

ARTIGO ORIGINAL

Eficácia de tiodicarbe, cadusafós e condicionador de solo via tratamento de sementes e/ou sulco de plantio no controle de *Pratylenchus brachyurus* na cultura de soja

Carlos Cesar de Oliveira Guarnieri¹; Gabriel Baroni Costa Souza²; Pedro Luiz Martins Soares³

¹Mestrando em Agronomia FCAV-UNESP – CP. 93, 13800-970, Mogi Mirim/SP, Brasil; ²Graduado em Engenharia Agrônômica pela FCAV-UNESP - CP. 93, 13800-970, Mogi Mirim/SP, Brasil; ³Professor Assistente, Nematologista, FCAV-UNESP - CP. 93, 13800-970, Mogi Mirim/SP, Brasil.

Autor correspondente: Carlos Cesar de Oliveira Guarnieri (carloscesarguarnieri@gmail.com)

Data de recebimento: 09/07/2018. Aceito para publicação em: 27/03/2024

10.1590/0100-5405/207195

RESUMO

Guarnieri, CCO; Souza, GBC; Soares, PLM. Eficácia de tiodicarbe, cadusafós e condicionador de solo via tratamento de sementes e/ou sulco de plantio no controle de *Pratylenchus brachyurus* na cultura de soja *Summa Phytopathologica*, v.51, p.1-6, 2025.

Diversos fatores afetam direta ou indiretamente a produtividade da soja, destacando-se o parasitismo de nematoides das lesões radiculares, *Pratylenchus brachyurus*, que causa prejuízos significativos em várias regiões produtoras. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de diversos tratamentos químicos aplicados na semente e/ou no sulco de plantio de soja, em áreas naturalmente infestadas e em vasos contendo solo infestado com *Pratylenchus brachyurus*. Foram testadas aplicações de Tiodicarbe no tratamento de sementes e no sulco de plantio, além de Cadusafós e um condicionador de solo. Concluiu-se que os tratamentos de sementes e sulco não causaram sintomas visuais de intoxicação

na cultura. O uso de tratamento de sulco em complemento ao tratamento de sementes aumentou a produtividade da cultura, dependendo dos produtos utilizados. Isoladamente, o tratamento de sementes com Tiodicarbe foi tão eficaz na redução da população total de *Pratylenchus brachyurus* nas raízes de soja quanto o tratamento de sulco com Cadusafós ou Cadusafós + Maskio. O tratamento de sulco com Tiodicarbe, complementar ao tratamento de sementes com o mesmo produto, foi eficiente no controle de nematoides das lesões radiculares no ensaio em vaso, aumentando a produtividade da soja em mais de 9 sacas por hectare em áreas naturalmente infestadas pelo nematoide.

Palavras-chave: controle químico, nematoide das lesões radiculares, *Glycine max*

ABSTRACT

Guarnieri, CCO; Souza, GBC; Soares, PLM. Efficacy of Thiodicarb, Cadusafos and soil conditioner via seed and/or planting furrow treatment for *Pratylenchus brachyurus* control in soybean crops. *Summa Phytopathologica*, v.51, p.1-6, 2025.

Various factors directly or indirectly affect soybean productivity, especially parasitism by the root lesion nematodes *Pratylenchus brachyurus*, which causes significant losses in different producing regions. The present study aimed to evaluate the efficiency of various chemical treatments applied to the seeds and/or in the planting furrow of soybeans, in naturally infested areas, and in pots containing soil infested with *Pratylenchus brachyurus*. Applications to the seeds and in the planting furrow were tested with Thiodicarb, as well as Cadusafos and a soil conditioner. It was concluded that seed and furrow treatments did not

cause visual symptoms of intoxication in the crop. The use of furrow treatment in addition to seed treatment increased crop productivity, depending on the used products. Individually, seed treatment with Thiodicarb was as effective in reducing the total population of *Pratylenchus brachyurus* in soybean roots as furrow treatment with Cadusafos or Cadusafos + Maskio. Furrow treatment with Thiodicarb, in addition to seed treatment with the same product, was effective in controlling root lesion nematodes in the pot trial, increasing soybean productivity by more than nine bags per hectare in areas naturally infested with the nematode.

Keywords: chemical control, root lesion nematode, *Glycine max*.

A soja (*Glycine max* [L.] Merrill) é uma cultura de extrema relevância para o Brasil, com uma produção estimada em 155 milhões de toneladas na safra 2022/23, ocupando uma área de 47 milhões de hectares (9). Embora apresente um alto nível de produtividade no Brasil, a produtividade da soja é influenciada e ameaçada por diversos fatores,

incluindo condições edafoclimáticas, ataques de pragas e doenças, que podem resultar em perdas de rendimento de até 90%, dependendo da praga ou doença envolvida (9, 18). Entre os fitopatógenos de solo, destacam-se os nematoides parasitas de plantas, como o nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus* [Godfrey] Filipjev

& Sch. Stekhoven) (15). Este nematoide causa danos diretos, como lesões abundantes e necroses nas raízes, menor crescimento radicular e da planta, além de redução na produtividade. Adicionalmente, facilita a entrada de fungos e bactérias no sistema radicular, exacerbando as perdas (20, 27).

