Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Comportamento de diferentes espécies de adubos verdes para o manejo de *Pratylenchus brachyurus*

Gabriela de Sousa Carvalho

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

Piracicaba
2023

Gabriela de Sousa Carvalho
Bióloga

Comportamento diferentes espécies de adubos verdes para manejo de *Pratylenchus brachyurus*

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **MÁRIO MASSAYUKI INOMOTO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

Piracicaba
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Carvalho, Gabriela de Sousa

Comportamento de diferentes espécies de adubos verdes para o manejo de *Pratylenchus brachyurus* / Gabriela de Sousa Carvalho. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

52 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Nematoide-das-lesões 2. Crotalária 3. *Canavalia ensinformes* 4. *Mucuna pruriens* 5. Controle cultural 6. *Glycine max* I. Título

Aos meus pais Isaura Clementino de Sousa Carvalho (*in memorian*) e Leosvan Vieira de Carvalho, pela base necessária para me tornar o ser humano que sou hoje, além de sempre destacarem que a educação é a via correta para alcançar o que almejamos.

À minha querida e amada irmã Thais Carvalho, pelo amor, conselhos, incentivos, ligações diárias de vídeo e pelos choros compartilhados.

Ao meu sobrinho e afilhado Gustavo, por me trazer alegria, descontração e ensinamentos constantes.

Ao meu namorado Victor Matheus, pelo companheirismo, paciência, apoio incondicional e principalmente por topar namorar a distância durante esse tempo.

Às minhas avós Alcina e Leonides por serem exemplos de mulheres de uma Fé imensurável, sábias, fortes e empoderadas na minha vida.

Com amor, carinho e o coração cheio de gratidão,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus e à Nossa Senhora, por sempre me acompanharem, me guiarem e me livrarem de todo mal e perigo.

À minha família e ao meu namorado, por me apoiarem em todos os momentos e estarem sempre presentes mesmo distantes.

Ao meu orientador Mário Inomoto, pelos ensinamentos, amizade e disponibilidade para auxiliar-me em todas as fases desse curso.

À minha amiga, companheira de apartamento e de mestrado Ariela Rizo (Ari), pelos conselhos, incentivos, risadas, cafés e vinhos.

Aos meus valorosos amigos Aline Gonçalves (Lilicota), Bruno Paes, Ailton Estrela (Júnior) e Júlia Carvalho (Ju), por toda ajuda, consolos e companhia.

Aos meus colegas de Laboratório Rosana Bessi, Miqueias Assis, Pedro Vinícius, Sônia Antedomenico, Mariana Mailkut e Eduarda Kirsch, pelo apoio durante o projeto e momentos de descontração.

À minha orientadora de graduação e amiga Beatriz Barguil, por todo conhecimento, empenho e motivação a mim fornecidos. Sem sombra de dúvidas esta obra não estaria sendo concretizada sem a sua ajuda.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão bolsa de estudos.

“Por isso, por amor a Cristo, regozijo-me nas fraquezas, nos insultos, nas necessidades, nas perseguições, nas angústias. Pois, quando sou fraco, é que sou forte.”

2 Coríntios 12:10

SUMÁRIO

RESUMO.....7
ABSTRACT.....8
1. INTRODUÇÃO.....9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....11
2.1 A cultura da soja.....11
2.2 Fitonematoides associados a soja.....13
2.3 *Pratylenchus brachyurus*.....15
2.4 Controle de *Pratylenchus brachyurus*.....16
2.5 Controle cultural de *Pratylenchus brachyurus*.....18
2.6 Adubos verdes.....18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....23
3.1 Obtenção, multiplicação e extração de *Pratylenchus brachyurus*.....23
3.2 Experimento 1: reprodução de *Pratylenchus brachyurus* em feijoeiro-de-porco, mucuna-preta e *Crotalaria spectabilis*.....23
3.3 Experimento 2: reprodução de *Pratylenchus brachyurus* nos adubos verdes e efeito na produção da soja.....24
3.4 Análises estatísticas.....25
4. RESULTADOS.....27
5. DISCUSSÃO.....33
6. CONCLUSÃO.....37
REFERÊNCIAS.....39

RESUMO

Comportamento de diferentes espécies de adubos verdes para o manejo de *Pratylenchus brachyurus*

O nematoide-das-lesões, *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey), está amplamente distribuído nas lavouras brasileiras, causando perdas de produtividade em culturas perenes e anuais. No caso da soja, que é a cultura mais afetada, anualmente, mais de 8 milhões de hectares são semeados com sementes tratadas com nematicidas biológicos ou sintéticos, visando ao manejo de fitonematoides, principalmente *P. brachyurus*. Especificamente para *P. brachyurus*, três espécies de culturas de cobertura (milheto, *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*) têm sido utilizadas no Brasil como culturas de entressafra para o manejo do nematoide, porém não há estudos em condições controladas provando que seu uso contribui para o aumento da produção de soja. O feijoeiro-de-porco e a mucuna-preta são outras culturas de cobertura importantes, mas há divergências na literatura sobre sua condição de hospedeira de *P. brachyurus*. Por essa razão, foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação para avaliar a reprodução de *P. brachyurus* em feijoeiro-de-porco, mucuna-preta e *C. spectabilis*. No experimento 1, as densidades populacionais do nematoide aumentaram 24,8x após 132 dias em mucuna-preta e 32,8x em feijão-de-porco, enquanto diminuíram até nível indetectável em *C. spectabilis*. No experimento 2, as densidades populacionais de nematoides aumentaram 41,5x após 96 dias em mucuna-preta, 75,0x em feijão-de-porco, enquanto diminuíram 10% em *C. spectabilis*. no experimento 2, a soja semeada após *C. spectabilis* exibiu raízes mais saudáveis e produziu uma quantidade de sementes 3,0x maior do que após feijoeiro-de-porco e 2,3x mais do que após mucuna-preta. Os resultados relativos à *C. spectabilis* estão em acordo com a literatura, mas os relativos ao feijoeiro-de-porco mucuna-preta estão em concordância parcial. Discutiram-se as possíveis razões para tais discordâncias. Assim, comprovou-se que a *C. spectabilis* é uma cultura de cobertura muito eficaz no controle de *P. brachyurus*, em concordância com os estudos de campo. Por outro lado, o feijoeiro-de-porco e a mucuna-preta devem ser evitados em lavouras infestadas por esse nematoide.

Palavras-chave: Nematoide-das-lesões, *Crotalaria spectabilis*, *Canavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens*, Controle cultural, *Glycine max* L.

ABSTRACT

Behavior of different species of green manure for the management of *Pratylenchus brachyurus*

The lesion nematode *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) is widespread in Brazilian agriculture fields, causing yield losses in perennial and annual crops. Annually, over 8 million ha are sowed with soybean seeds treated with biological or synthetic nematicides, aiming to manage phytonematodes, mainly *P. brachyurus*. Specifically for *P. brachyurus*, three species of cover crops (pearl millet, showy rattlebox and slenderleaf rattlebox) were used as off-season crops for nematode management. Black velvet bean and jack bean are other important cover crops, but there are disagreements in the literature about their host status to *P. brachyurus*. Therefore, two greenhouse experiments were carried out to assess the reproduction of *P. brachyurus* on black velvet bean, jack bean and showy rattlebox. In experiment 1, the nematode population densities 2 increased 24.8x after 132 days on black velvet and 32.8x on jack bean, whereas decrease until undetectable level on showy rattlebox. In experiment 2, the nematode population densities increased 41.5x after 96 days in black velvet bean, 75.0x in jack bean, whereas decreased 10% in showy rattlebox. Soybean sowed after showy rattlebox exhibited healthier roots and produced 2.3x more seeds than after black velvet bean and 3.0x more than after jack bean. Thus, showy rattlebox is a cover crop very effective to control *P. brachyurus*, whereas black velvet bean and jack bean should be avoided in crop fields infested with this nematode.

Keywords: Lesion nematode, *Crotalaria spectabilis*, *Canavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens*, Crop control, *Glycine max* L.

1. INTRODUÇÃO

A soja é considerada uma das culturas de maior importância agrícola mundial ocupando na safra de 2020 uma área maior que 126 milhões de hectares, com uma produção superior a 355 milhões de toneladas (FAO, 2022). Segundo a CONAB (2022), na safra 2022/2023, a área plantada, a produtividade e a produção no Brasil foram de 43.207,8 mil hectares, 3.536 kg ha^{-1} e 153.477,6 mil toneladas, respectivamente.

As doenças radiculares provocadas por fitonematoides têm afetado negativamente a soja, diminuindo o seu rendimento nas lavouras (Kirsch, 2016). No Brasil, várias espécies foram encontradas associadas a essa oleaginosa, no entanto, as mais frequentes e responsáveis por perdas elevadas são *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *Heterodera glycines*, *Rotylenchulus reniformis* e *Pratylenchus brachyurus* (Dias *et al*., 2010).

O nematoide-das-lesões *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) é amplamente difundido no Brasil campos agrícolas, causando perdas de rendimento em culturas de grãos como soja, feijão e milho (Franchini *et al*., 2014; Inomoto *et al*., 2011; Bonfim *et al*., 2021); olerícolas como batata e quiabo (Lima-Medina *et al*., 2014; Inomoto *et al*., 2004); culturas perenes como café (Kubo *et al*., 2004) e cana-de-açúcar (Noronha *et al*., 2017). Extensas áreas no Brasil têm sido manejadas para *P. brachyurus* usando tratamento de sementes e rotação com milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br], *Crotalaria spectabilis* Roth. e *C. ochroleuca* G. Don, visando principalmente reduzir as perdas de produtividade na cultura da soja. Por exemplo, em 2021 aproximadamente 8-9 milhões de hectares foram semeados com sementes de soja tratadas com nematicidas biológicos ou sintéticos (Leandro Valerim, Syngenta Crop Protection, comunicação pessoal de 11 de julho de 2022). Além disso, em 2022, aproximadamente 1 milhão de ha foram semeados com *Crotalaria spectabilis* e 0,5 milhões de ha com *C. ochroleuca* como culturas de entressafra, com a finalidade de controlar fitonematoides, principalmente *P. brachyurus* (José Aparecido Donizeti Carlos, pessoal comunicação, 7 de junho de 2022).

