

Loureiro, ES, Dias Neto, JA, Pessoa, LGA, Adão, DV, Dias, PM, Pereira Filho, AA & Mateus, JAF. (2020). Management of *Pratylenchus brachyurus* with *Trichoderma harzianum* and *Purpureocillium lilacinum* in soybean. *Research, Society and Development*, 9(7): 1-17, e124973828.

**Manejo de *Pratylenchus brachyurus* com
Trichoderma harzianum e *Purpureocillium lilacinum* na cultura da soja**
**Management of *Pratylenchus brachyurus* with
Trichoderma harzianum and *Purpureocillium lilacinum* in soybean**
**Manejo de *Pratylenchus brachyurus* con
Trichoderma harzianum y *Purpureocillium lilacinum* en soja**

Recebido: 21/04/2020 | Revisado: 24/04/2020 | Aceito: 28/04/2020 | Publicado: 01/05/2020

Elisângela de Souza Loureiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9708-3775>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: elisangela.loureiro@ufms.br

Jose Augusto Dias Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-2567>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: diasnetojoseaugusto@gmail.com

Luis Gustavo Amorim Pessoa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4646-062X>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: luis.pessoa@ufms.br

Daimara Viviane Adão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6289-2268>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: daimaraviviane12@gmail.com

Pamella Mingotti Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0963-9455>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: pamellamingotti@hotmail.com

Antonio Amorim Pereira Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0277-7345>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: antonioafilho@live.com

João Augusto de Freitas Mateus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8319-109X>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: joaoaugusto.f@hotmail.com

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de *T. harzianum* (Ecotrich[®]) e *P. lilacinum* (Nemat[®]) no manejo de *Pratylenchus brachyurus* na cultura da soja. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, constituído de seis tratamentos sendo estes compostos pela testemunha (1), um tratamento Avicta Completo[®] (2), tratamento com Nemat[®] (3), tratamento com Avicta Completo[®] associado ao Nemat[®] (4), um tratamento com a associação de Nemat[®] e Ecotrich[®] (5) e um tratamento com associação dos bioinseticidas Ecotrich[®] e Nemat[®] e Avicta Completo[®] (6). As parcelas foram compostas por 7 linhas com espaçamento entre linhas de 0,45 m, com tamanho de 3,60 m x 10 m. Os dados da quantidade de ovos e juvenis foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias de ovos e juvenis por tratamento foram obtidas pelo teste de Skott-knot a 5% de probabilidade e cálculo da produtividade da soja. Aos 32 e 60 dias após a emergência o tratamento com *P. lilacinum* proporcionou os menores índices de nematoides nas raízes e no solo. A maior produtividade ocorreu no tratamento com Ecotrich[®]. A menor produtividade foi verificada no tratamento com Avicta[®]+Nemat[®]+Ecotrich[®]. A associação de Nemat[®] com Avicta[®]+Cruiser[®]+Maxim XL[®] e com Avicta[®]+Cruiser[®]+Maxim[®]+Ecotrich[®], proporcionou menores produtividades. A maior produtividade ocorreu no tratamento Nemat[®]+Ecotrich[®]. A aplicação sequencial, durante duas safras de Ecotrich[®] isoladamente e Nemat[®]+Ecotrich[®], reduziram as populações de *P. brachyurus*.

Palavras-chave: Controle biológico; Nematoides; Produtividade.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the efficiency of *T. harzianum* (Ecotrich[®]) and *P. lilacinum* (Nemat[®]) in the management of *Pratylenchus brachyurus* in soybean. The experimental design was randomized in blocks with four replications, consisting of six treatments, which consist of the control (1), an Avicta Completo[®] treatment (2), treatment

with Nemat[®] (3), treatment with Avicta Complete[®] associated with Nemat[®] (4), a treatment with the association of Nemat[®] and Ecotrich[®] (5) and a treatment with the association of the bioinsecticides Ecotrich[®] and Nemat[®] and Avicta Completo[®] (6). The plots were composed of 7 lines with 0.45m line spacing, with a size of 3.60 m x 10m. Data on the number of eggs and juveniles were subjected to analysis of variance and the comparison of the average of eggs and juveniles per treatment was obtained by the Skott-knot test at 5% probability and soybean productivity was calculated. At 32 and 60 days after emergence, treatment with *P. lilacinum* provided the lowest rates of nematodes in the roots and soil. The highest productivity occurred in the treatment with Ecotrich[®]. The lowest productivity was observed in the treatment with Avicta[®]+Nemat[®]+Ecotrich[®]. The combination of Nemat[®] with Avicta[®]+Cruiser[®]+Maxim XL[®] and with Avicta[®]+Cruiser[®]+Maxim[®]+Ecotrich[®], provided lower productivity. The highest productivity occurred in the Nemat[®]+Ecotrich[®] treatment. Sequential application, during two seasons of Ecotrich[®] alone and Nemat[®]+Ecotrich[®], reduced the populations of *P. brachyurus*.