As perdas causadas por *P. brachyurus* têm aumentado a cada safra devido a mudanças nos sistemas de produção e à utilização de áreas com textura arenosa (12, 14). Por causa disto, o controle desses nematoides é desafiador, dada sua capacidade de sobrevivência em restos culturais de safras anteriores e a dificuldade de atingi-los na solução do solo e nas raízes das plantas hospedeiras, tornando quase impossível sua erradicação. Os métodos de controle mais utilizados incluem sucessão/rotação de culturas resistentes ou não hospedeiras, cultivares resistentes, controle químico e biológico (2, 13).

No controle químico, diversos nematicidas dos grupos dos carbamatos e organofosforados estão registrados para uso na cultura da soja, sendo aplicados no tratamento de sementes e/ou em sulco de plantio (7). Resultados promissores foram observados com a utilização da mistura de imidacloprido + tiodicarbe (150 g L⁻¹ + 450 g L⁻¹ de ingrediente ativo) no tratamento de sementes de soja, proporcionando significativa redução populacional do nematoide e, consequentemente, do fator de reprodução (6). Similarmente, Kubo et al. (19) observaram redução da população do nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis* [Linford & Oliveira]) ao utilizarem tiodicarbe no tratamento de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). Além do uso de nematicidas, a aplicação de condicionadores de solo favorece a biota do solo, melhorando o ambiente para o desenvolvimento da planta e de organismos competidores por espaço e alimento, predadores e/ou parasitas de nematoides (21).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivos avaliar o impacto, a eficácia e a eficiência da aplicação de tiodicarbe, cadusafós e um condicionador de solo, tanto na semente quanto no sulco de plantio, no controle de *P. brachyurus*, bem como no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja, em vasos e em área naturalmente infestada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento em vasos foi conduzido em uma área experimental localizada no município de Artur Nogueira-SP (latitude 22°31'43.5" S, longitude 47°07'03.0" O), no período de 08 de novembro de 2016 a 18 de janeiro de 2017. Utilizaram-se vasos plásticos de cinco litros, preenchidos com solo naturalmente infestado com *P. brachyurus*, coletado na Fazenda Altamira, na cidade de Guaíra-SP, onde foram

realizados os ensaios de campo. O solo foi homogeneizado e, posteriormente, colocado nos vasos, nos quais foram semeadas quatro sementes de soja da cultivar NA 5909 RG por vaso. Os vasos foram mantidos a céu aberto durante todo o período experimental.

O experimento adotou um delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e sete vasos por tratamento (três vasos para as primeiras avaliações e quatro para as avaliações finais), sendo cada vaso considerado uma repetição. Os tratamentos consistiram em diferentes aplicações na semente e no sulco de plantio, utilizando os seguintes produtos: (a) Saddler, contendo tiodicarbe como ingrediente ativo na concentração de 35%, registrado pela Rotam do Brasil Agroquímica para a cultura da soja; (b) Rugby, com cadusafós como ingrediente ativo na concentração de 20%, registrado pela FMC Química do Brasil Ltda; e (c) Maskio, como condicionador do solo. Este condicionador é à base de micronutrientes quelatizados e aminoácidos, também registrado pela Rotam do Brasil Agroquímica. Composto por boro (4,68 g L⁻¹) e zinco (15,21 g L⁻¹), além de 8,5% de L-aminoácidos, que auxiliam no crescimento, equilíbrio nutricional e fisiológico da planta, além de favorecer o desenvolvimento da biota do solo (25). Em todos os tratamentos, foram aplicados 200 mL por 100 kg de sementes do fungicida Protreat (carbendazim + tiram) para proteger as plantas contra fungos de solo. Além disso, foi utilizado em todos os tratamentos 100 mL por 100 kg de sementes do inoculante Masterfix, à base de bactérias *Bradyrhizobium japonicum* (Tabela 1).

Tratamento das sementes (TS) foi realizado pesando-se 1 Kg de sementes de soja, que foram colocadas em um saco plástico. Em seguida, aplicou-se tiodicarbe (0,6 L por 100 kg de sementes), os fungicidas carbendazim + tiram (0,2 L por 100 kg de sementes) e o inoculante Masterfix à base de bactérias *B. japonicum* (0,1 L por 100 kg de sementes). Nas sementes utilizadas como testemunha, foram aplicados apenas o fungicida e o inoculante nas mesmas doses dos demais tratamentos. As aplicações dos produtos via sulco de plantio (SP) foram direcionadas sobre as sementes, utilizando uma lança com ponta Magnojet DDC1, sem defletor, e a calda foi pressurizada com gás CO₂, mantendo uma pressão constante para uma vazão de 100 L ha⁻¹. As aplicações foram realizadas na manhã do dia 08 de novembro de 2016, entre 9h30 e 10h30.

