio de luz e

uma câmara de Peters. O número total de nematoides por sistema radicular, diz respeito à população final (PF) que, dividido pela população inicial inoculada (PI) resultou no Fator de Reprodução (FR). Este, por sua vez, foi definido pela relação entre a população final (PF) e a população inicial (PI), conforme indica a equação abaixo (OOSTENBRINK, 1966).

$$FR = \frac{PF}{PI}$$

4.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e transformados em $\log x + 5$, quando necessário. Para as análises vegetativas, considerou-se as variáveis altura, massa fresca das partes aéreas, das raízes e número de vagens. Já para a análise nematológica, as variáveis consideradas foram número total de nematoides, fator de reprodução e nematoides por grama de raízes. As análises foram realizadas no software Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agronômico (AgroEstat) (BARBOSA; MALDONADO JUNIOR, 2015).

5. RESULTADOS

5.1 Efeito de diferentes linhagens de *Bacillus thuringiensis* sobre número total de nematoides, fator de reprodução e nematoides por grama de raízes

Na análise nematológica, para as variáveis NTN, FR e N/g de raízes, foram avaliadas 43 linhagens (Tabela 1).

TABELA 1. Médias de variáveis obtidas na avaliação de diferentes linhagens de *Bacillus thuringiensis* (*B. thuringiensis*) na promoção do desenvolvimento da soja 'Desafio' e supressão do nematoide de galha, *Meloidogyne javanica*.

Tratamento	Número total de nematoides (NTN)	Fator de reprodução (FR)	Nematoides/g de raízes
<i>B. thuringiensis</i> <i>alesti</i> T03 001	3890,00 b	0,97 b	860,62 a
<i>B. thuringiensis</i> <i>thuringiensis</i> T01 001	10401,86 a	2,60 a	1791,57 a
<i>B. thuringiensis</i> <i>kumamotoensis</i>	8416,02 a	2,10 a	1780,21 a
<i>B. thuringiensis</i> <i>tochigiensis</i>	12626,94 a	3,16 a	1237,88 a
<i>B. thuringiensis</i> <i>canadensis</i>	9300,99 a	2,32 a	1430,24 a
<i>B. thuringiensis</i> <i>pakistani</i> T13 001	3742,18 b	0,94 b	753,86 b

<i>B. thuringiensis</i> sotto T04 001	9172,62 a	2,29 a	873,39 a
<i>B. thuringiensis</i> tohokuensis	7608,84 a	1,90 b	959,20 a
<i>B. thuringiensis</i> dakota	9740,56 a	2,44 a	1185,06 a
<i>B. thuringiensis</i> israelensis T14 001	10464,10 a	2,61 a	1952,87 a
<i>B. thuringiensis</i> israelensis SPS1 (<i>B. thuringiensis</i> ES)	13638,34 a	3,41 a	2034,58 a
<i>B. thuringiensis</i> tenebrionis	9149,28 a	2,29 a	829,92 a
<i>B. thuringiensis</i> darmstadiensis T10 001	10993,14 a	2,75 a	1959,26 a
<i>B. thuringiensis</i> finitimus T02 001	14634,18 a	3,66 a	1260,33 a
<i>B. thuringiensis</i> kurstaki (HD1)	10466,83 a	2,62 a	1073,60 a
<i>B. thuringiensis</i> morrisoni T08 001	3329,84 b	0,83 b	420,01 b
<i>B. thuringiensis</i> toumanoffi T11 001	6869,74 a	1,72 b	845,10 a
<i>B. thuringiensis</i> galleriae T05 001	4745,80 b	1,19 b	608,98 b
<i>B. thuringiensis</i> thompsoni T12 001	7173,16 a	1,79 b	1984,25 a
<i>B. thuringiensis</i> tolworthi T09 001	5928,36 a	1,48 b	1203,37 a
<i>B. thuringiensis</i> suB. thuringiensisoxicus T06 001	5399,32 b	1,35 b	576,30 b
<i>B. thuringiensis</i> aizawai T07 001	6465,18 a	1,61 b	1453,38 a
<i>B. thuringiensis</i> neoleonensis T24 001	11599,98 a	2,90 a	1276,50 a
<i>B. thuringiensis</i> coreanensis T25 001	10043,98 a	2,51 a	1803,05 a
<i>B. thuringiensis</i> silo T26 001	11133,18 a	2,78 a	1922,95 a
<i>B. thuringiensis</i> entomocidus T06 A 001	10619,70 a	2,65 a	1319,49 a
<i>B. thuringiensis</i> shandogensis T22 001	3259,82 b	0,81 b	510,83 b
<i>B. thuringiensis</i> pondicheriensis T20 A001	6153,98 a	1,54 b	1502,12 a
<i>B. thuringiensis</i> mexicanensis T27 001	12883,68 a	3,22 a	1751,39 a
<i>B. thuringiensis</i> ostridial T08 A 001	3633,26 b	0,91 b	589,14 b
<i>B. thuringiensis</i> japonensis T23 001	12689,18 a	3,17 a	2498,19 a
<i>B. thuringiensis</i> nigeriensis T08 B001	8293,48 a	2,07 a	1346,87 a