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de confirmar a condição de hospedeira do feijoeiro-de-porco e da mucuna-preta a *P. brachyurus*, comparando-os com a *C. spectabilis*, atualmente a mais valiosa cultura de cobertura usada para controlar este nematoide-da-lesão, assim como o seu efeito no crescimento da soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da soja

A soja foi relatada pela primeira vez há cinco mil anos na China, sendo o seu centro de origem o leste da Ásia (Hymowitz, 1970). A soja foi introduzida no Brasil no ano de 1882 no estado da Bahia por meio de cultivares vindas dos Estados Unidos e a partir disso se propagou para as demais regiões (Black, 2000). No entanto, somente a partir dos anos de 1970 ocorreu a consolidação do cultivo da soja, principalmente nos estados da região Sul devido a sua maior adaptabilidade às condições edafoclimáticas, expandindo-se também para outras áreas de cerrado (Domingues *et al*., 2014).

Considerada uma das culturas de maior importância agrícola mundial, a soja está envolvida em diversos setores do econômico, ocupando na safra de 2020 uma área maior que 126 milhões de hectares, com uma produção superior a 355 milhões de toneladas. No Brasil, a área plantada correspondeu a 37,188 milhões de hectares com produção de 121,797 toneladas, sendo atualmente o maior produtor de soja do mundo, seguido dos Estados Unidos, Argentina e China (FAO, 2022).

Segundo a CONAB (2022), na safra 2022/2023, a área plantada, a produtividade e a produção no Brasil foram de 43.207,8 mil hectares, 3.536 kg ha^{-1} e 153.477,6 mil toneladas, respectivamente. O estado que mais se destacou em relação às categorias acima, nessa mesma safra, foi o Mato Grosso, com um total de 41.695,1 toneladas.

Pertencente à família botânica Fabaceae, a soja é uma planta anual, herbácea, de porte ereto e reprodução predominantemente autógama. O fruto é do tipo vagem, cujas características morfológicas variam de acordo com a cultivar e o ambiente, assim como o seu grupo de maturação, que pode ser precoce ou tardio (Muller, 1981). O seu sistema radicular é do tipo pivotante, e nele estão presentes estruturas esféricas chamadas de nódulos, que atuam na fixação de nitrogênio no solo. Tal característica é resultado da interação simbiótica entre a soja e bactérias do gênero *Bradyrhizobium* que habitam o solo (Mascarenhas *et al*., 2005).

O seu ciclo de vida, desde a germinação até a maturação fisiológica, é completado entre 75 a 200 dias, dependendo da cultivar. Tal ciclo apresenta duas fases: a vegetativa (V), caracterizado pelo seu crescimento e acúmulo de reservas, e a reprodutiva (R), desde o início do período de floração até a formação do grão. Essas fases ainda são subdivididas numericamente em estádios específicos. A duração tanto do período vegetativo quanto do reprodutivo pode variar de acordo com a temperatura, fotoperíodo e disponibilidade de água (Farias *et al*., 2007).

O período de semeadura, indicado para grande parte das cultivares de soja plantadas nas lavouras brasileiras, compreende entre o início de outubro e início de dezembro (Cunha *et al*., 2001; Fietz; Rangel, 2008). As temperaturas ideais para a semeadura da soja oscilam entre 20° a 30°C (Farias *et al*., 2007). Aguila *et al*. (2018) testaram em campo o desempenho agronômico de 15 cultivares e genótipos de soja em três períodos de semeadura diferentes (20/11/2017; 16/12/2017 e 06/01/2018). Foi observado que o melhor período para o plantio dos materiais analisados foi o do dia 16/12/2017, pois obteve-se uma maior produtividade. Adicionalmente, os autores destacam que a melhor época de semeadura é aquela em que as cultivares usadas atingem o seu potencial máximo de produtividade.

Geralmente, a colheita da soja nas regiões produtoras do Brasil ocorre entre os meses de janeiro a março, dependendo do grupo de maturação da cultivar usada. No entanto, esses meses coincidem com o período chuvoso. Devido a isso, muitos produtores fazem aplicação de um produto capaz de agilizar a secagem natural da soja, o dessecante, o que permite também a antecipação da colheita (Pinto *et al*., 2017).

O melhoramento genético da soja permitiu potencializar as suas características agronômicas bem como a sua capacidade de adaptação em áreas com condições ambientais diferentes, sendo essa a razão para o grande crescimento da mesma em regiões de baixa latitude (Rocha *et al*., 2012). O desenvolvimento de novas cultivares também tem possibilitado o uso de tecnologias na lavoura, como por exemplo, a colheita mecanizada e automatizada. Com isso, a escolha do material vegetal deve ser previamente analisada no local que será cultivado para evitar perdas futuras (Correia *et al*., 2017).

Hirakuri e Lazzarotto (2014), relataram que a sojicultura tem crescido substancialmente no âmbito nacional, sendo fonte de emprego e renda para a população. Inúmeros aspectos estão associados a este crescimento, como fornecimento de proteína vegetal para gerar alimentação animal, mercado internacional consolidado, desenvolvimento de tecnologias que facilitam as práticas agrícolas da soja, como semeadura e colheita, disponibilidade de comércio e subsídio financeiro.

A soja é utilizada como matéria prima em diversas finalidades; porém, a produção de óleo e ração animal, incluindo bovinos, suínos e aves, são as de maior importância. Essa oleaginosa possui efeitos benéficos para a saúde humana, cujo na composição da sua proteína é encontrada todos os aminoácidos essenciais para o bom funcionamento do organismo além da baixa quantidade de lipídios. Devido a essas e outras características nutricionais, a sua aplicação na alimentação humana está em ascensão, sendo usado no preparo de bolo,

macarrão, bebidas, subprodutos do leite (leite condensado, creme de leite, etc.), sorvete e chocolates (Carrão-Panizzi; Silva, 2011).

A grande produtividade do cultivo da soja no Brasil só é possível devido aos investimentos ofertados para a atividade sojícola. O financiamento de pesquisas científicas em diferentes áreas é essencial, em especial o desenvolvimento de cultivares que atendam às necessidades esperadas como, elevada produção, tolerância ao déficit hídrico e resistência a pragas e doenças bióticas e abióticas (Bacaxixi *et al*., 2011; Santos, 2020).

Apesar da intensa aplicação de tecnologia na cultura da soja, os problemas fitossanitários são desafios frequentes nas lavouras, uma vez que reduzem a sua produtividade assim como as propriedades nutricionais do grão. A qualidade fisiológica e sanitária da semente também é um problema constante para essa cultura. Os agentes bióticos envolvidos nessas perdas geralmente são fungos, bactérias, vírus e nematoides. Dentre as principais doenças responsáveis por impossibilitar a produção máxima da soja na última década destacam-se a ferrugem-asiática, o mofo-branco e doenças causadas por diferentes espécies nematoides (Juhász *et al*., 2013).

2.2 Fitonematoides associados à soja

As doenças radiculares provocadas por fitonematoides têm afetado negativamente a soja, diminuindo o seu rendimento nas lavouras (Kirsch, 2016). Já foi relatado mais de 100 espécies de nematoides, correspondente a cerca de 50 gêneros associados à essa cultura em todo o mundo. No Brasil, várias espécies foram encontradas associadas a essa oleaginosa, no entanto, as mais frequentes e responsáveis por perdas elevadas são os nematoides-das-galhas *Meloidogyne incognita* (Kofoid;&White, 1919) Chitwood, 1949, *M. javanica* (Treub, 1985) Chitwood, 1949; nematoide-do-cisto *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952; nematoide-das-lesões *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev & S. Stekhoven, 1941; nematoide-reniforme *Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira, 1940 (Dias *et al*., 2010).

Algumas espécies como *Helicotylenchus dihystera*, *Scutellonema brachyurus* e *Tubixaba tuxaua*, esse último encontrado apenas em algumas regiões, também já foram relatadas parasitando a soja, porém, ainda apresentam importância em potencial para a cultura, visto que a sua frequência e a densidade populacional vêm aumentando nas áreas agrícolas com o passar dos anos. A soja louca II, cujo agente causal denomina-se *Aphelenchoides besseyi*, é outra doença causada por nematoide que tem preocupado os sojicultores. Esse patógeno habita a parte superior da planta, nutrindo-se normalmente de

folhas e flores, contudo, na ausência de hospedeiro, pode alimentar-se saprofiticamente (Favoreto *et al*., 2019; Saeed; Roessner, 1984; Meyer *et al*., 2017).

Os sintomas decorrentes da infecção causada por nematoides são semelhantes entre as espécies. Aquelas que parasitam as raízes interferem na absorção de água e sais minerais indispensáveis para o desenvolvimento da planta, surgindo assim os sintomas reflexos tais como, nanismo e clorose culminando na formação da reboleira. Como esses sintomas são parecidos com os de déficit nutricional, o diagnóstico costuma ser tardio e o controle irreversível (Dias *et al*., 2010). Alguns fungos patogênicos habitantes do solo, como *Phytophthora*, *Fusarium* e *Rhizoctonia*, podem interagir com os fitonematoides complicando ainda mais a situação.