Durante o período de realização do estudo, as médias das temperaturas máxima, mínima e média foram de 31°C, 19,2°C e 23,5°C, respectivamente. A precipitação total foi de 375 mm, conforme dados obtidos da estação meteorológica local. Os vasos foram irrigados sempre que necessário, mantendo o nível de água no solo adequado para o desenvolvimento das plantas de soja. Aplicações preventivas de inseticidas e fungicidas registrados para a cultura da soja foram realizadas para evitar danos e perdas causados por pragas e doenças.

Tabela 1. Tratamentos, doses e métodos de aplicação utilizados no controle de *Pratylenchus brachyurus*, em soja NA 5909 RG, comparando aplicações de sulco complementares às aplicações nas sementes.

Nº	Tratamento de sementes	Dose (mL 100 kg ⁻¹ sementes)	Tratamento de sulco	Dose (L ha ⁻¹)
1	Tiodicarbe	600		
2	Tiodicarbe	600	Tiodicarbe	2,5
3	Tiodicarbe	600	Tiodicarbe + Maskio	2,5 + 2,0
4	Tiodicarbe	600	Maskio	2,0
5	Tiodicarbe	600	Cadusafós	4,0
6	Tiodicarbe	600	Cadusafós + Maskio	4,0 + 2,0
7	Testemunha	-	Testemunha	-

OBS: todos os tratamentos tratados com fungicida e inoculante nas sementes.

Tabela 2. Tratamentos, doses e métodos de aplicação utilizados no controle de *Pratylenchus brachyurus*, em soja NA 5909 RG, comparando aplicações de sulco isoladas à aplicação nas sementes.

Nº	Tratamento de sementes	Dose (mL 100 kg ⁻¹ sementes)	Tratamento de sulco	Dose (L ha ⁻¹)
1	Tiodicarbe	600		
2	-	-	Tiodicarbe	2,5
3	-	-	Tiodicarbe + Maskio	2,5 + 2,0
4	-	-	Maskio	2,0
5	-	-	Cadusafós	4,0
6	-	-	Cadusafós + Maskio	4,0 + 2,0
7	Testemunha	-	Testemunha	-

OBS: todos os tratamentos tratados com fungicida e inoculante nas sementes.

Aos 20 dias após a semeadura (DAS), foi realizada a avaliação da emergência das plântulas. Aos 43 DAS, foram coletadas as raízes de três plantas por vaso, em três vasos, e aos 71 DAS, de quatro vasos, para análise da massa fresca das raízes e avaliação populacional do nematoide das lesões radiculares presentes nas raízes. Para determinar a massa fresca das raízes, utilizou-se a média de três plantas, obtendo-se o valor em gramas por planta. As raízes coletadas foram lavadas e pesadas, e a extração dos nematoides foi realizada pela técnica de Coolen & D'Herde (10). Após a contagem populacional dos nematoides nas raízes amostradas, foi determinada a população de nematoides por 10 g de raízes.

Os ensaios de campo, por sua vez, foram conduzidos em uma área naturalmente infestada com *P. brachyurus*, na Fazenda Altamira, localizada no município de Guaira-SP (latitude 20°22'42.2" S; longitude 48°15'53.9" O; altitude de 517 metros). Nesta área, a soja foi plantada e, após o surgimento dos primeiros sintomas de ataque de nematoides, aos 20 DAE, foi realizada uma análise de solo e raízes das plantas no Laboratório de Nematologia da FCAV/Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Nesta análise, foram encontrados 40 espécimes em 100 cm³ de solo e 5.160 espécimes e ovos de *P. brachyurus* em 10 g de raízes. A espécie foi identificada com base na morfologia de fêmeas adultas, comparando-se com as características morfológicas descritas na chave de Castillo & Vovlas (8).

Após a identificação, as plantas foram destruídas e o ensaio foi instalado na mesma área, com as parcelas localizadas dentro das reboleiras encontradas. A semeadura foi realizada com o auxílio de uma semeadora manual de grãos, utilizando-se 28 sementes por metro, em linhas espaçadas por 0,5 m. A cultivar de soja utilizada foi a NA 5909 RG, que possui ciclo superprecoce (de 95 a 105 dias na região norte de SP), grau de maturação 6,9 e hábito de crescimento indeterminado. Não foi realizada adubação de plantio, pois o cultivo foi feito nas mesmas linhas do cultivo anterior, onde foram utilizados 250 kg ha⁻¹ de Mono Amônio Fosfato.

As aplicações dos produtos via SP foram direcionadas sobre as sementes, utilizando uma lança com ponta Magnojet DDC1, sem defletor, com a calda pressurizada por gás CO₂, mantendo uma pressão constante para uma vazão de 100 L ha⁻¹. As aplicações foram realizadas no período da tarde, entre 13h30 e 15h30, no dia 10 de novembro de 2016. O TS foi realizado utilizando um saco plástico de 3 L, onde foi colocado 1 kg de sementes. Os produtos foram adicionados e o saco foi agitado até que as sementes estivessem uniformemente cobertas.

Para evitar perdas causadas por fungos, insetos, bactérias e plantas daninhas, foram realizadas aplicações preventivas de fungicidas e

inseticidas, além de herbicidas em pós-emergência para controle de plantas daninhas, todos com uso registrado para a cultura. A adubação de cobertura foi realizada aos 35 dias após o plantio, com a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de KCl a lanço.