<i>B. thuringiensis kyushuensi</i> T11 A001	9989,52 a	2,50 a	1057,47 a
<i>B. thuringiensis londrina</i> (Br 33)	4683,56 b	1,17 b	754,67 b
<i>B. thuringiensis kurstaki</i> (HD73)	8752,50 a	2,19 a	943,82 a
<i>B. thuringiensis kenya</i> e T04 A001	5212,60 a	1,30 b	655,62 b
<i>B. thuringiensis toyamensis</i>	4792,48 b	1,20 b	516,70 b
<i>B. thuringiensis fukuokaensis</i> T03 C001	15077,64 a	3,77 a	2066,59 a
<i>B. thuringiensis colmeri</i> T21 001	10674,16 a	2,67 a	1761,78 a
<i>B. thuringiensis yunnanensis</i> T20 001	13490,52 a	3,37 a	2067,61 a
<i>B. thuringiensis sumiyoshiensis</i> T03 B001	3835,54 b	0,96 b	566,49 b
<i>B. thuringiensis tonguchini</i>	20087,96 a	5,02 a	2697,03 a
<i>B. thuringiensis amagiensis</i>	7702,20 a	1,93 b	3145,62 a
Testemunha (inoculada)	11047,60 a	2,76 a	4533,33 a
Votivo Prime®	10958,91 a	2,74 a	1843,00 a
Avicta®	661,30 c	0,17 b	82,32 c
P valor	0,0001	0,0001	0,0001
CV (%)	11,41	12,39	15,35

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos. CV% coeficiente de variação.

Dentre as 43 linhagens, aquelas que apresentaram a menor média significativa para o número total de nematoides foram as *B. thuringiensis pakistani* T13 001, *B. thuringiensis morrisoni* T08 001, *B. thuringiensis galleriae* T05 001, *B. thuringiensis suB. thuringiensisoxicus* T06 001, *B. thuringiensis shandogensis* T22 001, *B. thuringiensis ostridial* T08 A 001, *B. thuringiensis londrina*, *B. thuringiensis kenya*e T04 A001 e *B. thuringiensis sumiyoshiensis* T03 B001 (Tabela 2).

TABELA 2. Síntese das melhores linhagens de *Bacillus thuringiensis* (*B. thuringiensis*) na supressão do nematoide de galha, *Meloidogyne javanica*.

Tratamento	Número total de nematoides (NTN)	Fator de reprodução (FR)	Nematoides/g de raízes
<i>B. thuringiensis</i> <i>pakistani</i> T13 001	3742,18 b	0,94 b	753,86 b
<i>B. thuringiensis</i> <i>morrisoni</i> T08 001	3329,84 b	0,83 b	420,01 b
<i>B. thuringiensis</i> <i>galleriae</i> T05 001	4745,80 b	1,19 b	608,98 b
<i>B. thuringiensis</i> <i>suB. thuringiensis</i> <i>soxicus</i> T06 001	5399,32 b	1,35 b	576,30 b
<i>B. thuringiensis</i> <i>shandogiensis</i> T22 001	3259,82 b	0,81 b	510,83 b
<i>B. thuringiensis</i> <i>ostridial</i> T08 A 001	3633,26 b	0,91 b	589,14 b
<i>B. thuringiensis</i> <i>londrina</i> (Br 33)	4683,56 b	1,17 b	754,67 b
<i>B. thuringiensis</i> <i>sumiyoshiensis</i> T03 B001	3835,54 b	0,96 b	566,49 b
Testemunha	11047,60 a	2,76 a	4533,33 a
Votivo Prime®	10958,91 a	2,74 a	1843,00 a
Avicta®	661,30 c	0,17 b	82,32 c
P valor	0,0001	0,0001	0,0001
CV (%)	11,41	12,39	15,35

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos. CV% coeficiente de variação.