As perdas mundiais ocasionadas pelo parasitismo de fitonematoides foram estimadas em mais de 13%, com prejuízo superior a 350 bilhões de dólares anualmente (Adb-Eelgawad, 2014). No Brasil, estima-se que essas perdas podem alcançar até 35 bilhões de reais (Favoreto *et al*., 2019). Franchini *et al*. (2014), relataram que a redução na produtividade da soja na presença de *Pratylenchus brachyurus* pode chegar até 21%.

No Brasil, o fitonematoide *M. incognita*, presente principalmente em áreas que já foram cultivadas com café ou algodão, e *M. javanica*, mais amplamente distribuído, eram mais importantes para a cultura da soja antes do registro do nematoide-do-cisto e do aumento da importância do nematoide-das-lesões (Dias *et al*., 2010; Asmus, 2001).

Em relação ao nematoide-do-cisto-da-soja (*H. glycines*) constitui-se um sério problema, levando à queda do seu rendimento (cerca de 30%) (Wise *et al*., 2016). Nos Estados Unidos, Bandara *et al*. (2020), utilizando análises estatísticas, estimaram que durante os anos 1996 a 2016 as perdas decorrentes desse nematoide foram superiores a 30 bilhões de dólares, sendo considerado o patógeno mais destrutivo da cultura da soja (Allen *et al*., 2017). A ampla gama de hospedeiros, a sua capacidade de sobrevivência e ausência de métodos de manejo adequados são as principais razões para o crescimento contínuo dessa doença (Wendimu, 2022).

No que diz respeito ao nematoide-reniforme, foram quantificadas perdas de rendimento de aproximadamente 32%, causando grandes impactos principalmente no centro-oeste do Brasil (Asmus *et al*., 2003; Asmus, 2005). Nos dias atuais, o controle genético está sendo o mais indicado por razões de eficácia, sustentáveis e econômicas (Wilkes *et al*., 2020).

Atualmente, os danos causados por *P. brachyurus* na soja vem sendo mais relevantes tornando o nematoide-das-galhas de importância secundária. Com isso, a aplicação de técnicas de manejo adequadas é imprescindível.

2.3 *Pratylenchus brachyurus*

O gênero *Pratylenchus* é composto por 70 espécies das quais somente três são consideradas de importância econômica para o Brasil, são elas: *P. brachyurus*, *P. zeae* e *P. coffeae* (Goulart, 2008). Contudo, a espécie *P. brachyurus* é a mais importante para a soja, estando entre os problemas fitossanitários de maior destaque para essa cultura (Goulart, 2008; Vilela *et al*., 2011). Essa espécie possui alto grau de polifagia, isto é, capaz de parasitar culturas pertencentes a diversas famílias botânicas, por exemplo, algodão milho, batata e outras hortaliças (Goulart, 2008).

A descrição de *P. brachyurus* foi feito a partir de exemplares coletados no estado estadunidense do Havaí, nas culturas do abacaxi, caupi e soja (Godfrey, 1929). Esse fitonematoide é amplamente disseminado geograficamente, sobretudo, em países de clima subtropical e clima tropical (Ferraz, 1999). A grande maioria das lavouras sojícolas utilizam o milho como cultura de sucessão ou rotação, tal cultura também é suscetível a *P. brachyurus*, o que proporciona o aumento da quantidade de inóculo na área (Asmus, 2013). Outra razão que pode potencializar a multiplicação desse nematoide é a prática do plantio direto (Dias-Arieira *et al*., 2012).

O aparecimento de reboleiras em locais distintos nas áreas de produção é o principal indício da presença do nematoide. Plantas de estatura reduzida, coloração esverdeada e principalmente o surgimento de manchas necróticas de tamanhos irregulares na raiz juntamente com o aumento do número de raízes secundárias, caracterizam os sintomas provocados pela ação de *P. brachyurus* na soja (Soares; Nascimento, 2021).

O tamanho do corpo de *P. brachyurus* corresponde a 0,39-0,75 mm de comprimento. As principais características morfológicas que o distingue das outras espécies são: dois de anéis da região labial, região labial baixa e angulosa, estilete com 17 a 22 μm de comprimento, bulbos do estilete arredondados, vulva em posição muito posterior (V% = 82-89), espermateca vazia, posição da vulva, cauda cônico-truncada ou espatulada com término liso (Loof, 1991).

Os nematoide-das-lesões são parasitas obrigatórios, com hábito de vida do tipo endoparasita migrador que penetra na raiz por meio da ação mecânica exercida por seu robusto estilete juntamente com a secreção toxinas e enzimas digestivas. Após a penetração, esse nematoide provoca a destruição dos tecidos à medida que se locomove e se multiplica na raiz, favorecendo também a entrada de outros fitopatógenos habitantes do solo (Loof, 1991).

O ciclo de vida desse nematoide completa-se entre 3-4 semanas, a depender das condições ambientais. Todos os estádios móveis são infectivos, alimentando-se mais especificamente no córtex radicular. A sua reprodução é do tipo partenogenética devido à ausência de machos na população. No que diz respeito a postura de ovos, a mesma é realizada principalmente na raiz, porém comumente encontram-se ovos no solo mesmo que em menor quantidade, sendo que a sua capacidade de oviposição gira em torno de 80 a 120 ovos por ciclo (Perry; Moens, 2006; Ferraz; Brown, 2016).

A manutenção de hospedeiras suscetíveis nas lavouras de soja pode beneficiar a sobrevivência de *P. brachyurus* e na ausência dessas plantas, a umidade do solo é outro fator capaz de prolongar o ciclo de vida desse patógeno (McSorley, 2003; Neves *et al*., 2012). Entrar em estado de dormência, anidrobiose, é outra forma de sobrevivência do nematoide em condições adversas (Perry; Moens, 2006). Ribeiro *et al*. (2020) conduziram estudos com intuito de analisar a capacidade de sobrevivência de *P. brachyurus* em condições de solo seco e, observaram que a permanência de raízes no campo favoreceu a multiplicação do patógeno comparado a solos sem hospedeiros, além de manter a sua infectividade por cerca de 90 dias.

Para o surgimento e desenvolvimento das doenças de plantas a dispersão efetiva do patógeno é essencial. As espécies de *Pratylenchus* podem ser propagadas de diferentes maneiras tais como, movimentação ativa do nematoide no campo (curtas distâncias) ou também passiva, por meio da água da chuva ou irrigação, correntes de ar, transporte de material vegetal ou solo contaminado e maquinários e ferramentas agrícolas (Perry; Moens, 2006).

Geralmente, mesmo altas densidades de *Pratylenchus* no solo não causam a morte da planta hospedeira, uma dos motivos possíveis é o elevado nível de adaptação ao parasitismo.

2.4 Controle de *Pratylenchus brachyurus*

Com o aumento global das crises fitossanítarias provocadas por fitonematoides, as práticas de manejo são cada vez mais importantes para o bom desenvolvimento de uma lavoura. O primeiro passo para estabelecer as medidas de controle é identificar qual espécie de nematoide está causando a doença, a partir do conhecimento das suas características, tanto morfológicas quanto biológicas, é possível indicar um manejo mais efetivo (Inomoto, 2009). Entretanto, vale ressaltar que a exclusão, ou seja, evitar a entrada do patógeno na área, é a medida de controle mais eficaz, já que a erradicação do mesmo é inviável.

Considera-se que o uso de material vegetal resistente é uma das técnicas mais eficazes e de menor custo para manejar os fitonematoides, aumentando o rendimento e reduzindo os

impactos ambientais (Boerma; Hussey, 1992). Diversos estudos já comprovaram a patogenicidade do nematoide-das-lesões à soja, assim como a escassez de cultivares resistentes e/ou tolerantes no mercado (Machado; Araujo Filho, 2016; Bellé *et al*., 2017; Brida; Correia, Wilcken, 2017; Almeida *et al*., 2014).

O uso de produtos químicos com ação nematicida constitui-se uma boa ferramenta para ajudar no controle de *P. brachyurus*. Facilidade de aplicação e eficácia no controle populacional são as principais vantagens desse método. Vários estudos têm sido realizados em casa de vegetação, testando diferentes tratamentos de sementes, tanto biológicos quanto químicos, com o objetivo de reduzir a densidade desse fitonematoide na soja. Foi observado que o tratamento com abamectina proporcionou a redução na reprodução, classificando esse método como eficiente (Bortolini *et al*., 2013). Homiak et al. (2017) encontraram resultados parecidos para esse mesmo patossistema, os quais perceberam que tanto o tratamento de sementes sozinho quanto em conjunto com indutores de resistência controlava a população de *P. brachyurus*.

Os nematicidas sintéticos possuem custo elevado e alta toxicidade, além de alterar a microbiota do solo e contaminar os lençóis freáticos (Bettiol; Maffia; Castro, 2014). Por essas razões, a busca por controles alternativos no manejo de nematoides está em destaque atualmente. Em vista disso, o controle biológico e a utilização de extratos vegetais, como ferramentas de manejo, é uma realidade que vem ganhando espaço no cenário agrícola, devido ao aumento da prática da agricultura sustentável (Soares *et al*, 2004; Silva *et al*., 2020).

Oliveira *et al*. (2019), concluíram que bioprodutos à base de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma asperellum* e *Purpureocillium lilacinum* em soja foram capazes de reduzir a multiplicação de *P. brachyurus*. Em adição, os autores mencionam que o uso em conjunto desses três agentes bionematicidas proporcionam maior efetividade no controle. Carvalho (2018) verificou que bactérias do gênero *Bacillus* spp. foram eficientes no controle de *P. brachyurus* na cultura do milho-doce. Coelho *et al*. (2021) testaram os seguintes bioprodutos: Presence®, Votivo Prime®, Ecotrich® e Nemat®, e observaram que houve uma diminuição na severidade de *P. brachyurus* em soja. Os relatos citados acima, comprovam que o uso de produtos biológicos é uma técnica promissora para o controle desse fitonematoide.