Keywords: Biological control; Nematodes; Productivity.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de *T. harzianum* (Ecotrich[®]) y *P. lilacinum* (Nemat[®]) en el manejo de *Pratylenchus brachyurus* en la soja. El diseño experimental fue en bloques al azar, con cuatro repeticiones, que consta de seis tratamientos, que consisten en el control (1), el tratamiento Avicta Complete[®] (2), el tratamiento Nemat[®] (3), el tratamiento Avicta Complete[®] asociado con Nemat[®] (4), un tratamiento con la asociación de Nemat[®] y Ecotrich[®] (5) y un tratamiento con la asociación de los bioinsecticidas Ecotrich[®] y Nemat[®] y Avicta Completo[®] (6). Las parcelas estaban compuestas por 7 líneas, con un espacio de 0,45 m, con un tamaño de 3,60 m x 10 m. Los datos sobre el número de huevos y juveniles se sometieron a análisis de varianza y la comparación del promedio de huevos y juveniles por tratamiento se obtuvo mediante la prueba de nudo de Skott con un 5% de probabilidad y también se calculó la productividad de la soja. A los 32 y 60 días después de la emergencia, el tratamiento con *P. lilacinum* proporcionó las tasas más bajas de nematodos en las raíces y el suelo. La mayor productividad se produjo en el tratamiento con Ecotrich[®]. La productividad más baja se observó en el tratamiento con Avicta[®]+Nemat[®]+Ecotrich[®]. La combinación de Nemat[®] con Avicta[®]+Cruiser[®]+Maxim XL[®] y con Avicta[®]+Cruiser[®]+Maxim[®]+Ecotrich[®] proporcionó una menor productividad. La mayor productividad se produjo en el tratamiento

Nemat[®]+Ecotrich[®]. La aplicación secuencial, durante dos temporadas de Ecotrich[®] solo y Nemat[®]+Ecotrich[®], redujo las poblaciones de *P. brachyurus*.

Palabras clave: Control biológico; Nematodos; Productividad.

1. Introdução

A cultura da soja se destaca como um dos principais cultivos brasileiros, sendo produzida em larga escala contribuindo ativamente para a economia. Segundo levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), na safra 2019/2020 até o mês de março foram produzidas 125,6 milhões de toneladas, sendo que no estado de Mato Grosso do Sul foram produzidos 9,9 milhões de toneladas (CONAB, 2020). Perdas econômicas significativas podem ocorrer devido ao ataque no sistema radicular causado pelos fitonematoides *Heterodera glycines*, *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* (Barbosa & Asmus, 2019). Podem inviabilizar os cultivos dentro de áreas infestadas, predispondo as plantas ao ataque de doenças e estresses ambientais (Campos et al., 2016).

O manejo de fitonematoides é difícil e oneroso, devido aos hábitos, potencial de sobrevivência no solo, variabilidade de espécies, inter-relações entre diferentes patógenos (fungos e nematoides). Práticas de manejo da cultura são fundamentais para a convivência com os fitonematoides. Atualmente, o controle químico é o método mais utilizado, porém devido ao impacto ambiental, baixa eficiência e alto custo desta medida de controle (Silva et al., 2019) torna-se necessário estudar alternativas de controle, a fim de reduzir os prejuízos causados. O controle biológico apresenta vantagens em relação ao químico, pois não contaminam o solo e nem o lençol freático, não desequilibra o meio ambiente e nem deixa resíduos, além de fácil aplicação. Um dos métodos de controle importante dentro das práticas de manejo, com atuação direta e como antagonistas (Loureiro et al., 2020).

O tratamento de sementes favorece o desenvolvimento inicial das plantas, protege contra fitonematoides, fitopatógenos e insetos podendo induzir outros mecanismos de defesa vegetal. A integração no tratamento de sementes, de produtos químicos com agentes de controle biológico (ACB), fornece proteção maior às plantas (Dubey et al., 2011). Os fungos encontrados na rizosfera e no solo como *Trichoderma harzianum* (Rifai) e *Purpureocillium lilacinum* (Thom.) são importantes ACB (Bettiol et al., 2012; Dias Neto, 2014).

O gênero *Trichoderma* tem potencial de antagonismo, sendo o mais pesquisado e estudado no mundo. Sua eficiência tem sido demonstrada em trabalhos de laboratório, casa de vegetação e a campo, como agente controlador de patógenos em diferentes culturas (Rubio et

al., 2017). *P. lilacinum* é um fungo oportunista com pouca especificidade de hospedeiros (Medrano-Lópes, Madera & Foz, 2015), parasita de ovos e cistos de *M. incognita* (Yue et al., 2019), *Radopholus similis*, *Heterodora* spp., *Globodera* spp., *Rotylenchulus reniformes* (Kannan & Veeravel, 2012; Castillo, Lawrence & Kloepper, 2013).