Para a variável NTN, o tratamento com Avicta® foi significativamente superior aos tratamentos (Tabela 2), apresentando menor média ($P = 0,0001$). Em contrapartida, o tratamento com Votivo Prime® e a testemunha inoculada com *M. javanica* foram significativamente inferiores a esses tratamentos, indicando maior NTN em comparação com os demais tratamentos apresentados na Tabela 2 ($P = 0,0001$).

O FR das melhores linhagens de *B. thuringiensis* variaram de 0,815 a 1,925 e não se diferenciaram em relação ao tratamento com Avicta® ($P = 0,0001$). Contudo, os tratamentos com Votivo Prime® e testemunha inoculada

com *M. javanica* foram estatisticamente maiores, sendo que este último apresentou FR 3,32 vezes maior que o *B. thuringiensis morrisoni* T08 001 ($P = 0,0001$), conforme dados contidos na Tabela 2.

Já em relação ao N/g de raízes, o comportamento dos resultados assemelhou-se à variável NTN, uma vez que o tratamento com Avicta® foi significativamente superior em reduzir a quantidade de nematoides por grama de raízes quando comparado aos tratamentos da Tabela 2 ($P = 0,0001$). O tratamento com Votivo Prime® foi significativamente inferior em reduzir a população de nematoides nas raízes da planta. ($P = 0,0001$).

O tratamento com *B. thuringiensis morrisoni* T08 001 apresentou a menor média para o número total de nematoides. Comparativamente ao tratamento inoculado apenas com o nematoide de galha, este tratamento reduziu em 30% o número de NTN e o FR, e em 9% a quantidade de N/g de raízes.

5.2 Efeito de diferentes linhagens de *Bacillus thuringiensis* sobre altura, massa fresca das partes aéreas, das raízes e número de vagens

TABELA 3. Médias de variáveis das linhagens de *Bacillus thuringiensis* (*B. thuringiensis*) na promoção do desenvolvimento da soja ‘Desafio’ e supressão do nematoide de galha, *Meloidogyne javanica*.

Tratamento	Nº Vagens	Altura	MFR (massa fresca de raízes)	MFPA (massa fresca de partes aéreas)
		(cm)	(g)	(g)
<i>B. thuringiensis alesi</i> T03 001	10,20 a	31,30 a	6,29 b	20,15 a
<i>B. thuringiensis thuringiensis</i> T01 001	7,40 b	30,80 a	6,71 b	18,13 a
<i>B. thuringiensis kumamotoensis</i>	10,50 a	30,40 a	6,10 b	18,85 a
<i>B. thuringiensis tochiensis</i>	10,00 a	32,10 a	9,27 a	20,45 a

<i>B. thuringiensis canadensis</i>	10,50 a	33,10 a	9,33 a	20,50 a
<i>B. thuringiensis pakistani</i> T13 001	9,60 a	32,00 a	6,47 b	19,05 a
<i>B. thuringiensis sotto</i> T04 001	10,00 a	28,70 a	10,46 a	20,75 a
<i>B. thuringiensis tohokuensis</i>	10,30 a	30,30 a	12,20 a	22,95 a
<i>B. thuringiensis dakota</i>	8,80 b	29,50 a	7,72 b	17,60 a
<i>B. thuringiensis israelensis</i> T14 001	11,30 a	34,90 a	6,00 b	19,32 a
<i>B. thuringiensis israelensis</i> SPS1 (<i>B. thuringiensis</i> ES)	8,00 b	31,10 a	9,37 a	18,72 a
<i>B. thuringiensis tenebrionis</i>	10,00 a	33,60 a	10,69 a	22,22 a
<i>B. thuringiensis darmstadensis</i> T10 001	8,70 b	31,10 a	7,59 b	21,28 a
<i>B. thuringiensis finitimus</i> T02 001	10,00 a	32,90 a	11,83 a	21,67 a
<i>B. thuringiensis kurstaki</i> (HD1)	9,20 a	28,20 a	8,95 a	21,23 a
<i>B. thuringiensis morrisoni</i> T08 001	9,70 a	31,60 a	9,30 a	22,77 a
<i>B. thuringiensis toumanoffi</i> T11 001	10,90 a	31,30 a	8,65 a	21,18 a
<i>B. thuringiensis galleriae</i> T05 001	9,10 b	29,90 a	8,97 a	19,98 a
<i>B. thuringiensis thompsoni</i> T12 001	8,25 b	30,26 a	6,05 b	18,40 a
<i>B. thuringiensis tolworthi</i> T09 001	8,10 b	27,70 a	6,08 b	16,41 a
<i>B. thuringiensis suB. thuringiensis</i> oxycus T06 001	7,30 b	29,00 a	8,14 a	17,14 a
<i>B. thuringiensis aizawai</i> T07 001	7,50 b	29,90 a	5,27 b	17,07 a
<i>B. thuringiensis neoleonensis</i> T24 001	10,60 a	32,80 a	12,98 a	24,10 a
<i>B. thuringiensis coreanensis</i> T25 001	8,90 b	30,70 a	6,20 b	17,86 a
<i>B. thuringiensis silo</i> T26 001	10,90 a	32,00 a	9,36 a	20,81 a
<i>B. thuringiensis entomocidus</i> T06 A 001	10,50 a	33,00 a	8,44 a	21,29 a
<i>B. thuringiensis shandogiensis</i> T22 001	9,20 b	31,90 a	8,76 a	19,21 a
<i>B. thuringiensis pondicheriensis</i> T20 A001	8,50 b	30,20 a	5,33 b	18,05 a
<i>B. thuringiensis mexicanensis</i> T27 001	10,20 a	30,30 a	7,84 b	21,43 a
<i>B. thuringiensis ostridial</i> T08 A 001	10,90 a	30,30 a	7,39 b	22,24 a
<i>B. thuringiensis japonensis</i> T23 001	11,30 a	32,50 a	6,56 b	22,17 a