Estudos sobre a aplicação de técnicas alternativas baseados no uso de extratos vegetais, mostraram resultados satisfatórios no controle *P. brachyurus* em soja sendo estes economicamente viáveis e menos danosos ao meio ambiente (Melo; Machado; Inomoto,

2006; Izidoro Junior *et al*., 2021). Diante da necessidade de práticas agrícolas que preservem os aspectos naturais dos campos de produção, o controle cultural mostra-se uma boa opção na redução da densidade populacional de *P. brachyurus*.

2.5 Controle cultural de *Pratylenchus brachyurus*

O controle cultural é uma técnica extremamente eficiente para o controle de fitonematoides, apresentando diversos aspectos positivos, dentre eles, o aumento da produção e lucro do produtor, além de gerar menos impacto ao meio ambiente (Ferraz; Freitas, 2008). Dentre as vantagens oferecidas por esse tipo de controle, pode-se citar a facilidade de aquisição do material e a alta possibilidade de sucesso, uma vez que, as mesmas são aplicadas e comprovadas a muito tempo. Em relação às desvantagens, o que limita o uso do controle cultural é a alteração da prática agrícola que estava sendo empregada, pois, provavelmente, os insumos e maquinários também deverão ser mudados, consequentemente, afetará a parte financeira do produtor (Inomoto, 2016).

Existem vários tipos de controle cultural, a adubação verde é um deles. Essa é uma técnica muito antiga que consiste na utilização de diversas espécies vegetais em sistema de rotação ou sucessão que possuem capacidade de melhorar as propriedades físicas e químicas do solo (Lima Filho *et al*, 2014). Inúmeros são os seus benefícios nos agroecossistemas, dos quais se destacam a grande presença de nutrientes, sendo o nitrogênio o mais abundante devido o processo de fixação biológica, reciclagem de nutrientes, cobertura do solo, que diminui o escoamento da água, controlando a erosão e alguns possuem capacidade de controlar nematoides (Espindola *et al*, 2005).

Provavelmente os principais efeitos desses vegetais no controle dos fitonematoides são: eliminação de substâncias com ação nematicida pré-formados que são dispensados no solo a partir do cultivo; após a degradação das plantas, são liberados compostos nematicidas tais como amônia e ácidos graxos; favorecimento de microrganismos antagônicos; os adubos podem apresentar maior tolerância ao nematoide; mudanças nas características do solo causando efeitos negativos para os nematoides (Oka, 2010).

2.6 Coberturas vegetais

O uso de coberturas vegetais na entressafra da soja, em substituição ao milho, tem sido a técnica mais eficaz de controle de *P. brachyurus* em soja. Entre elas, *Crotalaria spectabilis* Roth. tem sido uma das mais indicadas para o controle de *P. brachyurus*, apresentando fatores de reprodução iguais ou próximos de zero (Motta; Machado; Inomoto, 2005; Santana et al,

2019; Furtado, 2018.), assim como o milheto ‘ADR 300’ (Inomoto, 2011). Neste último trabalho, o autor testou alguns híbridos de milho e conclui que os mesmos não controlam *P. brachyurus*, portanto devem ser evitados. Mainarde e Asmus (2015) perceberam que dentre as culturas analisadas, o milho e a soja foram as que mais reproduziram *P. brachyurus*, sendo soja a mais suscetível.

De acordo com a literatura, outras plantas de cobertura possivelmente valiosas para *P. brachyurus* são feijoeiro-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L.) DC.], mucuna-preta [*Mucuna pruriens* (L.) DC.], feijoeiro-guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] e crotalária-breviflora (*C. breviflora* DC.). No entanto, existem algumas divergências sobre a reação de hospedeiro das duas primeiras.

O feijão-de-porco destaca-se por sua capacidade de produzir elevada quantidade de biomassa, consequentemente, o acúmulo de nitrogênio também tende a ser alto (Rubido *et al*., 2017). Estudos realizados na região de Cerrado mostraram que 8.770 kg ha^{-1} foi a quantidade de massa seca produzida por feijão-de-porco, permitindo uma boa cobertura do solo (Teodoro *et al*., 2011). Niz et al. (2018), conduziram experimentos semelhantes em Concepción, no Paraguai, e o melhor valor de massa seca foi obtido em feijão-de-porco com 6.600 kg ha^{-1} destacando-se como uma opção viável tanto para consócio quanto para rotação de culturas.

Essa cultura também é capaz de controlar as ervas daninhas. Brito *et al*. (2019), avaliaram a capacidade de supressão de plantas daninhas de plantas de cobertura na forma de cobertura morta em dois sistemas de cultivo: monocultura de milho e consórcio com feijoeiro-de-porco. Observou-se que o feijoeiro-de-porco produziu 2.730 kg ha^{-1} de biomassa, resultando na redução da biomassa de plantas daninhas nos estádios 5 e 4 do milho. No entanto, há uma redução do carbono na parte aérea do feijão-de-porco ao longo do tempo (variando de 16% a 30% ao final de 140 dias), consequentemente, a quantidade de carbono no solo também diminui (Weiler *et al*, 2019).

O feijoeiro-de-porco é cultivado em uma pequena área no Brasil (aproximadamente 600 ha), principalmente consorciado com milho e culturas perenes (Donizeti Carlos, comunicação pessoal, 4 de junho de 2022). Portanto, esta cultura de cobertura pode ser usada para manejar *P. brachyurus* em milho e café. Foi testado para *P. brachyurus* em condições controladas apenas por Santana-Gomes *et al*. (2019), em dois experimentos em casa de vegetação, sendo que a população de nematoides aumentou ligeiramente (R = 1,1) em um e um pouco mais em outro (R = 2,4).

A utilização de espécies de *Mucuna* como adubos verdes são práticas agrícolas aplicadas há muito tempo (Buckles, 1995). Essa planta apresenta crescimento rápido além de alta capacidade de acumular biomassa seca em sistema de rotação com milho, variando de 1,5-19 t ha^{-1}, favorecer a incorporação de nitrogênio inorgânico ao solo (Ceballos *et al*., 2012), melhorar as propriedades e a fertilidade do solo e reduzir a incidência de patógenos, incluindo nematoides (Buckles, 1995). Devido a tais benefícios, a área de cultivo de mucuna nos Estados Unidos aumentou de 9.293 ha em 1908 para 400.000 ha em 1915 (Scott, 1910; Coe, 1918)

Grande parte das cultivares pertencentes a esse gênero são recomendadas como cobertura vegetal, dentre elas, destacam-se principalmente mucuna-cinza, mucuna-anã, mucuna-verde e mucuna-preta, por serem comumente utilizadas nos sistemas de rotação de cultura (Sakaia *et al*., 2007; Ambrosano *et al*., 2016). Ambrosano *et al*. (2016), baseando-se na produtividade compararam as quatro cultivares citadas a cima, e observaram que apenas a mucuna-anã diferenciou-se estatisticamente dos outros tratamentos com produção de biomassa de 3.770 kg ha^{-1}. Os valores obtidos para mucuna-cinza, mucuna-verde e mucuna-preta foram 9.125, 8.353 e 7.797 kg ha^{-1}, respectivamente.

Quanto ao acúmulo de macronutrientes na biomassa, Sousa *et al*. (2019), testaram sete espécies de plantas de cobertura, dentre elas mucuna-preta, em área de Cerrado no Piauí e observaram, que esse tratamento apresentou um dos maiores níveis de nitrogênio com 269 kg ha^{-1}. Em contrapartida, a quantidade de massa seca produzida por mucuna-preta correspondeu a apenas 6.600 kg ha^{-1} sendo uma das mais baixas.

A utilização de mucuna-preta em experimentos de rotação com milho, possibilitou o aumento na quantidade de matéria orgânica no solo. Essa condição reduziu a população de alguns nematoides como *Radopholus similis* (Cobb, 1919) Thorne, 1949 e *Meloidogyne*, por outro lado, favoreceu a reprodução de outros como *Rotylenchulus* e *Pratylenchus* (Watson, 1922; Figueroa *et al*., 1990; Blanchart *et al*., 2006). O aumento da produtividade do milho também foi observado na presença da mucuna (0,3-8,3 t ha^{-1}), enquanto na ausência dessa planta houve redução (0,4-7,5 t ha^{-1}). A mucuna também se mostrou eficiente no controle de plantas daninhas, reduzindo custos com herbicidas químicos (Ceballos *et al*., 2012).

No Brasil, a mucuna-preta costumava ser rotacionada com algodão na década de 1970 para controlar o nematoide-das-galhas *M. incognita* (Ferraz *et al*., 1977). A respeito de *P. brachyurus*, Inomoto *et al*. (2006) avaliaram a reprodução de *P. brachyurus* em seis coberturas de leguminosas, em experimento único em casa de vegetação. A densidade de *P. brachyurus* diminuiu 84% (FR = 0,16) após 63 dias em *C. spectabilis* e aumentou 14,3x em

mucuna-preta, significativamente mais do que em soja 'Pintado' (FR=6,4). Por outro lado, Santana-Gomes *et al*. (2019) avaliaram a reprodução de *P. brachyurus* em seis coberturas de leguminosas em dois experimentos em casa de vegetação, e a densidade de *P. brachyurus* manteve-se constante após 90 dias em mucuna-preta (R=1,0) em um experimento e não foi detectável no outro (R=0,0). Portanto, existe uma importante diversidade de resultados na literatura em relação à reação de mucuna-preta a *P. brachyurus*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação da área experimental do Laboratório de Nematologia Agrícola da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), situado no Município de Piracicaba, São Paulo.