Foram conduzidos dois experimentos de campo: no primeiro (Tabela 2), buscou-se determinar a eficácia dos tratamentos de sulco em comparação ao tratamento de sementes; no segundo (Tabela 1), visou-se determinar a eficácia dos tratamentos de sulco como complemento ao tratamento de sementes. Ambos os experimentos foram realizados sob as mesmas condições, na mesma área e época, variando apenas os tratamentos de sulco e sementes. Os experimentos consistiram em sete tratamentos e quatro repetições, sendo que cada parcela tratada com nematocidas possuía uma parcela testemunha adjacente. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso. As parcelas consistiam em três linhas de seis metros de comprimento, espaçadas por 50 centímetros entre si. Os tratamentos incluíram diferentes aplicações na semente e no sulco de plantio, utilizando os produtos tiodicarbe, Maskio e cadusafós, conforme descrito anteriormente.

Aos 14 DAS, foi realizada a avaliação do estande de plantas, contando-se o número de plantas de soja nos 2 metros centrais da segunda linha (linha central) de cada parcela. Nessa ocasião, também foram avaliados sintomas visuais de intoxicação. Aos 48 DAS, foram coletadas aleatoriamente 8 plantas com raízes e aproximadamente 1.000 cm³ de solo por parcela para a avaliação da população de nematoides. Os nematoides foram extraídos das amostras de solo (100 cm³) pelo método de flotação centrífuga em solução de sacarose e das amostras de raízes (10 g) pelo método de Coolen & D'Herde (10). A população de nematoides nas amostras foi então estimada utilizando uma câmara de contagem de Peters (28).

A colheita foi realizada coletando-se as plantas em 1 metro do centro de cada parcela. Em seguida, a soja foi trilhada em uma trilhadora de ensaios tratorizada. A umidade dos grãos foi determinada com um medidor de umidade, e os grãos foram pesados para estimar a produtividade em kg ha⁻¹, corrigida para uma umidade de 13%. Na mesma ocasião, também foi determinada a massa de 100 grãos.

Todos os dados oriundos dos experimentos de campo e do ensaio em vaso foram submetidos a análises de variância pelo teste F (p=0,05), e as médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott, utilizando o programa AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos (4). A eficácia de controle e dos tratamentos em relação à testemunha foi determinada segundo o método de Abbott (1). Os pré-requisitos de normalidade e homogeneidade dos dados foram testados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios indicaram que a aplicação complementar do tratamento de sulco às sementes influenciou positivamente a emergência de plântulas aos 20 DAS em vasos, conforme evidenciado pelas diferenças ($p < 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 3). Este achado sugere que a combinação dos tratamentos pode promover um ambiente mais favorável para a emergência inicial das plântulas, possivelmente devido a uma melhor distribuição dos produtos no solo e maior disponibilidade de nutrientes ou proteção contra pragas (22). Por outro lado, a ausência de diferenças ($p > 0,05$) observada no estande de plantas aos 14 DAS em campo indica que, sob condições de campo, os fatores ambientais e a variabilidade natural podem ter neutralizado os efeitos observados em condições controladas de vaso. Isso ressalta a importância de considerar as condições específicas de cada ambiente ao avaliar a eficácia dos tratamentos (24). Além disso, não foi observado sintomas visuais de intoxicação nas plantas de soja durante todo o período do estudo, tanto em vasos quanto em campo. Este resultado é crucial, pois demonstra que os tratamentos não apenas são eficazes, mas também seguros para as plantas, não comprometendo a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas.

Os resultados obtidos para a massa fresca das raízes (MFR) aos 43 DAS indicaram que os tratamentos com Tiodicarbe, tanto no TS quanto no SP, foram eficazes em promover um aumento significativo ($p < 0,05$) na MFR em comparação à testemunha. Este efeito positivo pode ser atribuído à ação inseticida do Tiodicarbe, que reduz a pressão de pragas no solo, permitindo um melhor desenvolvimento radicular. Particularmente, os tratamentos que combinaram Tiodicarbe com Maskio no SP mostraram os maiores incrementos na MFR. Isso sugere que o Maskio, atuando como um condicionador de solo, pode ter melhorado as condições químicas e biológicas do solo, favorecendo o

crescimento das raízes. A presença de Maskio parece ter potencializado os efeitos do Tiodicarbe, indicando uma sinergia entre os produtos que beneficia o desenvolvimento inicial do sistema radicular da soja, especialmente em solos infestados com nematoides. No entanto, aos 71 DAS, foi observado ausência de diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos, o que pode ser explicada pela possível redução da eficácia dos produtos aplicados ao longo do tempo. Isso pode ocorrer devido à degradação dos compostos ativos no solo ou à adaptação das pragas e nematoides às substâncias, o que diminui o impacto inicial observado (22, 24, 26).