Devido as suas características *Trichoderma* sp. e *P. lilacinum* podem se complementar formando uma proteção ao sistema radicular e de redução de fungos e nematoides no solo, se integrando a outras estratégias de manejo. Assim, o presente trabalho teve como objetivos identificar quais as espécies de fitonematoides que ocorrem na cultura da soja e avaliar a eficiência de Ecotrich® (*T. harzianum*) e Nemat® (*P. lilacinum*) no manejo de *P. brachyurus* na cultura da soja.

2. Metodologia

O trabalho realizado seguiu a metodologia de pesquisa laboratorial de natureza qualitativa e quantitativa proposto por Pereira et al. (2018). Os experimentos foram conduzidos em condições de campo, no município de Chapadão do Sul-MS, durante as safras 2011/2012 e 2012/2013 na área experimental da Fundação Chapadão. Esta é localizada no Município de Chapadão do Sul no Estado do Mato Grosso do Sul. Sua localização em coordenadas é: latitude = 18° 41' 33" sul e, longitude = 52° 40' 45" oeste. O solo da região é o Latossolo vermelho profundo, com clima tropical úmido (com estação chuvosa no verão e seca no inverno), temperatura anual 13 a 28 °C (medidas diárias), com precipitações médias de 1.850 mm anuais (Tomquelski & Borges, 2013).

A semeadura foi efetivada com o solo úmido, em condições ideais de plantio da semente e para a sobrevivência de micro-organismos que vivem no solo durante os anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013. A cultivar de soja semeada foi a NA 7255 RG, escolhida por ser suscetível a diferentes espécies de fitonematoides. Os produtos foram inoculados à semente momentos antes do plantio, sendo realizado em área infestada por nematoides, com semeadora a vácuo, com 7 linhas e parcelas de 10 m de comprimento, possibilitando assim se aproximar ao máximo das condições de campo encontradas por produtores e ao mesmo tempo condições que possibilitem a sobrevivência de microrganismos.

Os tratamentos foram compostos pela testemunha (1), sem a aplicação dos fungos, porém com aplicação do inseticida químico Cruiser 350® para controle de insetos e do fungicida Maxim XL® para o controle de fungos fitopatogênicos via semente, um tratamento com nematicida químico Avicta Completo® (2), tratamento somente com o fungo *P. lilacinum*

(3), tratamento com Avicta Completo[®] associado ao *P. lilacinum* (4), um tratamento com a associação dos fungos *P. lilacinum* e *T. harzianum* (5) e um tratamento com associação dos bioinseticidas Ecotrich[®] e Nemat[®] e Avicta Completo[®] (6), descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos e doses utilizadas no controle de fitonematoides. Chapadão do Sul-MS.

Tratamento	Dose (ml.pc*/ 100 Kg de sementes)	Dose (gr.pc.ha ⁻¹)	Forma de Aplicação
1- Testemunha	-	-	-
2- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®]	100+200+100	-	TS**
3- Nemat [®]	-	50	TS
4- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®] +Nemat [®]	100+200+100	50	TS
5- Nemat [®] +Ecotrich [®]	-	50+20	TS
6- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®] +Nemat [®] +Ecotrich [®]	100+200+100	50+20	TS

*p.c.= Produto Comercial. **TS= Tratamento de sementes.

Todos os produtos fitossanitários listados na Tabela 1 foram aplicados via tratamento de sementes e semeados ao mesmo dia. Os bioinseticidas foram cedidos pela empresa Ballagro Agro tecnologia Ltda., sendo que o produto Ecotrich[®] possui como ingrediente ativo o strain IBFL006 de *T. harzianum* e Nemat[®] possui como ingrediente ativo o strain PAE 10 de *P. lilacinum*, ambos vendidos comercialmente e registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

As avaliações foram compostas por amostragens coletadas em dois pontos nas linhas centrais das parcelas e posterior análises nematológicas de solo e raiz aos 32 e 36 dias após a semeadura (DAS), na safra 2011/12 e aos 60 e 87 DAS, na safra 2012/13, em todas as parcelas avaliadas, e assim obtemos as espécies de fitonematoides encontradas na área e parâmetro da população de fitonematoides inicial e final. As análises nematológicas foram realizadas pela Fundação Chapadão, a qual está credenciada junto ao MAPA. O método utilizado para a extração dos nematoides do solo foi o de flutuação centrífuga em solução de sacarose (Jenkins, 1964), e para raízes utilizou-se a metodologia de Coolen & D'Herde (1972), com adição de caulin. Os nematoides após serem analisados foram levados ao

Laboratório de Entomologia da UFMS/CPCS para verificação da patogenicidade, e assim obter confirmação da mortalidade dos nematoides com os fungos. Foram colocadas alíquotas de 1 mL da solução contendo os nematoides no interior de 10 placas de Petri (9cm de diâmetro) contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) por parcela e para cada tratamento. Após 7 dias da inoculação observou-se crescimento dos fungos, presença de nematoides mortos.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 06 tratamentos e 04 repetições por tratamento. As parcelas foram compostas por 7 linhas com espaçamento entre linhas de 0,45 m, com tamanho de 3,60 m x 10 m, totalizando 36 m². Os dados da quantidade de ovos e juvenis foram submetidos à análise de variância, após serem transformados em $(x+0,5)^{0,5}$ e a comparação das médias de ovos e juvenis por tratamento foram obtidas pelo teste de Skott-knot a 5% de probabilidade e a produtividade da soja em relação aos tratamentos.