A presente pesquisa contou com dois experimento. No primeiro, foi estimada a reprodução de *P. brachyurus* em feijoeiro-de-porco, mucuna-preta e *C. spectabilis*, em comparação ao milho (padrão suscetível). Enquanto na segunda etapa, foi estimado o efeito da densidade de *P. brachyurus* após essas plantas sobre a produção da soja.

3.1 Obtenção, multiplicação e extração de *P. brachyurus*

O isolado Pb23 de *P. brachyurus* utilizado nos experimentos foi obtido de amostras coletadas em algodoal no município de Sapezal, Mato Grosso. Para a multiplicação do isolado, foram utilizadas plantas de algodoeiro, colonizadas por 60 dias pelo nematoide e mantidas em casa de vegetação. Depois desse período, as raízes de algodoeiro foram trituradas no liquidificador com 200mL de água de torneira durante um minuto para extração dos nematoides. Em seguida, a suspensão resultante foi despejada através de três peneiras empilhadas (60-200-500 "mesh", correspondendo a 0,250-0,074-0,025 mm de abertura). O material retido nesta última foi retirado com a ajuda de uma pisseta com água e transferido para um béquer. A suspensão foi quantificada com o auxílio da lâmina de Peters sob microscópio óptico.

3.2 Experimento 1 – reprodução de *Pratylenchus brachyurus* em feijoeiro-de-porco, mucuna-preta e *Crotalaria spectabilis*

Estimou-se a reprodução de *P. brachyurus* em mucuna-preta, e feijoeiro-de-porco e *Crotalaria spectabilis*, comparando-se come milho [(*Zea mays* L. híbrido 'Fórmula Viptera 2' (Syngenta Seeds)], que é planta hospedeira suscetível conhecida para o nematoide (Endo, 1959). Com exceção da *C. spectabilis*, esses adubos verdes não possuem cultivares, pois não foram submetidas a nenhum processo de melhoramento genético (Registro Nacional de Cultivares, 2023). As sementes dos adubos verdes foram cedidas pela Piraí Sementes (Piracicaba, estado de São Paulo, Brasil) e sementes de milho pela Syngenta Seeds (São Paulo, estado de São Paulo). O tipo de delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos (feijoeiro-de-porco, mucuna-preta, *C. spectabilis* e milho) e cinco repetições, totalizando vinte parcelas experimentais.

Inicialmente, foram obtidas plântulas pela semeadura em copos plásticos brancos com capacidade de 500 cm³ de solo desinfestado com calor úmido (121 ºC / 2h). Após 14 dias, foi realizado o transplante para vasos plásticos de 1.000 cm³ na proporção de duas mudas por vaso. As mesmas foram adubadas duas vezes com o fertilizante de liberação lenta Osmocot® Classic (NPK 14-14-14) e irrigadas manualmente duas vezes ao dia.

A inoculação foi realizada 14 dias após o transplantio por meio da técnica de pipetagem da suspensão de *P. brachyurus* com densidade populacional inicial (Pi) de 2.784 espécimes por parcela (soma de fêmeas, juvenis e ovos), produzida a partir de raízes de algodoeiro, em dois orifícios no solo de cada parcela, de 2 a 3cm de profundidade, utilizando um bastão de madeira, próximo ao colo da planta. As plantas foram mantidas em casa de vegetação e a reprodução do nematoide foi avaliada 132 dias após a inoculação (DAI). As raízes foram separadas do solo, lavadas, secas com papel toalha, cortadas em pedaços de 2cm e trituradas no liquidificador contendo 200mL de água durante 1 minuto. Esse material passou pelas peneiras de 60, 200 e 500 *mesh* (aberturas de 0,250 / 0,075 / 0,025mm, respectivamente). O material retido na última foi recolhido em recipientes de vidro cilíndricos com 250 ml de capacidade e armazenado sem conservantes em estufa biológica a 15 ºC.

O solo foi colocado em um balde comum de plástico e homogeneizado com aproximadamente 2L de água, para suspender o solo, deixando descansar por 20 segundos. A suspensão foi vertida em peneiras de 20 e 400 *mesh* (aberturas de 0,85 / 0,038 mm, respectivamente). O material retido na última peneira foi levado para flutuação em centrífuga durante 5 minutos e depois em solução de sacarose por 1 minuto. Essa técnica é uma adaptação ao que foi proposto por Jenkins (1964).

Os espécimes de *P. brachyurus* (fêmeas, juvenis e ovos das amostras de raízes = Pf Raízes; fêmeas e juvenis das amostras de solo = Pf Solo) foram quantificados por meio da microscopia óptica (Nikon Eclipse E200 e ampliação de 100x) com o auxílio da lâmina de Peters, em três contagens de 1 mL. Com isso, foi estimada a taxa de reprodução (R = população final/população inicial de nematoides), com o objetivo de indicar quantas vezes a densidade do nematoide variou durante o período experimental (Oostenbrink, 1966).

3.3 Experimento 2 – reprodução de *P. brachyurus* nos adubos verdes e efeito na produção da soja

Este experimento testou as mesmas plantas do experimento 1, mas o milho foi substituído por sorgo sacarino ‘N5D61’ como hospedeiro padrão de *P. brachyurus*. Relato

anterior demonstraram que o sorgo sacarino é suscetível a *P. brachyurus* (Sharma e Pereira, 1982).

As plântulas foram obtidas em sementeira, com vinte sementes em copos plásticos brancos ou transparentes com capacidade de 500 cm^3. Após 11 dias, foi feito o transplante das plântulas para outros copos plásticos de 500 cm^3 na proporção de um muda por copo. Todas as plântulas obtidas foram transplantadas: 13 de feijoeiro-de-porco, 12 de mucuna-preta, 11 de *C. spectabilis* e 10 de sorgo. Dois dias após o transplante, a suspensão de *P. brachyurus* foi inoculada com uma densidade populacional inicial (Pi) de 406 espécimes (fêmeas, juvenis e ovos). A reprodução do nematoide foi avaliada aos 96 DAI, assim como no experimento 1.

Após 96 DAI, foi realizado a avaliação da reprodução do nematoide. Separou-se quatro repetições de cada tratamento, totalizando 16 parcelas, e a extração de nematoides das raízes e do solo foi realizada usando o mesmo procedimento descrito no experimento 1. No mesmo dia, a parte aérea das culturas de cobertura foram removidas das demais repetições restantes (30 parcelas), e o solo continuou sendo regado conforme necessário para mantê-la úmida até o dia da semeadura da soja.

As sementes de soja 'BMX - Potência' foram fornecidas pela GDM Genética do Brasil (Cambé, PR). Após 17 dias da retirada da parte aérea das plantas de cobertura, foram semeadas quatro sementes de soja em cada repetição com o objetivo de avaliar o efeito de densidades populacionais de *P. brachyurus* após a cultura de cobertura sobre o crescimento da soja. As plantas de soja foram desbastadas para três por vaso e mantidas em casa de vegetação até produção de grãos (115 dias após a semeadura - DAS).

Depois desse período, a parte aérea da soja foi retirada e postas para secar em estufa a 60 °C até atingir massa constante (48 horas). As densidades populacionais de nematoides das raízes e do solo foram avaliados (Pf Raízes e Pf Solo) conforme descrito no experimento 1. Seis variáveis de crescimento foram obtidas: massa fresca de raízes (MFR); número e massa seca de grãos (NG e PSG); número e massa seca de vagens (NV e MSV); massa seca da parte aérea (MSPA = massa seca das folhas, do caule e das vagens).

3.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e à análise de variância. Quando significativas, as médias foram confrontadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o programa Statistix 9.0.

4. RESULTADOS

A viabilidade do inóculo de *P. brachyurus* foi comprovada no experimento 1 no milho 'Fórmula VIP-2' (R=15,4). O único adubo verde que se mostrou resistente a *P. brachyurus* foi *C. spectabilis*, em que o nematoide diminui até nível indetectável (R=0,0). A mucuna-preta e o feijoeiro-de-porco se mostraram tão suscetíveis a *P. brachyurus* quanto o milho. Nas plantas suscetíveis, a densidade de *P. brachyurus* nas raízes foi muito maior que no solo: 44,7x maior no feijoeiro-de-porco; 63,4x no milho; 69,2x na mucuna-preta (Tabela 1).

Tabela 1. População final de nematoides (Pf) na raiz e no solo e taxa de reprodução (R) de *Pratylenchus brachyurus* sobre mucuna-preta, feijão-de-porco e *Crotalaria spectabilis* (132 DAI) no experimento 1.

Adubos verdes	Pf Raiz	Pf Solo	R
Mucuna-preta	55.878 a	808 a	24,8 a
Milho ‘Fórmula Vip 2’	42.329 a	668 a	15,4 a
Feijoeiro-de-porco	89.438 a	2.001 a	32,8 a
Crotalaria spectabilis	0 b	0 b	0,0 b

Médias originais de seis repetições. As médias seguidas pela mesma letra não diferiram segundo o teste de Tukey (5%).

No experimento 2, a viabilidade do inóculo de *P. brachyurus* foi confirmada no sorgo ‘N5D61’ (R=25,9) e detectou-se uma quantidade residual de *P. brachyurus* em *C. spectabilis* tanto nas raízes como no solo (R = 0.9). Feijoeiro-de-porco e mucuna-preta se mostraram suscetíveis ao nematoide (Tabela 2), confirmando os resultados obtidos no experimento 1, porém o feijoeiro-de-porco se diferenciou do sorgo. Como no experimento 2, a densidade de *P. brachyurus* nas raízes foi muito maior que no solo, embora com intensidades muito variáveis: 9,3x maior no sorgo; 12,7x no feijoeiro-de-porco; 16,4x na *C. spectabilis*; 88,6x na mucuna-preta. Portanto, em ambos os experimento, o número de nematoides obtidos do solo (Pf Solo) representou uma pequena fração da população total de nematoides (Pf Solo + Pf Raiz), variando de 1,2% na mucuna-preta do experimento 2 a 9,7% no sorgo também do experimento 2. Assim, o esforço de recuperação do *P. brachyurus* espécimes do solo parece não valer a pena, levando em conta o tempo dispendido e a dificuldade de diferenciar os exemplares de *P. brachyurus* dos de outras espécies presentes no solo. A partir desses

resultados, acredita-se que a avaliação da reprodução de *P. brachyurus* pode ser baseada apenas na contagem dos exemplares recuperados das raízes.