<i>B. thuringiensis nigeriensis</i> T08 B001	8,50 b	28,10 a	7,52 b	18,25 a
<i>B. thuringiensis kyushuensi</i> T11 A001	8,00 b	29,00 a	9,67 a	19,21 a
<i>B. thuringiensis londrina</i> (Br 33)	8,50 b	30,70 a	7,15 b	16,63 a
<i>B. thuringiensis kurstaki</i> (HD73)	11,10 a	31,10 a	9,82 a	20,96 a
<i>B. thuringiensis kenya</i> e T04 A001	10,70 a	35,80 a	8,34 a	20,76 a
<i>B. thuringiensis toyamensis</i>	9,80 a	29,10 a	10,52 a	19,45 a
<i>B. thuringiensis fukuokaensis</i> T03 C001	11,00 a	30,10 a	7,51 b	19,73 a
<i>B. thuringiensis colmeri</i> T21 001	8,00 b	29,50 a	8,96 a	19,00 a
<i>B. thuringiensis yunnanensis</i> T20 001	9,60 a	32,60 a	8,03 a	18,45 a
<i>B. thuringiensis sumiyoshiensis</i> T03 B001	8,40 b	30,00 a	11,18 a	17,39 a
<i>B. thuringiensis tonguchini</i>	7,50 b	32,10 a	8,13 a	16,70 a
<i>B. thuringiensis amagiensis</i>	8,40 b	30,50 a	5,11 b	17,31 a
Testemunha (não inoculada)	7,70 b	26,60 a	7,80 b	17,75 a
Testemunha (inoculada)	8,00 b	25,50 a	6,21 b	19,25 a
Votivo Prime®	11,80 a	30,90 a	6,26 b	18,92 a
Avicta®	8,40 b	30,90 a	8,12 a	18,92 a
P valor	0,0242	0,0094	0,0002	0,3367
CV (%)	8,94	3,96	12,05	7,88

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos. CV% coeficiente de variação.

Em relação as 43 linhagens, aquelas que apresentaram maior promoção do desenvolvimento vegetativo da soja foram as *B. thuringiensis tochiensis*, *B. thuringiensis canadensis*, *B. thuringiensis sotto* T04 001, *B. thuringiensis tohokuensis*, *B. thuringiensis tenebrionis*, *B. thuringiensis finitimus* T02 001, *B. thuringiensis kurstaki* (HD1), *B. thuringiensis morrisoni* T08 001, *B. thuringiensis toumanoffi* T11 001, *B. thuringiensis neoleonensis* T24 001, *B. thuringiensis silo* T26 001, *B. thuringiensis entomocidus* T06 A 001, *B. thuringiensis kurstaki* (HD73), *B. thuringiensis kenya*e T04 A001, *B. thuringiensis toyamensis* e *B. thuringiensis yunnanensis* T20 001, observadas na Tabela 4. A variável massa fresca das partes aéreas não apresentou diferença estatística ($P = 0,3367$).

TABELA 4. Síntese das melhores linhagens de *Bacillus thuringiensis* (*B. thuringiensis*) na promoção do desenvolvimento da soja 'Desafio'.