3. Resultados e Discussão

Nas amostras analisadas de solo e raiz aos 32 e 36 dias após a semeadura (DAS), na safra 2011/12 (Tabela 2).

Tabela 2. Análise nematológica, ovos e juvenis de *Pratylenchus brachyurus* presentes no solo, aos 32/60 dias após semeadura (DAS) da soja em função dos diferentes tratamentos de sementes. Chapadão do Sul-MS, safra 2011/2012.

Tratamentos	Ovos no solo		Redução (%)	Juvenis no solo		Redução (%)
	32DAS	60DAS		32DAS	60DAS	
1- Testemunha	0,0 a	5,0 a	500,0	5,0 a	30,0 a	500,0
2- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®]	13,0 a	10,0 a	23,0	13,0 a	50,0 a	284,0
3- <i>P. lilacinum</i>	0,0 a	11,0 a	1.100,0	0,0 a	14,0 a	1400,0
4- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®] + <i>P. lilacinum</i>	5,0 a	5,0 a	0,0	0,0 a	38,0 a	3800,0
5- <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i>	5,0 a	11,0 a	120,0	20,0 a	16,0 a	20,0
6- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®] + <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i>	0,0 a	6,0 a	600,0	0,0 a	14,0 a	1400,0
CV %	106,62	99,43	—	126,03	46,51	—

*Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si. Dados transformados em $(x+0,5)^{0,5}$

Fonte: Autores.

Observa-se através da Tabela 2 que todos os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas com relação às análises nematológicas aos 32 e 60 DAS durante a safra 2011/2012, para ovos e juvenis de *P. brachyurus* presentes no solo, respectivamente. Também se verificou que os níveis populacionais baixos, conforme valores propostos por Koenning (2004), onde se considera para o nematoide *P. brachyurus* entre 0-50 nematoides/100 mL de solo, um nível populacional baixo, entre 50-100 nematoides/100 mL de solo nível médio, e níveis populacionais maiores que 100 nematoides/100 mL de solo nível alto.

Aos 60 e 87 DAS, na safra 2012/13 (Tabela 3), foi encontrada a espécie de fitonematoide *Pratylenchus brachyurus*, sendo este o de maior expressão conforme as análises. Com relação a presença de ovos e juvenis de *P. brachyurus* nas raízes durante a safra 2011/2012, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Porém verificou se que as menores populações foram observadas nos tratamentos com *P. lilacinum* (Tabela 3). Porém, em todos os tratamentos os níveis populacionais foram considerados altos, conforme proposto por Koenning (2004), onde se considera para o nematoide *P. brachyurus* entre 0-800 nematoides/10g de raízes, um nível populacional baixo, entre 800-1600 nematoides/10g de raízes nível médio, e níveis populacionais maiores que 1600 nematoides/10g de raízes nível alto, aos quais não diferiram estatisticamente.

Tabela 3. Análise nematológica, ovos e juvenis de *Pratylenchus brachyurus* presentes nas raízes, aos 32 /60 dias após semeadura (DAS) da soja em função dos diferentes tratamentos de sementes. Chapadão do Sul-MS, safras 2011/2012.

Tratamentos	Ovos nas raízes		Redução	Juvenis nas raízes		Redução
	32DAS	60DAS	(%)	32DAS	60DAS	(%)
1- Testemunha	2010,0 a	1638,0 a	18,0	4693,0 a	4920,0 a	4,0
2- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®]	1553,0 a	1490,0 a	4,0	4033,0 a	3640,0 a	9,0
3- <i>P. lilacinum</i>	785,0 a	533,0 a	-32,0	3185,0 a	2313,0 a	-27,0
4- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®] + <i>P. lilacinum</i>	1645,0 a	2183,0 a	32,0	4690,0 a	4658,0 a	0,6
5- <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i>	3248,0 a	990,0 a	-69,0	6985,0 a	3081,0 a	-55,0
6- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®] + <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i>	2183,0 a	808,0 a	-62,0	5693,0 a	2310,0 a	-59,0
CV %	46,8	44,37	—	33,61	35,50	—

*Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si (Skott-Knot, 5%). Dados transformados em $(x+0,5)^{0,5}$.
 Fonte: Autores.