Tabela 2. População final (Pf) de raízes e solo e taxa de reprodução (R) de *Pratylenchus brachyurus* em plantas de cobertura (96 DAI) no experimento 2.

Adubos verdes	**Pf Raiz**	**Pf Solo**	**R**
Mucuna-preta	16.648 ab	188 c	41,5 ab
Feijoeiro-de-porco	28.210 a	2.226 a	75,0 a
Crotalaria spectabilis	344 c	21 c	0,9 c
Sorgo 'N5D61'	9.510 b	1.020 b	25,9 b

Médias originais de quatro repetições de culturas de cobertura. As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferiram segundo o teste de Tukey (5%).

Na parte final do experimento 2, diferenças no crescimento da soja foram observadas cerca de 30 DAS, tornando-se cada vez pronunciadas no decorrer do experimento (Figuras 1 e 2). Elevadas densidades populacionais *P. brachyurus* nas raízes de soja (Pf Soja) foram recuperadas após sorgo, mucuna-preta e feijoeiro-de-porco, ao contrário do observado em soja após *C. spectabilis*.

Raízes de soja após *C. spectabilis* apresentaram aspecto saudável, com coloração bege. Por outro lado, as raízes de soja depois da mucuna-preta, do feijoeiro-de-porco e do sorgo com coloração castanho-escura, com extensos trechos apodrecidos, além de apresentarem menor massa fresca. As maiores variáveis de crescimento de soja foram depois da *C. spectabilis*. A massa seca de grãos (MSG), que é a variável de maior importância econômica, foi 2,3x maior após *C. spectabilis* em comparação com mucuna-preta, 3,0x em comparação com feijoeiro-de-porco e 4,0x em comparação com sorgo. De forma geral, as menores variáveis de crescimento da soja foram observadas nos tratamentos sorgo e feijoeiro-de-porco. (Tabela 3).

Tabela 3. População final (Pf) de raízes e solo e taxa de reprodução (R) de *Pratylenchus brachyurus* em soja (115 DAS) no experimento 2. Variáveis de crescimento em soja: massa fresca da raiz e massa seca do grão (MFR, MSG); número de grãos (GN); massa seca da vagem (MSV) e número (PN); peso seco da parte aérea (MSPA).

Adubos verdes	**Pb em soja**		**Variáveis de crescimento da soja**					
	Pf Raiz	Pf Solo	MFR (g)	MSG (g)	GN	MSV (g)	NV	MSPA (g)
Mucuna-preta	85.876 a	2.876 a	6,5 b	1,79 b	11 b	2,38 b	7 b	3,78 b
Feijoeiro-de-porco	91.456 a	1.968 a	7,2 b	1,38 bc	9 bc	1,84 bc	6 bc	2,84 b
Crotalaria spectabilis	449 b	42 b	13,8 a	4,12 a	25 a	5,29 a	13 a	7,25 a
Sorgo ‘N5D61’	69.154 a	2.042 a	7,7 b	1,02 c	7 c	1,35 c	4 c	2,46 b

Médias originais de 6-9 repetições para a culturas da soja. As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferiram segundo o teste de Tukey (5%)

As variáveis de crescimento da soja (MFR, MSG, NG, MSV, NV e MSPA) apresentaram comportamentos diferentes de acordo com os tratamentos, principalmente depois do cultivo com *C. spectabilis*, que interferiu positivamente na redução de *P. brachyurus* e, consequentemente, propiciou o maior desenvolvimento em todos as variáveis analisadas (Figura 1.). Nota-se também, que os tratamentos que apresentaram maior número de nematoides tiveram os menores valores das variáveis de crescimento e produção da soja.

Ao analisar a MFR (Tabela 3), é possível verificar que o tratamento com *C. spectabilis* resultou em maior massa de raiz com 13,8 g, diferindo-se estatisticamente dos outros adubos verdes. Por outro lado, as raízes de soja precedida por feijoeiro-de-porco, sorgo e mucuna-preta eram menores, provavelmente devido à degradação de tecidos ocasionada pelo nematoide, com massa de 7,2; 7,7 e 6,5, respectivamente.

Em relação a massa dos grãos (MSG) e o número de grãos (NG), os melhores resultados foram verificados no tratamento com *C. spectabilis* com médias correspondentes foram 4,12 g e 25 grãos, respectivamente. Quanto aos demais tratamentos, os valores encontrados foram 1,79 g em mucuna-preta, 1,38 g em feijão-de-porco e 1,02 g em sorgo, para a variável MSG. Seguindo a sequência anterior, os valores correspondentes são 11, 9 e 7 para a variável número de grãos.

Tanto para a variável massa da vagem (MSV) quanto para o número de vagens (NV), houve diferença estatística entre os seguintes tratamentos: sorgo, mucuna-preta e *C. spectabilis*. Os menores valores encontrados para a MSV foram após sorgo (1,35 g), feijão-de-porco (1,84 g) e mucuna-preta (2,38 g), assim como para o NV com 4, 6 e 7, na devida ordem. Por fim, o tratamento com *C. spectabilis* apresentou médias superiores aos outros tratamentos em ambas as variáveis com 5,29 g em MSV e 13 vagens em NV.

À respeito da massa seca da parte aérea (MSPA), apenas o tratamento *C. spectabilis* diferenciou-se a nível estatístico dos demais tratamentos (7,25 g). Os demais tratamentos exibiram médias inferiores com 3,78 g em mucuna-preta, 2,84 g em feijão-de-porco e 2,46 em sorgo.

Assim, entre as três plantas de cobertura avaliadas nos presentes experimentos, apenas a *C. spectabilis* pode ser recomendada para o manejo de *P. brachyurus*. A resistência da *C. spectabilis* a *P. brachyurus* foi previamente testado em casa de vegetação (Machado *et al*., 2007; Santana-Gomes *et al*., 2019) e no campo (Debiasi *et al*., 2016; Cruz *et al*., 2020). No experimento 2, a baixa densidade populacional promovida pela *C. spectabilis* contribuiu para um maior crescimento da soja (Figura 2.). Todas as variáveis de crescimento avaliadas para

soja após *C. spectabilis* (MFR, MSG, NG, MSV, NV e MSPA) foram maiores do que após sorgo, mucuna-preta e feijão-de-porco.

Figura 1. Plantas de soja após feijoeiro-de-porco, mucuna-preta e *Crotalaria spectabilis*, 86 dias após semeadura (experimento 2).

Figura 2. Plantas de soja após feijoeiro-de-porco, mucuna-preta e *Crotalaria spectabilis*, 115 dias após semeadura (experimento 2).

5. DISCUSSÃO

Anteriormente, experimentos de campo (Debiasi *et al*., 2016; Cruz *et al*., 2020) demonstraram que *C. spectabilis* é eficaz como cultura de entressafra antes da soja em um campo naturalmente infestado por *P. brachyurus*. De acordo com Cruz e colaboradores (2020), raízes de soja após *C. spectabilis* foram mais saudáveis e produziram mais sementes (3.566 kg ha^{-1}) em comparação com a soja depois do milho (2.603 kg ha^{-1}). De fato, *C. spectabilis* é amplamente utilizada para o manejo de *P. brachyurus* no Brasil, principalmente em soja, desde o início dos anos 2000. No entanto, provavelmente, o presente resultado foram os primeiros a demonstrar em condições de casa de vegetação os benefícios da *C. spectabilis* no controle de *P. brachyurus*. Portanto, foi uma inversão da ordem natural da experimentação, em que pequenos experimentos de casa de vegetação encorajam a realização de experimentos no campo, servindo de base científica para a aplicação da tecnologia em larga escala. Provavelmente, não se viu necessidade de uma prova de conceito em função o sucesso empírico de *C. spectabilis* no controle de *P. brachyurus*.

Cruz *et al*. (2020) avaliaram cinco espécies utilizadas como adubos verdes em monocultivos ou consorciados e observaram que *Crotalaria spectabilis* foi capaz de suprimir a população de *P. brachyurus* em soja (R=0,6) e aumentar sua produtividade, mostrando-se uma boa opção como safrinha ou segunda safra. Estudos mostram que *C. spectabilis* também para é resistente *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, sendo assim, em caso de campos de soja com infecções mistas, esta espécie também pode ser indicada para o manejo (Faveira, 2014; Ferreira, 2018; Oliveira; Asmus, 2018).

Por outro lado, o feijoeiro-de-porco e a mucuna-preta devem ser evitados em campos infestados por *P. brachyurus*, pois são suscetíveis a esse nematoide, segundo os resultados ora obtidos, em desacordo parcial com Santana-Gomes *et al*. (2019). Esses autores avaliaram a reprodução de *P. brachyurus* em seis coberturas de leguminosas, incluindo feijoeiro-de-porco e mucuna-preta, em dois experimentos em casa de vegetação. A densidade de *P. brachyurus* manteve-se constante (R=1,0) em um experimento e não foi detectável no outro (R=0,0) após 90 dias, em mucuna-preta. Nos mesmos experimentos, houve um aumento na população de *P. brachyurus* em feijoeiro-de-porco (R= 1,1 e 2,4). Considerando que o *P. brachyurus* foi capaz de se reproduzir em soja (R=8,7 e 11,9) nesses ensaios, indicando que os inóculos utilizados eram infectivos, talvez *P. brachyurus* não tenha conseguido aumentar populacionalmente em mucuna-preta e aumentou muito pouco em feijoeiro-de-porco devido à baixa aptidão do isolado de *P. brachyurus* utilizado nos ensaios de Santana-Gomes *et al*. (2019) em colonizar e

se reproduzir especificamente em feijoeiro-de-porco e mucuna-preta. Alternativamente, ao invés de aptidão reprodutiva pode-se utilizar o termo em inglês: “reproductive fitness” (Fernández et al., 2005).