Tratamento	Nº Vagens	Altura (cm)	MFR (massa fresca de raízes) (g)	MFPA (massa fresca de partes aéreas) (g)
<i>B. thuringiensis</i> tochiensis	10,00 a	32,10 a	9,27 a	20,45 a
<i>B. thuringiensis</i> canadensis	10,50 a	33,10 a	9,33 a	20,50 a
<i>B. thuringiensis</i> sotto T04 001	10,00 a	28,70 a	10,46 a	20,75 a
<i>B. thuringiensis</i> tohokuensis	10,30 a	30,30 a	12,20 a	22,95 a
<i>B. thuringiensis</i> tenebrionis	10,00 a	33,60 a	10,69 a	22,22 a
<i>B. thuringiensis</i> finitimus T02 001	10,00 a	32,90 a	11,83 a	21,67 a
<i>B. thuringiensis</i> kurstaki (HD1)	9,20 a	28,20 a	8,95 a	21,23 a
<i>B. thuringiensis</i> morrisoni T08 001	9,70 a	31,60 a	9,30 a	22,77 a
<i>B. thuringiensis</i> toumanoffi T11 001	10,90 a	31,30 a	8,65 a	21,18 a
<i>B. thuringiensis</i> neoleonensis T24 001	10,60 a	32,80 a	12,98 a	24,10 a
<i>B. thuringiensis</i> silo T26 001	10,90 a	32,00 a	9,36 a	20,81 a
<i>B. thuringiensis</i> entomocidus T06 A 001	10,50 a	33,00 a	8,44 a	21,29 a
<i>B. thuringiensis</i> kurstaki (HD73)	11,10 a	31,10 a	9,82 a	20,96 a
<i>B. thuringiensis</i> kenya T04 A001	10,70 a	35,80 a	8,34 a	20,76 a
<i>B. thuringiensis</i> toyamensis	9,80 a	29,10 a	10,52 a	19,45 a
<i>B. thuringiensis</i> yunnanensis T20 001	9,60 a	32,60 a	8,03 a	18,45 a
Testemunha (não inoculada)	7,70 b	26,60 a	7,80 b	17,75 a
Testemunha (inoculada)	8,00 b	25,50 a	6,21 b	19,25 a
Votivo Prime®	11,80 a	30,90 a	6,26 b	18,92 a
Avicta®	8,40 b	30,90 a	8,12 a	18,92 a
P valor	0,0242	0,0094	0,0002	0,3367
CV (%)	8,94	3,96	12,05	7,88

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos. CV% coeficiente de variação.

As linhagens que resultaram em maior número de vagens foram significativamente superiores quando comparadas aos tratamentos com Avicta® e testemunhas com e sem *M. javanica*, indicando que houve maior número de

vagens nesses tratamentos quando em comparação com as testemunhas ($P = 0,0242$), conforme dados na Tabela 4. Já o tratamento com Votivo Prime® não se diferenciou em relação aos tratamentos com maior crescimento vegetativo dessa variável ($P = 0,0242$).

A altura das plantas dos tratamentos com as linhagens de *B. thuringiensis* foi igual quando comparada à altura das plantas não tratadas ou tratadas com Avicta® ($P = 0,0094$) e com Votivo Prime® ($P = 0,0094$). Já para a variável massa fresca das raízes, os 16 tratamentos com as linhagens *B. thuringiensis* apresentaram maiores médias quando comparados aos tratamentos com Votivo Prime®, apenas com *M. javanica* e não tratado ($P = 0,0002$). O tratamento com Avicta® não se diferenciou em relação aos 16 tratamentos da Tabela 4 ($P = 0,0002$). Não houve diferença significativa dos tratamentos *B. thuringiensis* com as testemunhas em relação à massa fresca da parte aérea das plantas de soja ($P = 0,3367$).

Considerando que o tratamento *B. thuringiensis morrisoni* T08 001 aumentou o desenvolvimento da planta e reduziu o nematoide, ele apresentou 21% a mais de vagens que o tratamento inoculado apenas com o nematoide de galha. Em relação à altura e massa fresca das raízes, esse tratamento, em comparação com a mesma testemunha, apresentou, respectivamente, 49% a mais de crescimento e formação de 23% a mais de sistema radicular (Tabela 4).

6. DISCUSSÃO

No presente estudo, 8 cepas de *Bacillus thuringiensis* (Tabela 2) foram eficazes em suprimir *M. javanica*. Diferentes mecanismos de ação com potencial nematicida são encontrados em diferentes espécies do gênero *Bacillus* devido as diversas capacidades metabólicas e a abundância de compostos nematicidas produzidos, porém a falta de compreensão desses mecanismos e compostos produzidos fomentam a ideia de que esses e outros fatores podem estar associados a supressão do nematoide (ENGELBRECHT et al., 2018). Castaneda-Alvarez et. al. (2016) associaram que enzimas como proteases e quitinases podem hidrolisar ligações peptídicas e cadeias de polissacarídeos N-acetil-D-glicosamina encontradas na composição dos ovos dos nematoides e collagenases podem ter efeito antagônico aos nematoides devido ao maior teor de colágeno encontrado na cutícula dos nematoides e estarem associadas a mortalidade deles quando há produção elevada dessa enzima.