Os resultados referentes à densidade populacional de *P. brachyurus* nas raízes da soja indicam que aos 48 DAS em campo, não houve diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 4). Isso sugere que, em condições de campo, os tratamentos aplicados não foram suficientes para causar uma redução significativa na população de nematoides, possivelmente devido à variabilidade ambiental e à complexidade do ecossistema do solo (13, 16, 23). No entanto, aos 43 DAS em vasos, observou-se uma diferença ($p < 0,05$) na população de *P. brachyurus* entre os tratamentos (Tabela 4). O tratamento com Tiodicarbe tanto no TS quanto no SP apresentou a maior eficácia, com uma população de 930 nematoides por 10 g de raízes. Este resultado destaca a importância da aplicação combinada de Tiodicarbe no TS e no SP, que aumentou a eficácia de controle de 50% para 73%, evidenciando uma sinergia entre os métodos de aplicação. A eficácia dos tratamentos com Tiodicarbe, tanto isoladamente quanto em combinação com outros produtos como Maskio e Cadusafós, reforça a utilidade desses nematicidas no manejo de *P. brachyurus*. Aos 71 DAS, apenas alguns tratamentos continuaram a mostrar eficácia ($p < 0,05$) em comparação à testemunha (Tabela 4). Isso indica que, embora os tratamentos iniciais tenham sido eficazes, sua eficácia diminuiu ao longo do tempo, possivelmente devido à degradação dos compostos ativos ou à adaptação dos nematoides. A redução da

Tabela 3: Análise de variância e teste de comparação de médias para a emergência (%), massa fresca de raízes (MFR), massa de 100 grãos e produtividade da soja NA 5909 RG. O estudo avalia a eficácia de produtos aplicados no sulco de plantio, complementando o tratamento de sementes, no controle de *Pratylenchus brachyurus* em solo naturalmente infestado, tanto em vasos quanto em campo.

Tratamento	Vasos			Campo		
	%	MFR (g/planta)		Plantas / metro 14 DAS	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (Kg ha ⁻¹)
		43 DAS	71 DAS			
Tiodicarbe (0,6 L 100 kg ⁻¹ TS)	77,5 a	2,69 b	14,37	26	12,4	3.069 b
Tiodicarbe (0,6 L 100 kg ⁻¹ TS e 2,5 L ha ⁻¹ SP)	82,5 a	3,59 a	10,35	28	12,5	3.448 a
Tiodicarbe (0,6 L 100 kg ⁻¹ TS e 2,5 L ha ⁻¹ SP) + Maskio (2,0 L ha ⁻¹ SP)	69,5 b	3,80 a	11,81	25	12,4	3.321 a
Tiodicarbe (0,6 L 100 kg ⁻¹ TS) + Maskio (2,0 L ha ⁻¹ SP)	87,5 a	2,87 b	7,54	28	12,2	2.781 b
Tiodicarbe (0,6 L 100 kg ⁻¹ TS) + Cadusafós (4,0 L ha ⁻¹ SP)	82,5 a	2,66 b	9,83	21	12,4	2.805 b
Tiodicarbe (0,6 L 100 kg ⁻¹ TS) + Cadusafós (4,0 L ha ⁻¹ SP) + Maskio (2,0 L ha ⁻¹ SP)	52,5 b	3,66 a	12,44	24	12,8	2.811 b
Testemunha	70,0 b	2,70 b	9,31	23	12,1	2.904 b
Teste F	2,83*	2,84*	1,86 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,53 ^{ns}	2,86*
CV (%)	29,76	17,03	30,6	18,46	4,8	10,6

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade; *Diferença significativa a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; TS = tratamento de sementes; SP = sulco de plantio; DAS = dias após a semeadura.

eficácia ao longo do tempo sugere que a aplicação de nematicidas pode necessitar de reforços ou combinações com outras práticas de manejo para manter o controle da população de nematoides (3, 12, 23). Esses achados ressaltam a importância de estratégias de manejo integradas que considerem tanto a aplicação inicial quanto a manutenção da eficácia dos tratamentos ao longo do ciclo da cultura. A combinação de TS e SP com produtos como Tiodicarbe e Cadusafós pode oferecer uma abordagem promissora para o controle de *P. brachyurus*, especialmente em solos infestados.

Os resultados obtidos para a massa de 100 grãos e produtividade indicam uma diferença ($p < 0,05$) na produtividade entre os tratamentos (Tabela 3). Os tratamentos com Tiodicarbe, tanto no TS quanto no SP, mostraram um aumento substancial na produtividade, com incrementos de 9,1 e 6,9 sacas (60 kg) por hectare, respectivamente, em comparação à testemunha. Este aumento na produtividade pode ser atribuído à eficácia do Tiodicarbe no controle de nematoides, como *P. brachyurus*, que podem comprometer o desenvolvimento radicular e, consequentemente, a produtividade da soja. A comparação entre os tratamentos revela que o uso exclusivo de Tiodicarbe no TS e no SP foi altamente eficaz, sugerindo que a aplicação combinada desses métodos pode maximizar os benefícios do controle de nematoides. A adição de Maskio no SP, embora também tenha mostrado eficácia, não proporcionou um aumento significativo na produtividade em comparação ao uso exclusivo de Tiodicarbe. Isso indica que, sob as condições do estudo, o Tiodicarbe sozinho é suficiente para alcançar um controle eficaz e aumentar a produtividade, tornando desnecessário o uso adicional de Maskio. Esses achados são particularmente relevantes para o manejo de áreas infestadas com *P. brachyurus*, pois demonstram que a aplicação de Tiodicarbe, tanto no TS quanto no SP, pode ser uma estratégia eficaz para aumentar a produtividade da soja. A eficácia do Tiodicarbe em diferentes modos

de aplicação oferece flexibilidade aos produtores na escolha da melhor abordagem para suas condições específicas de cultivo (5, 26).