Por outro lado, os resultados deste presente estudo em relação a mucuna-preta estão em completo desacordo com Vedoveto *et al*. (2013). Esses autores avaliaram o efeito de cinco plantas de cobertura precedendo à soja, na densidade de *P. brachyurus* e no crescimento da soja, comparando-as com o milho. Todas as plantas de cobertura reduziram a densidade de *P. brachyurus* nas raízes da soja, em comparação com o milho. No entanto, o crescimento da soja (altura da planta, massa da raiz e da parte aérea) foi afetado de forma diferente. A massa da raiz da soja foi maior após mucuna-preta e mistura de duas espécies de *Stylosanthes* (*S. capitata* Vog. e *S. macrocephala* Ferreira e Costa) do que após milho. No entanto, a massa da parte aérea da soja não foi afetada e a altura da soja diminuiu após a mistura de espécies de *Stylosanthes* em um experimento.

Santana-Gomes *et al*. (2018), compararam a reprodução de *P. brachyurus* em soja e em cinco espécies de adubos verdes, incluindo feijoeiro-de-porco, em dois sistemas de cultivo, consorciado e solteiro. Os resultados mostraram que todos os tratamentos reduziram o número de *P. brachyurus* nas raízes, no sistema solteiro. No entanto, comparando os dados entre os tratamentos, o feijoeiro-de-porco consorciado com a soja foi o que mais reduziu o número de nematoides, ao contrário do sistema de cultivo solteiro, que apresentou a maior densidade dessa população. Os dados obtidos neste último sistema são discordantes com o presente trabalho, pois em ambos os experimentos feijoeiro-de-porco permitiu maior reprodução de *P. brachyurus*.

O feijoeiro-de-porco é resistente tanto ao déficit hídrico quanto a temperaturas elevadas, portanto é indicado para a agricultura tropical. Além disso, tem sido utilizado para o controle da erosão, ervas daninhas e insetos (Lopéz, 2012). Quanto ao manejo de fitonematoides, a literatura diz ser promissor somente para algumas espécies. Gomes *et al*. (2010), testaram culturas de inverno e verão em condições de campo naturalmente infestadas com *Mesocriconema xenoplax* em Pelotas-RS, com base no fator de reprodução, e o feijoeiro-de–porco apresentou reação de resistência ao nematoide anelado com R = 0,35. Conforme o trabalho de Arim *et al*. (2006), o feijoeiro-de-porco também se comportou como resistente para *Pratylenchus zeae* (R = 0,8). Lopes *et al*. (2008) e Morillo e Silva (2015), ressaltam a importância do emprego conjunto de diferentes técnicas de manejo de nematoides como forma de potencializar o controle. No entanto, para *P. brachyurus* o feijoeiro-de-porco

comportou-se como suscetível no presente trabalho, resultando em redução da produção de soja.

Apesar da mucuna-preta ter favorecido a multiplicação de *P. brachyurus* em ambos os experimentos, é importante lembrar que tem se mostrado eficiente no controle de outros nematoides. Santana *et al.* (2012), verificaram que, em áreas de cultivos de alface naturalmente infestados com *M. incognita*, o efeito antagônico de mucuna-preta suprimiu em até 100% a densidade populacional do nematoide comparado a testemunha no segundo experimento. De acordo com os resultados obtidos por Rosa *et al*. (2013), mucuna-preta também é resistente a de *M. javanica*, pois apresentou baixos valores de reprodução (R = 0,65). Os estudos acima permitem inferir que em áreas com infecções mistas com ambos os nematoides citados, mucuna-preta pode ser indicada para o manejo. Arim *et al*. (2006), relata que a mucuna-preta também suprimiu a reprodução de *P. zeae* com FR de 0,9 sendo considerada não hospedeira.

As diferenças verificadas entre os presentes resultados e os da literatura podem ser atribuídos aos muitos parâmetros experimentais que podem afetar a reprodução do nematoide, como aptidão reprodutiva ("reproductive fitness") do isolado do nematoide, genótipo da planta, temperatura do solo e duração do período experimental (dias entre a inoculação do nematoide e a extração). Machado *et al*. (2007) avaliaram a reprodução de dois isolados de *P. brachyurus*: Pb20 de raízes de quiabo coletadas em Seropédica, Rio de Janeiro, e Pb24 de raízes de algodoeiro coletadas em Itiquira, Mato Grosso, em treze leguminosas de cobertura, em dois ensaios em vasos. O isolado Pb20 aumentou 1,7 vezes, 69 DAI; e o isolado Pb24 aumentou 7,2 vezes, 82 DAI. A baixa reprodução do Pb20 pode ter sido causada pela baixa aptidão reprodutiva do isolado à mucuna-preta ou à baixa infectividade do inóculo. Outra possibilidade seria a escassez de tempo para a reprodução do nematoide, pois o nematoide aumentou apenas 1,6 vezes na soja 'Pintado' após 69 dias, enquanto o Pb24 aumentou 6,1 vezes no mesmo hospedeiro após 82 dias.

No Brasil, não existem cultivares registradas de feijoeiro-de-porco e mucuna-preta, e somente uma de *C. spectabilis*: 'IAC-201-CS' (Registro Nacional de Cultivares, 2023). A bem da verdade, existem registros de cultivar 'Comum' tanto de feijoeiro-de-porco como mucuna-preta, mas é um artifício para designar material que não sofreu melhoramento genético de fato. O registro da cultivar 'IAC-201-CS' foi recente, em 19/10/2020, portanto a grande maioria dos testes com *C. spectabilis*, inclusive os deste trabalho, foi realizada com material sem identidade genética definida. Portanto, existe a possibilidade de algumas das

diferenças nas respostas encontradas para feijoeiro-de-porco e mucuna-preta serem causadas por diferenças nos genótipos dessas plantas. Havendo mais essa dúvida em relação à diversidade de feijoeiro-de-porco e mucuna-preta, que talvez se reflita na reação a *P. brachyurus*, é prudente não utilizar essas plantas no manejo de *P. brachyurus*. O contrário ocorre com *C. spectabilis*, cujos resultados têm sido sempre positivos no controle do nematoide.

6. CONCLUSÃO

O uso de *C. spectabilis* no controle de *P. brachyurus* é altamente recomendado Por outro lado, feijoeiro-de-porco e mucuna-preta são opções de elevado risco para o manejo de *P. brachyurus*.

REFERÊNCIAS

Abd, M. M. M. Plant-parasitic nematode threats to global food security. *Journal of Nematology*, v. 46, n. 130, p. 161, 2014.

Ambrosano, E. J., Wutke, E. B., Salgado, G. C., Rossi, F., Dias, F. L. F., Tavares, S., Otsuk, I. P. Caracterização de cultivares de *Mucuna* quanto a produtividade de fitomassa, extração de nutrientes e seus efeitos nos atributos do solo. *Cadernos de Agroecologia*, v. 11, n. 2, p. 02-10, 2016.

Arim, O. J., Waceke, J. W., Waudo, S. W., Kimenju, J. W. Effects of *Canavalia ensiformis* and *Mucuna pruriens* intercrops on *Pratylenchus zeae* damage and yield of maize in subsistence agriculture. *Plant and Soil*, v. 284, n. 1, p. 243-251, 2006.

Aguila, L. S. H., Vernetti JR., F.J., Ávila, A.F.; Leite, T.M., Soares, V.A., Vasques, S.R. *Época de Semeadura para a Cultura da soja: Produtividade em Áreas de Cultivo de Arroz Irrigado*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 11 p. (Circular Técnica, 201).

Allen, T., Bradley, C. A., Sisson, A. J., Byamukama, E. Chilvers, M. I., Coker, C. M., Collins, A. A., Damicone, J. P., Dorrance, A. E., Dufault, N. S., … Wrather, J. A. Soybean yield loss estimates due to diseases in the United States and Ontario, Canada, from 2010 to 2014. *Plant Health Progress*, v. 18, p. 19-27, 2017.

Almeida, F. A., Carvalho, R. M., Petter, F. A., Abade, C. L. P., Pereira, F. F., Leite, M. L. T. Reação de cultivares de soja ao nematoide das lesões radiculares. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 57, n. 4, p. 439-444, 2014.

Asmus G. L. *Histórico e perspectivas das fitonematoses no Cerrado (1192-2022)*. In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 31, 2013, Cuiabá, Abstracts. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologia, p. 17, 2013.

Asmus, G. L. Evolução da ocorrência de Rotylenchulus reniformis em Mato Grosso do Sul, durante o quinquênio 2001/2005. In: Reunião De Pesquisa Da Soja Da Região Central Do Brasil, *Resumos*... Londrina: Embrapa Soja, p. 221-222, 2005. (Embrapa Soja. Documentos, 257).

Asmus, G. L., Rodrigues, E., Isenberg, K. Danos em soja e algodão associados ao nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) em Mato Grosso do Sul. *Nematologia Brasileira*, v. 27, n. 1, p. 267, 2003.

Asmus, G.L. *Danos causados à cultura da soja por nematoides do gênero Meloidogyne*. In: Ferraz, L. C. C. B., Asmus, G. L.; Carneiro, R. G., Mazaffera, P., Silva, J. F. V. Relações parasito-hospedeiro nas meloidogynoses da soja. Londrina: Embrapa, p. 39-62, 2001.