Alguns cristais de proteínas (Cry) produzidas pelo *B. thuringiensis* são tóxicas para os nematoides (WEI et al., 2003) e a espécie apresenta maior eficiência de controle deles dentro do gênero *Bacillus* (RAMALAKSHMI et al., 2020). As proteínas Cry são produzidas pelo *B. thuringiensis* e atuam na parede intestinal dos insetos de forma a permitir que as novas bactérias dos esporos possam alimentar-se do conteúdo ali presente, tornando-se tóxicas devido as proteases específicas e o ambiente alcalino do intestino, ou seja, as proteínas apenas são eficazes em populações alvo (CAWOY et al., 2011). Nos nematoides, Wei et al. (2003) e Iatsenko et al. (2014) observaram efeito semelhante ao causado nos insetos, uma vez que o intestino dos nematoides apresentaram aparência degenerativa e encolhimento, podendo indicar que a supressão do *M. javanica* neste estudo ocorreu a partir da interação da toxina com o intestino desse nematoide.

Em estudo realizado por Ravari e Moghaddam (2016), o *B. thuringiensis* apresentou alta resposta na supressão do *M. javanica*, observando que as proteínas Cry inibiram a eclosão de juvenis de segundo estágio (J2) dos ovos (RAMALAKSHMI et al., 2020). Esses resultados podem indicar que o baixo FR dos melhores tratamentos com linhagens de *B. thuringiensis* pode estar associado a ação das toxinas nos ovos desses tratamentos.

Em relação a soja, diferentes cepas do gênero *Bacillus* têm sido associadas à promoção de crescimento vegetal (NASCIMENTO et al., 2022). Na Tabela 4, é possível observar que 16 cepas de *B. thuringiensis* promoveram o desenvolvimento vegetativo da cultura que pode estar associado a facilidade de encontrar essa espécie na rizosfera, a sua alta taxa de sobrevivência devido a

formação de endósporos (CAWOY et al., 2011) e pelos seus mecanismos de ação para a supressão de patógenos e doenças

Em estudo realizado por Vaz (2014), o *B. thuringiensis* promoveu crescimento vegetal da soja, explicando o possível desenvolvimento vegetal da soja inoculada com as cepas estudadas. Similarmente a Vaz (2014), Ravari e Moghaddam (2016) observaram desenvolvimento vegetal em plantas de tomates inoculadas com *B. thuringiensis* e com a presença de *M. javanica*. Esse crescimento com a interação do *B. thuringiensis* pode estar relacionado, também, com fixação de nitrogênio, fósforo e outros nutrientes (RADDADI et al. 2007). Entretanto, um estudo mais detalhado mostra-se necessário para avaliar quais mecanismos atuam diretamente no desenvolvimento vegetativo da planta.

Estudos com *B. thuringiensis morrisoni* T08 001 para supressão de *M. javanica* e promoção de crescimento da soja são inexistentes na literatura, sendo este trabalho o primeiro a apresentar resultados do potencial nematicida dessa cepa. Contudo, estudos posteriores são necessários para entender qual o mecanismo envolvido na supressão desse nematoide.

Embora todas as cepas testadas pertençam a mesma espécie, existem 75 grupos de proteínas Cry baseadas em suas próprias sequências de aminoácidos que possuem menos de 45% de similaridade entre si (CRICKMORE et al., 1998), mecanismos de ação que se diferenciam com os diferentes tipos de toxinas e nematoides (RAVARI; MOGHADDAM, 2016), e que ocorrem em várias etapas envolvendo a interação com várias moléculas receptoras (BRAVO et al., 2007). Essa baixa similaridade indica a existência de variações de cada uma das 47 cepas estudadas, o que explica a necessidade

da realização do teste de eficácia *in vivo* dessas linhagens para a obtenção de resultados da interação da planta com o nematoide e o *B. thuringiensis*. Essa interação não ocorre quando o teste de eficácia é realizado somente *in vitro*, uma vez que sem a interação com a planta, não é possível obter resultados confiáveis do sucesso dessas cepas para supressão dos nematoides.