Os resultados indicam que o TS de soja com Tiodicarbe foi eficaz na redução da população de *P. brachyurus* nas raízes até os 43 DAS. Além disso, os tratamentos de sulco associados ao TS também mostraram eficácia semelhante. Este efeito positivo pode ser atribuído à ação nematicida do Tiodicarbe, que reduz a infestação de nematoides, permitindo um melhor desenvolvimento inicial das raízes. O tratamento de sulco com Tiodicarbe associado a Maskio, quando utilizado como complemento ao tratamento de sementes, demonstrou ser eficaz na redução do número de nematoides até os 71 DAS. Além disso, este tratamento promoveu o desenvolvimento do sistema radicular da soja nas fases iniciais da cultura. A combinação de Tiodicarbe e Maskio parece criar um ambiente mais favorável para o crescimento das raízes, possivelmente devido à melhoria das condições físicas e biológicas do solo proporcionada pelo Maskio.

No ensaio que comparou o TS ao tratamento de sulco isolados em campo (Tabela 5), não foram observados sintomas visuais de intoxicação nas plantas. Aos 14 DAS nenhum tratamento reduziu significativamente o estande de plantas em relação à testemunha. Em relação à população total de *P. brachyurus* nas raízes aos 48 DAS, os tratamentos diferiram significativamente. Os tratamentos com Tiodicarbe no TS, Cadusafós no SP, e Cadusafós + Maskio (SP) reduziram a população de nematoides em relação à testemunha, com eficácias de 48%, 45% e 67%, respectivamente. Corte et al. (11), ao testar diversos tratamentos aplicados na semente e/ou no sulco, observaram que a eficácia da tecnologia de aplicação no controle de *P. brachyurus* depende dos produtos utilizados. Homiak et al. (17), ao testar o tratamento de sementes com inseticidas, nematicidas e indutores de resistência, observaram uma redução significativa na população de nematoides em ensaios realizados em casa de vegetação com os tratamentos de Abamectina, Tiodicarbe ou Fipronil.

Tabela 4: Análise de variância e teste de comparação de médias da população de nematoides nas raízes de soja NA 5909 RG. O estudo avalia a eficácia de produtos aplicados no sulco de plantio, complementando o tratamento de sementes, no controle de *Pratylenchus brachyurus*, tanto em campo quanto em vasos.

Tratamento	Campo		Vasos			
	DAS 48		DAS 43		DAS 71	
	Total de nematoides (g raízes 10)	de % eficácia	Total de nematoides (g raízes 10)	de % eficácia	Total de nematoides (g raízes 10)	de % eficácia
(Tiodicarbe (0,6 L 100 kg ⁻¹ TS	6.300	21	c 1711	50	a 1.538	-40
(Tiodicarbe (0,6 L 100 kg ⁻¹ TS e 2,5 L ha ⁻¹ SP	6.258	22	c 930	73	a 1.119	-2
(Tiodicarbe (0,6 L 100 kg ⁻¹ TS e 2,5 L ha ⁻¹ SP) + Maskio (2,0 L ha ⁻¹ SP	9.627	-20	c 1182	66	b 429	61
(Tiodicarbe (0,6 L 100 kg ⁻¹ TS) + Maskio (2,0 L ha ⁻¹ SP	8.446	-6	b 2404	30	a 1.300	-18
(Tiodicarbe (0,6 L 100 kg ⁻¹ TS) + Cadusafós (4,0 L ha ⁻¹ SP	3.200	60	c 1665	52	b 545	50
Tiodicarbe (0,6 L 100 kg ⁻¹ TS) + Cadusafós (4,0 L ha ⁻¹ SP) + Maskio ((2,0 L ha ⁻¹ SP	9.020	-13	c 1523	56	b 826	25
Testemunha	7.998	-	a 3438	-	a 1.099	-
Teste F	1,60 ^{ns}	-	**9,68	-	**6,01	-
(%) CV	47,9	-	25,6	-	33,4	-

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade; **Diferença significativa a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; TS = tratamento de sementes; SP = sulco de plantio; DAS = dias após a semeadura.

Tabela 5: Análise de variância e teste de comparação de médias para plantas por metro, população de nematoides nas raízes, massa de 100 grãos e produtividade da soja NA 5909 RG. O estudo avalia a eficácia de produtos aplicados no sulco de plantio ou no tratamento de sementes no controle de *Pratylenchus brachyurus* em campo.