Observa-se através da Tabela 3 que no tratamento com a associação dos fungos *P. lilacinum* e *T. harzianum* e nematicida químico, os quais reduziram as populações deste nematoide quando se compara as análises aos 32 e 60 DAS, diferentemente dos demais tratamentos que mantiveram e até aumentaram as populações de *P. brachyurus*. Esses resultados corroboram com Nunes, Monteiro & Pomela (2010) em que relataram a redução na produção de ovos de *M. incognita* após a aplicação de *T. harzianum*, *P. lilacinum*, *Pochonia chlamydosporiae* um produto comercial à base de *Bacillus*, em casa de vegetação. Spiegel & Chet (1998) e Sharon et al. (2001) relataram que em testes de casa de vegetação *T. harzianum* causou redução do número de ovos de *M. javanica*.

Assim como ocorreu na safra 2011/2012, os tratamentos não apresentaram diferenças significativas com relação às análises nematológicas aos 36 e 87 DAS durante a safra 2012/2013, para ovos e juvenis de *P. brachyurus* presentes no solo, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Análise nematológica, ovos e juvenis de *Pratylenchus brachyurus* presentes no solo, aos 36/87 dias após semeadura (DAS) da soja em função dos diferentes tratamentos de sementes. Chapadão do Sul-MS, safra e 2012/2013.

Tratamentos	Ovos no solo		Redução	Juvenis no solo		Redução
	36DAS	87DAS	(%)	36DAS	87DAS	(%)
1- Testemunha	20,0 a	57,5 a	18,0	5,0 a	160,0 a	3200,0
2- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®]	12,5 a	30,0 a	140,0	7,5 a	97,5 a	1200,0
3- <i>P. lilacinum</i>	45,0 a	290,0 a	625,0	15,0 a	1003,8 a	6592,0
4- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®] + <i>P. lilacinum</i>	15,0 a	17,5 a	16,0	5,0 a	157,5 a	3050,0
5- <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i>	5,0 a	55,0 a	1000,0	0,0 a	105,0 a	10500,0
6- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®] + <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i>	10,0 a	40,0 a	300,0	5,0 a	231,3 a	4526,0
CV %	84,08	123,71	—	121,73	101,24	—

*Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si (Skott-Knot, 5%). Dados transformados em $(x+0,5)^{0,5}$.
 Fonte: Autores.

Verifica-se através da Tabela 4 que em todos os tratamentos houve um aumento no número de ovos e nas populações de *P. brachyurus* presentes no solo. Todos os tratamentos apresentaram populações próximas ou acima de 100 nematoides/100 mL de solo, sendo considerados níveis altos conforme Koenning (2004).

Com relação à presença de ovos e juvenis de *P. brachyurus* nas raízes, durante a safra 2012/2013, aos 36 DAS a quantidade ovos e juvenis de *P. brachyurus*, foram menores no tratamento testemunha do que para os demais tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Análise nematológica, ovos e juvenis de *Pratylenchus brachyurus* presentes nas raízes, aos 36/87 dias após semeadura (DAS) da soja em função dos diferentes tratamentos de sementes. Chapadão do Sul-MS, safra 2012/2013.

Tratamentos	Ovos nas raízes		Redução (%)	Juvenis nas raízes		Redução (%)
	36DAS	87DAS		36DAS	87DAS	
1- Testemunha	670,0 a	1100,0 a	64,0	997,5 a	2620,0 a	162,0
2- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®]	993,8 a	1805,0 a	81,0	1097,5 a	3432,5 a	212,0
3- <i>P. lilacinum</i>	831,3 a	797,0 a	-4,0	1275,0 a	1830,0 a	43,0
4- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®] + <i>P. lilacinum</i>	832,5 a	1420,0 a	70,0	1585,0 a	3112,5 a	96,0
5- <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i>	1057,5 a	1610,0 a	52,0	1243,8 a	2842,5 a	128,0
6- Avicta [®] +Cruiser 350 FS [®] +Maxim XL [®] + <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i>	1230,0 a	1347,0 a	9,0	1280,0 a	3462,5 a	170,0
CV %	25,59	43,03	—	17,52	27,22	—

*Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si (Skott-Knot, 5%). Dados transformados em $(x+0,5)^{0,5}$.
 Fonte: Autores.

Observa-se através da Tabela 5 que a amostragem aos 87 DAS, apenas o tratamento com *P. lilacinum* apresentou número inferior para ovos e juvenis de *P. brachyurus*, porém mesmo sendo uma população menor não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos.

Manzanilla-López et al. (2013) constatou, em laboratório, elevada eficácia de *P. lilacinum* em infectar e destruir ovos de *M. incognita*. Esse fungo libera exoenzimas que são responsáveis pela desintegração parcial da camada vitelínica dos ovos, seguida da penetração da hifa e a dissolução enzimática das camadas de quitina e de lipídios. As populações de

nematoides *P. brachyurus* aos 36 DAS em todos os tratamentos apresentaram níveis médios, ou seja, entre 800-1600 nematoides/10 g de raízes e aos 87 DAS os níveis populacionais aumentaram, acima de 1600 nematoides/10 g de raízes.