A variabilidade do modo de ação das linhagens sugere uma caracterização mais detalhada para entender completamente o efeito causado por cada cepa de *B. thuringiensis*. Este trabalho mostrou resultados de 47 cepas de *B. thuringiensis*, indicando potencial ação nematicida e desenvolvimento vegetal da soja com a inoculação do *B. thuringiensis morrisoni* T08 001. Estudos sobre a interação de linhagens de *B. thuringiensis* com *M. javanica* e os mecanismos de ação associados a supressão desse nematoide são escassos na literatura e, devido a isso, a ação nematicida encontrada com o *B. thuringiensis morrisoni* T08 001 pode auxiliar o produtor a controlar o *M. javanica* nas lavouras de soja.

Ainda, o uso de *B. thuringiensis* para o controle de nematoides é bastante viável por ser seguro aos vertebrados, apresentar acessibilidade de custo (WEI et al., 2003) e um enorme espectro de proteínas Cry que podem expressar potencial nematicida (IATSENKO et al., 2014), sendo importante a continuação de estudos com o objetivo de avaliarem cepas com potencial de controlar os nematoides e entender completamente o mecanismo de ação de cada isolado

7. CONCLUSÃO

No presente estudo, as cepas *B. thuringiensis pakistani* T13 001, *B. thuringiensis morrisoni* T08 001, *B. thuringiensis galleriae* T05 001, *B. thuringiensis suB. thuringiensisoxicus* T06 001, *B. thuringiensis shandogiensis* T22 001, *B. thuringiensis ostridial* T08 A 001, *B. thuringiensis londrina*, *B. thuringiensis kenya* T04 A001 e *B. thuringiensis sumiyoshiensis* T03 B001 foram eficazes em suprimir o *M. javanica*. As cepas *B. thuringiensis tochiensis*, *B. thuringiensis canadensis*, *B. thuringiensis sotto* T04 001, *B. thuringiensis tohokuensis*, *B. thuringiensis tenebrionis*, *B. thuringiensis finitimus* T02 001, *B. thuringiensis kurstaki* (HD1), *B. thuringiensis morrisoni* T08 001, *B. thuringiensis toumanoffi* T11 001, *B. thuringiensis neoleonensis* T24 001, *B. thuringiensis silo* T26 001, *B. thuringiensis entomocidus* T06 A 001, *B. thuringiensis kurstaki* (HD73), *B. thuringiensis kenya* T04 A001, *B. thuringiensis toyamensis* e *B. thuringiensis yunnanensis* T20 001 promoveram o desenvolvimento vegetativo da soja 'Desafio'. A cepa *B. thuringiensis morrisoni* T08 001 apresenta potencial nematicida para supressão de *Meloidogyne javanica* e promove o desenvolvimento vegetativo da soja.

8. LITERATURA CITADA

ASMUS, G. L. Danos causados à cultura da soja por nematoides do gênero *Meloidogyne*. In: SILVA, J. F. V. (Org.). Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja. **Londrina: Embrapa Soja/Sociedade Brasileira de Nematologia**, p. 39-62, 2001.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. **Jaboticabal, FCAV/UNESP**, p. 396, 2015.

BONETTI J. I. S.; FERRAZ S. Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, 06:553, 1981.

BRAVO, A. et al. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. **Toxicon**, v. 49, n. 4, p. 423–435, 2007.

CASTANEDA-ALVAREZ, C. et al. Exoenzymes and metabolites related to the nematocidal effect of rhizobacteria on *Xiphinema index* Thorne & Allen. **Journal of Applied Microbiology**, v. 120, n. 2, p. 413–424, 2016.

CAWOY, H. et al. *Bacillus*-based biological control of plant diseases. **Pesticides in the modern world-pesticides use and management**, p. 273-302, 2011.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/18772-11-levantamento-safra-2021-22>. Acesso em: 24 de set. de 2022.

CRICKMORE, N. et al. Revision of the Nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* Pesticidal Crystal Proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 62, n. 3, p. 807–813, 1998.

DONG, L. Q.; ZHANG, K. Q. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. **Plant and Soil**, v. 288, n. 1-2, p. 31–45, 2006.

EISENBACK, J.D.; HIRSCHMANN, H. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of head shape and, stylet morphology of the male. **Journal of nematology**, v.13, p.513–521, 1981. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2618131/>. Acesso em: 10 de mai de 2022.

ENGELBRECHT, G. et al. *Bacillus*-based bionematicides: development, modes of action and commercialisation. **Biocontrol Science and Technology**, v. 28, n. 7, p. 629–653, 2018. DOI: 10.1080/09583157.2018.1469000. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1469000>. Acesso em: 15 de jan. de 2023.