Tratamento	Plantas / metro 14 DAS	48 DAS		Colheita		
		Total de nematoides (10 g raízes)	% de eficácia	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (Kg ha ⁻¹)	Acréscimo (Sacas ha ⁻¹)
Tiodicarbe (0,6 L 100 kg ⁻¹ TS)	27 a	6.610 b	48	12,2	2.928	1,2
Tiodicarbe (2,5 L ha ⁻¹ SP)	22 b	8.905 a	30	12,3	3.168	5,2
Tiodicarbe (2,5 L ha ⁻¹ SP) + Maskio (2,0 L ha ⁻¹ SP)	26 a	9.550 a	25	12,2	2.993	2,2
Maskio (2,0 L ha ⁻¹ SP)	26 a	11.380 a	10	12,2	3.142	4,7
Cadusafós (4,0 L ha ⁻¹ SP)	19 b	6.970 b	45	11,9	3.033	2,9
Cadusafós (4,0 L ha ⁻¹ SP) + Maskio (2,0 L ha ⁻¹ SP)	18 b	4.150 b	67	12,1	2.880	0,4
Testemunha	22 b	12.642 a	-	11,6	2.858	-
Teste F	4,47**	4,78**	-	0,82 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-
CV (%)	14,97	31,2	-	4,7	14,6	-

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade; **Diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}Não significativo.

Os resultados referentes à massa de 100 grãos e produtividade (kg ha⁻¹) indicam que, embora não tenha havido diferença estatística significativa entre os tratamentos (p>0,05; Tabela 5), todos os tratamentos apresentaram um aumento de produtividade em comparação à testemunha. Este aumento variou de 0,4 a 5,2 sacas por hectare, sugerindo que os tratamentos aplicados tiveram um efeito positivo na produtividade da soja, mesmo que não estatisticamente significativo. Os tratamentos com Tiodicarbe (SP) e Maskio (SP) proporcionaram os maiores incrementos, de 5,2 e 4,7 sacas por hectare, respectivamente. Isso indica que a aplicação de Tiodicarbe e Maskio no SP pode ser particularmente eficaz em melhorar a produtividade da soja. A eficácia desses tratamentos pode ser atribuída à sua capacidade de controlar pragas do solo, como *P. brachyurus*, e melhorar as condições do solo para o desenvolvimento radicular. O tratamento com Tiodicarbe (TS) resultou em um aumento de 1,2 sacas por hectare, o que, embora menor em comparação aos tratamentos de sulco, ainda representa um benefício em termos de produtividade. Este resultado sugere que a aplicação de Tiodicarbe no TS pode ser uma estratégia complementar eficaz, especialmente quando combinada com tratamentos de sulco. A variação nos incrementos de produtividade entre os diferentes métodos de aplicação do mesmo produto destaca a importância de considerar a modalidade de aplicação ao planejar estratégias de manejo. A aplicação de Tiodicarbe tanto no TS quanto no SP pode resultar em diferentes níveis de eficácia, dependendo das condições específicas do solo e da infestação de nematoides (5, 26). Os achados de Homiak et al. (17) corroboram esses resultados, indicando que, embora não tenham observado aumentos significativos na produtividade em áreas infestadas por *P. brachyurus* com o TS de soja com produtos químicos, o tratamento com Tiodicarbe apresentou um incremento de 3,1 sacas por hectare em relação à testemunha. Isso reforça a eficácia do Tiodicarbe como uma ferramenta valiosa no manejo de nematoides e na melhoria da produtividade da soja.

Os resultados obtidos indicaram que o uso de tratamentos com Tiodicarbe, tanto no tratamento de sementes quanto no sulco de plantio, mostrou-se eficaz no controle de nematoides da espécie *P. brachyurus* e na promoção do crescimento radicular da soja nas fases iniciais. A

combinação com Maskio, que atua como condicionador de solo, revelou uma sinergia benéfica, favorecendo ainda mais o desenvolvimento das raízes, o que resultou em aumentos significativos na produtividade, embora sem diferenças relevantes entre os tratamentos. Apesar dos resultados positivos nas condições controladas, a eficácia dos tratamentos em campo foi limitada, possivelmente devido a fatores ambientais que reduziram a persistência dos compostos ativos e a adaptação dos nematoides ao longo do tempo. Assim, o estudo enfatiza a necessidade de estratégias de manejo integradas, que considerem reforços ou a combinação com outras práticas, para garantir o controle sustentável de pragas e a manutenção da produtividade ao longo do ciclo da cultura. Por fim, a ausência de sintomas de toxicidade nas plantas ao longo do experimento sugere que os tratamentos são seguros para a cultura de soja, oferecendo alternativas viáveis para o manejo de nematoides em áreas naturalmente infestadas, promovendo um ambiente de crescimento saudável e maior flexibilidade para os produtores ajustarem suas práticas conforme as condições específicas do solo e da infestação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abbott, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 18, n. 1, p. 265–267, 1925.

2. Araujo, F. F. de; Bragante, R. J.; Bragante, C. E. Controle genético, químico e biológico de meloidoginose na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 220–224, jun. 2024.

3. Balico, G. G.; Pinhata, A. A.; Franchini, J. C.; Santos, E. L.; Balbinot, A. A.; Debiasi, H. Densidade populacional de *Pratylenchus brachyurus* na produtividade da soja em função de calagem, gessagem e adubação potássica. **Embrapa Soja**, 2016.