Durante a safra 2011/2012, a maior produtividade foi verificada para o tratamento com *P. lilacinum*, produzindo 60,9 sc/ha, sendo esta 5,1 sc/ha a mais que o tratamento testemunha. A menor produtividade foi verificada no tratamento Avicta® associado a *P. lilacinum* e *T. harzianum*, produzindo 53,7 sc/ha, sendo esta 2,1 sc/ha a menos que o tratamento testemunha (Tabela 6). A associação de *P. lilacinum* com Avicta®+Cruiser 350 FS®+Maxim XL® e com Avicta®+Cruiser 350 FS®+Maxim XL®+*T. harzianum*, conferiu a estes tratamentos as menores produtividades.

Tabela 6. Produtividade (sc.ha⁻¹) e retorno financeiro de soja em função dos diferentes tratamentos de sementes. Chapadão do Sul-MS, safras 2011/12 e 2012/13.

Tratamentos	Custo R\$	Sc/ha 2011/12	Lucro R\$	Sc/ha 2012/13	Lucro R\$
1- Testemunha	0,00	55,8 a	0,00	59,0 a	0,00
2- Avicta®+Cruiser 350 FS®+Maxim XL®	214,00	58,5 a	-52,00	59,1 a	-208,00
3- <i>P. lilacinum</i>	55,00	60,9 a	251,00	57,5 a	-55,00
4- Avicta®+Cruiser 350 FS®+Maxim XL®+ <i>P. lilacinum</i>	269,00	56,9 a	-203,00	57,8 a	-269,00
5- <i>P. lilacinum</i>+ <i>T. harzianum</i>	68,00	58,3 a	82,00	61,8 a	100,00
6- Avicta®+Cruiser 350 FS®+Maxim XL®+<i>P. lilacinum</i>+<i>T. harzianum</i>	282,00	53,7 a	274,00	60,2 a	-202,00
CV %	—	4,16	—	4,58	—

*Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% de probabilidade. Dados transformados em $(x+0,5)^{0,5}$.

Através da Tabela 6, observa-se que na safra 2012/13, as análises dos números absolutos mostraram uma maior produtividade para o tratamento com *P. lilacinum* +*T. harzianum*, aos quais produziram 61,8 sc/ha de soja, ou seja, houve um acréscimo de 2,8 sc/ha em relação ao tratamento testemunha. Seguidos do tratamento Avicta®+Cruiser 350 FS®+Maxim XL® associados *P. lilacinum* e *T. harzianum* ao qual produziu 60,2 sc/ha, diferentemente da safra anterior ao qual este tratamento foi o que proporcionou a menor produtividade.

O tratamento com *P. lilacinum* que na safra 2011/2012 apresentou as menores populações de *P. brachyurus* e a maior produtividade e na safra 2012/2013, proporcionou a menor produtividade, porém população desta espécie de nematoide inferior aos demais tratamentos, sendo difícil mensurar se uma população com níveis altos, ou seja, acima de 1600 nematoides/10 g de raízes, como o observado para o tratamento com *P. lilacinum* isoladamente, pode causar danos ou não. Santiago et al. (2006), em testes com diferentes isolados de *P. lilacinum*, verificaram que a maioria destes isolados promoveram a redução do número de galhas de *M. paranaensis* em tomateiros. Kalele et al. (2010) demonstraram que *P. lilacinum* reduziu significativamente a população de *M. incognita* no solo e nas raízes de tomateiro e aumentou a produtividade. Oliveira et al. (2019) pulverizaram *T. asperellum*, *Bacillus subtilis*, *P. lilacinum*, *B. subtilis*+ *T. asperellum*, *B. subtilis*+ *P. lilacinum*, *T. asperellum*+ *P. lilacinum*, *B. subtilis*+ *T. asperellum*+ *P. lilacinum* e abamectina para o controle de *P. brachyurus*, concluíram que os tratamentos biológicos foram eficientes no controle do fitonematoides.

Os tratamentos com *P. lilacinum*+*T. harzianum* e Avicta[®]+Cruiser 350 FS[®]+Maxim XL[®] associados a *P. lilacinum* e *T. harzianum*, apresentaram níveis populacionais de *P. brachyurus* ainda maiores, porém com produtividades superiores aos demais tratamentos, não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, sendo assim neste caso difícil mensurar os danos causados pelos nematoides presentes nas análises (Tabela 6).

Portanto, dano é qualquer redução na qualidade e/ou quantidade da produção. Esta por sua vez é o produto mensurável de valor econômico de uma cultura. Os danos causados por organismos fitopatogênicos tais como os nematoides, relacionam-se diretamente com a densidade populacional do patógeno ou, indiretamente com a quantidade ou intensidade dos sintomas causados às plantas (Bergamim Filho, Kimati & Amorim, 1995). De maneira geral, no presente trabalho, não podemos afirmar se o nematoide foi controlado, no entanto, ocorreu retorno econômico em relação aos custos de cada tratamento, justificados pela produtividade obtida. Uma vez que quando se compara o tratamento químico com Avicta[®]+Cruiser 350 FS[®]+Maxim XL[®], este teve um custo de aproximadamente R\$ 214,00/ha, enquanto o custo do tratamento com *P. lilacinum*, foi de R\$ 55,00/ha e a associação de *T. harzianum* e *P. lilacinum* obteve um custo de R\$ 68,00/ha, ou seja, neste caso o custo com o tratamento químico dos nematoides foi três vezes maior que em relação ao controle biológico de nematoides.