ESBENSHADE, P. R.; TRIANTAPHYLLOU, A. C. Use of enzyme phenotypes for identification of *Meloidogyne* species. **Journal of nematology**, v. 17, n. 1, p. 6, 1985. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2618420/>. Acesso em: 10 de mai de 2022.

HUSSEY R. S.; BARKER K. R. A comparison of methods colleting inocula of 30 *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter**, 57:1025-1028, 1973. Disponível em:

<https://www.scienceopen.com/document?vid=dc8cfbea-a13a-4f79-a0be-27cc786d3f55>. Acesso em: 10 de mai de 2022.

IATSENKO, I. et al. *Bacillus thuringiensis* DB27 produces two novel protoxins, Cry21Fa1 and Cry21Ha1, which act synergistically against nematodes. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 80, n. 10, p. 3266–3275, 2014.

INOMOTO, M. M. et. al. Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle. **Boletim de P&D**, v. 78049 p. 257-339, 2016.

NASCIMENTO, D. D. et. al. Soybean growth-promotion and *Heterodera glycines* suppression in two application methods of *Bacillus* strains, **Biological Control**, v. 175, 2022, 105039, ISSN 1049-9644. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.105039>. Acesso em: 10 de mai. de 2023.

NETSCHER, C.; TAYLOR, D. P. An improved technique for preparing perineal patterns of *Meloidogyne* spp. **Nematologica** 20, p. 268-269, 1974. DOI 10.1163/187529274X00285. Disponível em: <https://doi.org/10.1163/187529274X00285>. Acesso em: 4 de fev. de 2023.

OERKE, E. C. et al. Crop Production and Crop Protection: Estimated Losses in Major Food and Cash Crops. [s.l.] **Elsevier**, 2012.

OLIVEIRA, C. M. G., et al. Nematoides. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T., et. al. Hortaliças-fruto [online]. **Maringá: EDUEM**, pp. 315-338, 2018. ISBN: 978-65-86383-01-0. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0011>. Acesso em: 5 de dez. de 2022.

OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mededelingen Van de landbouwhogeschool te wageningen, Nederland**, v.66, n.4, p.1-46, 1966,

RAAIJMAKERS, J. M. et al. Natural functions of lipopeptides from *Bacillus* and *Pseudomonas*: more than surfactants and antibiotics. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 34, n. 6, p. 1037–1062, 2010.

RADDADI, N. et al. *Bacillus thuringiensis* beyond insect biocontrol: plant growth promotion and biosafety of polyvalent strains. **Annals of Microbiology**, v. 57, n. 4, p. 481–494, 2007.

RAMALAKSHMI, A. et al. Nematicidal activity of native *Bacillus thuringiensis* against the root knot nematode, *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White). **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 30, n. 1, 2020.

RAVARI, S. B.; MOGHADDAM, M. E. Efficacy of *Bacillus thuringiensis* Cry14 toxin against root knot nematode, *Meloidogyne javanica*. **Plant Protection Science**, v. 51, n. 1, p. 46–51, 2016.

SILVA, J. F. V. Problemas fitossanitários da soja no Brasil, com ênfase em nematoides. **Anais do XXI Congresso Brasileiro de Nematologia**, p. 16-20, 1998.

SOARES, P. L. M.; NASCIMENTO, D. D. Integrated nematode management of root lesion and root-knot nematodes in soybean in Brazil. **CABI Books, CABI International**, 2021. DOI 10.1079/9781789247541.0015. Disponível em: <https://doi.org/10.1079/9781789247541.0015>. Acesso em: 17 de jan. de 2023.

STIRLING, G. R. Controle biológico de fitonematóides. In: Doenças de nematóides. **CRC Press**, p. 103-150, 2018.

USDA. Sementes e Produtos oleaginosos. 2022b. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Oilseeds%20and%20Products%20Annual_Brasilia_Brazil_BR2022-0026.pdf. Acesso em: 24 de set. de 2022.

USDA. Sementes oleaginosas: mercados e comércio mundiais. 2022a. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Acesso em: 24 de set. de 2022.

USTA, C. Microorganisms in biological pest control—a review (bacterial toxin application and effect of environmental factors). **Current progress in biological research**, v. 13, p. 287-317, 2013.

VAZ, L. A. Estirpes de *Bacillus thuringiensis* como promotoras de crescimento vegetal e no controle de pragas em diferentes culturas. **UNB**, p. 93, 2014.

WEI, J. Z. et al. *Bacillus thuringiensis* crystal proteins that target nematodes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 5, p. 2760–2765, 2003.