4. Barbosa, J. C.; Maldonado Junior, W. Agrostat – Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. **Versão 1.0**. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, FCAV/UNESP, 2010.

5. Beulter, A. N.; Centurion, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, e0230045, 2023.

6. Bortolini, G. L.; Araújo, D. V.; Zavislak, F. D.; Romano Junior, J.; Krause,

- W. Controle de *Pratylenchus brachyurus* via tratamento de semente de soja. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 818–830, 2013.
7. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agrofit: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2012. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 23 jan. 2018.
8. Castilho, P.; Vovlas, N. Diagnosis and descriptions of *Pratylenchus* species. In: **Castilho, P.; Vovlas, N.. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and Management**. 1 ed. Córdoba: Brill-Lieden 2007. v. 6, cap. 4, p. 51–280.
9. **Conab**. Boletim da safra de grãos. 9º levantamento safra 2023/2024. Brasília: Conab, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 24 jun. 2024.
10. Coolen, W. A.; D'Herde, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Agriculture Research Centre, 1972. 77 p.
11. Corte, G. D.; Pinto, F. F.; Stefanello, M. T.; Gulart, C.; Ramos, J. P.; Balardin, R. S. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos no controle de fitonematoides em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1534–1540, 2014.
12. Debiasi, H.; Franchini, J. C.; Balbinot Junior, A. A. População de *Pratylenchus brachyurus* e influência do cultivo de soja em sucessão ao milho consorciado com diferentes densidades de crotalária. **Embrapa Soja**, 2016.
13. Debiase, H.; Franchini, J. C.; Dias, W. P.; Ramos Junior, E. U.; Balbinot Junior, A. A. Práticas culturais na entressafra da soja para o controle de *Pratylenchus brachyurus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 10, p. 1720–1728, 2016.
14. Dias, W. A.; Garcia, A.; Silva, J. F. V.; Carneiro, G. E. S. **Nematoides em soja: Identificação e controle**; Circular Técnica: Londrina: Embrapa 2010.
15. Ferraz, L. C. C. B. Gênero *Pratylenchus* - Os nematoides das lesões radiculares. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Piracicaba, v. 7, p. 157–195, 1999.
16. Franchini, J. C.; Debiasi, H.; Balbinot Junior, A. A. Manejo da acidez do solo e densidade populacional de *Pratylenchus brachyurus* em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 10, p. 807–815, 2014.
17. Homiak, J. A.; Dias-Arieira, C. R.; Couto, E. A. A.; Kath, J.; Abe, V. H. F. Seed treatments associated with resistance inducers for management of *Pratylenchus brachyurus* in soybean. **Phytoparasitica**, Santos, n. 8, p. 45, 2017.
18. Kreyci, P. F.; Menten, J. O. Limitadoras de produtividade. **Cultivar Caderno Técnico**, Pelotas, v. 167, p. 1–12, 2013.
19. Kubo, R. K.; Machado, A. C. Z.; Oliveira, C. M. G. Efeito do tratamento de sementes no controle de *Rotylenchulus reniformis* em dois cultivares de algodão. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 2, p. 239–245, 2012.
20. Machado, A. C. Z. Current nematode threats to Brazilian agriculture. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 20, n. 1, p. 26–35, 2014.
21. Maldaner, A. M.; Krieger, G. L.; Ecco, M. Uso de condicionador em solos de diferentes texturas cultivados com a cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 13, e31121344089, 2023.
22. Modolo, A. J.; Fernandes, H. C.; Schaefer, C. E. G. R.; Silveira, J. C. M. Efeito da compactação do solo sobre a emergência de plântulas de soja em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1105–1111, 2008.
23. Oliveira Junior, A. S.; Santos, M. A. Efeito da adubação potássica na densidade populacional de *Pratylenchus brachyurus* em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1251–1258, 2010.
24. Pelegrinello Schuab, S. R.; de Lucca e Braccini, A.; de Barros França Neto, J.; Scapim, C. A.; Meschede, D. K. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 553–560, 2006.
25. Rotam Do Brasil Agroquímica E Produtos Agrícolas Ltda. Disponível em: <https://www.rotam.com/brasil-product/produtos/TratamentodeSementes/MASKIO/>. Acesso em: 10 ago. 2017.
26. Silva, A. P.; Lima, R. P. Efeitos de tratamentos de sementes e sulco de plantio no desenvolvimento radicular da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, e0220045, 2022.
27. Souza, V. S.; Santos, D. C.; Ferreira, J. G.; Souza, S. O.; Gonçalo, T. P.; Sousa, J. V.; Cruvinel, A. G.; Vilela, L.; Paim, T. P.; Almeida, R. E. M.; Caniases, L. P.; Cherubin, M. R. Cover crop diversity for sustainable agriculture: Insights from the Cerrado biome. **Soil Use and Management**, v. 1, p. 1–15, 2024.
28. Southey, J. F. **Laboratory for work with plant and soil nematodes**. 5 ed. London: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1970. 148 p. (Bulletin, 2).

Editor associado para este artigo: Paulo Cezar Ceresini