Como na safra 2011/2012 a maior produtividade foi verificada para o tratamento com *P. lilacinum*, produzindo 60,9 sc/ha, sendo esta 5,1 sc/ha⁻¹ a mais que o tratamento

testemunha, e o custo da saca de soja esteve em torno R\$ 60,00, foram pagos os custos com o tratamento biológico, obtendo um retorno financeiro de R\$251,00, o mesmo não foi observado com o tratamento com Avicta[®]+Cruiser 350 FS[®]+Maxim XL[®] ao qual não pagou os custos do tratamento, resultando ainda um prejuízo financeiro de R\$ 52,00.

Na safra 2012/13, a maior produtividade foi verificada no tratamento com *P. lilacinum*+*T. harzianum*, aos quais produziram 61,8 sc/ha de soja, ou seja, teve um acréscimo de 2,8 sc/ha em relação ao tratamento testemunha, considerando o preço da saca de soja o mesmo da safra anterior, também pagou o custo do tratamento biológico e entregou um retorno financeiro de R\$ 100,00, e assim como na safra anterior o tratamento químico Avicta[®]+Cruiser 350 FS[®]+Maxim XL[®], não teve retorno financeiro, deixando um prejuízo maior ainda.

4. Considerações Finais

A aplicação sequencial, durante as safras 2011/12 e 2012/13 de *P. lilacinum* isoladamente, *P. lilacinum*+ *T. harzianum* e a associação com os produtos químicos reduziram a população de *P. brachyurus*, o qual apresentou redução da população de nematoides, devido ao crescimento da atividade biológica desses fungos no solo.

Sendo assim, a associação de produtos químicos e biológicos no manejo de nematoides no solo, pode ser uma estratégia para proteção do sistema radicular das plantas, podendo ser utilizados no manejo integrado de nematoides.

Considerando a importância econômica e ambiental desses resultados, há necessidades de pesquisas complementares estudando o manejo dessa espécie de nematoide utilizando outros produtos biológicos e para outras espécies de nematoides em campo para diversas culturas agrícolas.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001, e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Código de Financiamento 001; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), pelos recursos para publicar este manuscrito; Aos membros do grupo de pesquisa LAMIP. Os autores agradecem também a empresa Ballagro Agro tecnologia Ltda. pela cedência dos produtos microbiológicos.

Referências

- Barbosa, G. R. M. & Asmus, G. L. (2019). Densidade populacional do nematoides-das-lesões-radulares em cana-de-açúcar em função de cultivares, manejo do palhicho e escarificação do solo. *Revista de Agricultura Neotropical*, 6(2), 87-94.
- Bettiol, W., Morandi, M. A. B., Pinto, Z. V., Júnior, T. J. P., Correa, E. B., Moura, A. B., Lucon, C. M. M., Costa, J. C. B. & Bezerra, J. L. (2012). *Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 155 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 88).
- Bergamim Filho, A., Kimati, H. & Amorim, L. (1995). *Manual de Fitopatologia. Princípios e Conceitos*. São Paulo: Agronômica Ceres.
- Campos, V. A. C., Machado, A. R. T., Silva, W. J. R., Lopes, K. C., Terra, W. C., Campos, V. P. & Oliveira, D. F. (2016). Estirillactonas de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. (Lauraceae Juss.) com atividade contra *Meloidogyne* spp. e interação *in silico* com provável fumarase de *Meloidogyne hapla*. *Química Nova*, 39(2), 130-136.
- Castillo, J. D., Lawrence, K. S. & Kloepper, J. W. (2013). Biocontrol of the Reniform Nematode by *Bacillus firmus* GB-126 and *Paecilomyces lilacinus* 251 on Cotton. *Plant Disease*, 97(7), 967-976.
- CONAB. (2020). *Acompanhamento da safra Brasileira. Grãos*. Boletim grãos. v. 7 - safra 2019/20 - n. 6 - Sexto levantamento. Acesso em 20 março, em <http://www.conab.gov.br>.
- Coolen, W. A. & D'herde, C. J. (1972). A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. *Ghent: State Agriculture Research Center*, 77p.
- Dias Neto, J. A. (2014). 80p. Associação e compatibilidade de produtos químicos e os fungos *Trichoderma harzianum* e *Paecilomyces lilacinus* no manejo de fitonematoides na cultura da soja. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia. Chapadão do Sul: UFMS, 2014. Disponível em: <<https://ppgagronomiacps.ufms.br/>>. Acesso em 25 de març. de 2020.

Dubey, S. C., Tripathi, A.; Dureja, P.; Grover, A. (2011). Characterization of secondary metabolites and enzymes produced by *Trichoderma* species and their efficacy against plant pathogenic fungi. *Indian Journal of Agricultural Research*, 81(5), 455-461.

Jenkins, W. R. (1964). A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, 48, 629.

Kannan, R. & Veeravel, R. (2012). Effect of different dose and application methods of *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson against root knot nematode, *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) chitwood in Okra. *Journal of Agricultural Science*, 4(11), 119-127.

Kalele, D. N., Affokpon, A., Coosemans, J. & Kimenju, J.W. (2010). Suppression of root-knot nematodes in tomato and cucumber using biological control agents. *African Journal of Plant Science*, 3, 72-80.

Koenning, S.R. (2004). *Population biology*. In: Schmitt, D. P., Wrather, J. A., Riggs, R.D. *Biology and Management of Soybean Cyst Nematode*, Missouri: Schmitt and Associates of Marceline.

Loureiro, E. S., Dias Neto, J. A., Pessoa, L. G. A., Dias, P. M., Adão, D. V. & Yokota, L. A. (2020). Effect of plant protection chemicals about the fungi *Trichoderma harzianum* and *Purpureocillium lilacinum*. *Research, Society and Development*, 9(6), 1-15.

Manzanilla-López, R. H., Esteves, I., Finetti-Sialer, M. M., Hirsch, Penny R., Ward, E., Devonshire, J. & Hidalgo-Díaz, L. (2013). *Pochonia chlamydosporia*: Advances and Challenges to Improve Its Performance as a Biological Control Agent of Sedentary Endoparasitic Nematodes. *Journal of Nematology*, 45(1), 1-7.

Medrano-López, R., Madera, A. P. & Foz, C. F. (2015). Infecciones oculares por *Purpureocillium lilacinum*: presentación de un caso y revisión de la literatura. *Revista Iberoamericana de Micología*, 32(2), 111-114.

Nunes, H. T., Monteiro, A. C. & Pomela, A. W. V. (2010). Uso de agentes microbianos e químico para o controle de *Meloidogyne incognita* em soja. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32(3), 403-409.

Oliveira, K. C. L., Araújo, D. V., Meneses, A. C., Silva, J. M. & Tavares, R. L. C. (2019). Biological management of *Pratylenchus brachyurus* in soybean crops. *Revista Caatinga*, 32(1), 41-51.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 28 Abr 2020.

Rubio, M. B., Hermosa, R., Vicente, R., Gómez-Acosta, F. A., Morcuende, R., Monte, E. & Bettiol, W. (2017). The combination of *Trichoderma harzianum* and chemical fertilization leads to the deregulation of phytohormone networking, preventing the adaptive responses of tomato plants to salt stress. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1-14.

Santiago, D. C., Homechin, M., Silva, J. F. V., Ribeiro, E. R., Gomes, B. C. & Santoro, P. H. (2006). Seleção de isolados de *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson para controle de *Meloidogyne paranaensis* em tomateiro. *Ciência Rural*, 36(4), 1055-1064.

Sharon, E., Bar-Eyal, M., Chet, I., Herrera-Estrella, A. A., Kleifeld, O. & Spiegel, Y. (2001). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Phytopathology*, 91, 687-693.

Silva, E. H., Campos, V. P., Rocha, F. S., Zeviani, W. M., Terra, W. C. & Rigitano, R. L. O., (2019). Efeito do aldicarbe no ciclo de vida de *Meloidogyne incognita*. *Revista de Agricultura Neotropical*, (6)3, 82-91.

Spiegel, Y. & Chet, I. (1998). Evaluation of *Trichoderma* spp. as a biocontrol agent against soilborne fungi and plant-parasitic nematodes in Israel. *Integrated Pest Management Reviews*, 3, 169-175.

Tomquelski, G. V. & Borges, E. P. *Algodão, milho safrinha e culturas de inverno 2012/2013*. Chapadão do Sul: Fundação Chapadão, 2013. 162p. (Pesquisa, tecnologia e produtividade).

Windham, G. L., Windham, M. T. & Williams, W. P. (1989). Effects of *Trichoderma* spp. on maize growth and *Meloidogyne arenaria* reproduction. *Plant Disease*, 73, 493-495.

Yue, L., Ahmed, S., Liu, Q. & Jian, H. (2019). Management of *Meloidogyne incognita* on tomato with different biocontrol organisms. *Pakistan Journal of Nematology*, 37(2), 161-170.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Elisângela de Souza Loureiro – 30%

Jose Augusto Dias Neto – 30%

Luis Gustavo Amorim Pessoa – 20%

Daimara Viviane Adão – 5%

Pamella Mingotti Dias – 5%

Antonio Amorim Pereira Filho – 5%

João Augusto de Freitas Mateus – 5%