Bacaxixi, P., Rodrigues, L. R., Brasil, E. P., Bueno, C. E. M. S., Ricardo, H. A., Epiphanio, P. D., Silva, D. P., Barros, B. M. C. Silva, T. F., Bosquê, G. G. A soja e seu desenvolvimento no melhoramento genético. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, v. 10, n. 20, p. 1-6 2011.

Bandara, A. Y., Weerasooriya, D. K., Bradley, C. A., Allen, T. W., Esker, P. D. Dissecting the economic impact of soybean diseases in the United States over two decades. *PLoS One*, v. 15, n. 4. p. 1-28, 2020. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231141

Bellé, C., Kuhn, P. R., Kaspary, T. E., Schmitt, J. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. *Agrarian*, v. 10, n. 36, p. 136-140, 2017.

Bettiol, W., Maffia, L. A., Castro, M. L. M. P. *Control biológico de enfermedades de plantas en Brasil*. In: Bettiol, W.; Rivera, M. C., Mondino, P. Montealegre, A., Jaime, R., Colmenárez, Y. C (Eds.). Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe. Montevideo, p. 91-137, 2014.

Black, R. J. *Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva*. In: Câmara, G. M. S. (Ed.). Soja: tecnologia de produção II. Piracicaba: ESALQ, p. 1-18, 2000.

Blanchart, E.; Villenave, C.; Viallatoux, A., Barthès, B. Long-term effect of a legume cover crop (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) on the communities of soil macrofauna and nematofauna, under maize cultivation, in southern Benin. *European Journal of Soil Biology*, 42 (Supplement 1), p. 136-S144, 2006.

Boerma, H. R., Hussey, R. S. Breeding plants for resistance to nematodes. *Journal of Nematology*, v. 24, n. 2, p. 242, 1992.

Bonfim Junior, M. F., Inomoto, M. M., Araújo Filho, J. V. D. Phytonematodes infesting common bean fields in Brazil, and pathogenicity tests with *Pratylenchus brachyurus*. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 88, p. 1-9, 2021. https://doi.org/10.1590/1808-1657000312020

Bortolini, G. L., Araújo, D., Zavislak, F., Junior, J. R., Krause, W. Controle de *Pratylenchus brachyurus* via tratamento de semente de soja. *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n. 17, 2013.

Brida, A. L. D., Correia, E. C. S. D. S., Wilcken, S. R. S. Suscetibilidade de cultivares de soja ao nematoide das lesões radiculares. *Summa phytopathologica*, v. 43, n. 3, p. 248-249, 2017.

Brito, L. F., Galvão, J. C. C., Giehl, J., Coelho, S. P., Campos, S. D. A., Barrella, T. P., Jesus, E. V. Decomposition of cover crop mulch and weed control under a no-till system for organic maize. *Bioscience Journal*, v. 35, n. 5, p. 1339-1348, 2019.

Buckles, D. Velvetbean: A “new” plant with a history. *Economic Botany*, v. 49, n. 1, p. 13-25, 1995.

Carrão-Panizzi, M. C.; Silva, J. B. Soja na alimentação humana: qualidade na produção de grãos com valor agregado. In: CONGRESO DE LA SOJA DEL MERCOSUR - MERCOSOJA, 5, 2011, Rosário. *Resumos.* Rosário: Asociacións de la Cadena de la Soja Argentina (ACSOJA), p. 1-3, 2011.

Carvalho, S. L. *Levantamento e controle biológico de Pratylenchus brachyurus na cultura do milho doce*. Dissertação (Mestrado em Olericultura) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2018.

Ceballos O., A. I., Aguirre Rivera, J. R., Osorio Arce, M. M., Peña Valdivia, C. *Velvet Bean (Mucuna pruriens var. utilis) a cover crop as bioherbicide to preserve the environmental services of soil*. Alvarez-Fernandez, R. (Ed.). Herbicides: Environmental Impact Studies and Management Approaches. BoD–Books on Demand, 2012.

Coe, H. S. Origin of the Georgia and Alabama Varieties of Velvet Bean 1. *Agronomy Journal*, v. 10, n. 4, 175-179, 1918.

Coelho, T. N., Martins, W. S., Miranda, F. F. R. Controle biológico no manejo de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes tratamentos na cultura da soja. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 9, n. 3, p. 274-278, 2021.

CONAB (2022) - Produção e balanço de oferta e demanda de grãos, safra 2022/2023, Brasília, Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos. Acesso em: 11/01/2023.

Cruz, T. T., Asmus, G. L., Garcia, R. A. *Crotalaria* species in succession to soybean for the management of *Pratylenchus brachyurus*. *Ciência Rural*, v. 50, n. 7, p. 1-8, 2020. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190645

Cunha, G. R., Barni, N. A., Haas, J. C., Maluf, J. R. T., Matzenauer, R., Pasinato, A., Pimentel, M. B. M., Pires, J. L. F. Zoneamento agrícola e época de semeadura para soja no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 9, n. 3, p. 446-459, 2001.

Debiasi, H., Franchini, J. C., Dias, W. P., Ramos Junior, E. U., Balbinot Junior A. A. Práticas culturas na entressafra da soja para o controle de *Pratylenchus brachyurus*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 10, p. 1720-1728, 2016. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001000003

Dias, W. P., Silva, J. F. V., Garcia, A., Carneiro, G. E. S. *Nematoides em soja: identificação e controle*. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 8p. (Circular Técnica, 76).

Dias-Arieira, C. R., Marini, P. M., Fontana, L. F., Roldi, M., Silva, T. R. B. Efeito de Azospirillum brasilense, Stimulate® e fosfito de potássio no controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja e milho. *Nematropica*, v. 42, n. 1, p. 170 - 175, 2012.

Domingues, M. S. D., Bermann, C., Manfredini, S. A produção de soja no Brasil e sua relação com o desmatamento na Amazônia. *Revista Presença Geográfica*, v. 1, n. 1, p. 32-47, 2014.

Endo B. Y. Responses of root-lesion nematodes, *Pratylenchus brachyurus* and *P. zeae*, to various plants and soil types. *Phytopathology*, v. 49, p. 417-421, 1959.

Espindola, J. A. A., Guerra, J. G. M., De-Polli, D., Almeida, D. L., Abboud, A. C. S. *Adubação verde com leguminosas*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

FAO. FAOSTAT. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. 2020. Acesso em: 04/12/2022.

Farias, J. R. B., Nepomuceno, A. L., Neumaier, N. *Ecofisiologia da soja*. Londrina: Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Circular Técnica, 48, 2007.

Faveira, D. D. *Plantas de cobertura, cultivares e nematicidas no manejo de Meloidogyne javanica e Pratylenchus brachyurus.* Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), 2014.

Favoreto, L., Meyer, M. C., Dias-Arieira, C. R., Machado, A. C. Z., Santiago, D. C., Ribeiro, N. R. Diagnose e manejo de fitonematoides na cultura da soja. Informe *Agropecuário*, v. 40, n. 306, p. 18-29, 2019.

Fernández, V. H., Barbarroja, J., Jiménez-Díaz, R. M., Castillo, P. Reproductive fitness of *Meloidogyne artiellia* on chickpea and durum wheat. *Nematology*, v. 7, n. 2, p. 243-247, 2005.

Ferraz, C. A., Cia, E., Sabino, N. P. Efeito da mucuna e amendoim em rotação com algodoeiro. *Bragantia*, v. 36, n. 1, p. 1-9, 1977. https://doi.org/10.1590/S0006-87051977000100001

Ferraz, L. C. C. B.; Brown, D. J. F. *Nematologia de plantas: fundamentos e importância*. Manaus: Norma Editora, 2016.

Ferraz, S., Freitas, L. G. O controle de fitonematoides por plantas antagonistas e produtos naturais. Viçosa-UFV, p. 1-17. Disponível em: < http://www.ifc-camboriu.edu.br/~wilson/LPPO-Agroecologia/Artigocontroledenematoidespor%20plantas.pdf> Acesso em: 10/01/2022.

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

Ferreira, P. S. *Plantas de cobertura no controle de Meloidogyne incognita e Meloidogyne javanica*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG), 2018.

Fietz, C. R.; Rangel, M. A. S. Época de semeadura da soja para a região de Dourados-MS, com base na deficiência hídrica e no fotoperíodo. *Engenharia Agrícola*, v. 28, n. 4, p. 666-672, 2008.

Figueroa, A.; Molina, M.E., Pérez, L. Cultivos alternos para controlar nematodos en renovación de plantaciones bananeras. *Asbana-corbana*, v. 14, p. 19-26, 1990.

Franchini, J.C., Debiasi, H., Dias, W. P., Ramos Junior, E.U.; Silva, J.F.V. Perda de produtividade da soja em área infestada por nematoide das lesões radiculares na região médio norte do Mato Grosso. *Agricultura de Precisão*, v. 24, n. 2, p. 274-278, 2014.

Furtado, R. C. N. *Uso de plantas de cobertura para controle de Pratylenchus brachyurus em sucessão com soja*. Dissertação (Mestrado em Ciências – Fitopatologia) - Universidade de São Paulo, 2018.

Godfrey, G. H. et al. A destructive root disease of pineapples and other plants due to *Tylenchus brachyurus* n. sp. *Phytopathology*, v. 19, p. 611-629, 1929.

Gomes, C. B., Carvalho, F. L. C., Casagrande Júnior, J. G., Radmann, E. B. Avaliação do potencial de coberturas verdes e de sistemas de rotações de cultura na supressão do nematoide anelado (*Mesocriconema xenoplax*) em pré-plantio ao pessegueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, n. 1, p. 074-081, 2010.

Goulart, A. M. C. *Aspectos gerais sobre nematoides-das-lesões-radiculares (*gênero *Pratylenchus*). Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008, p.30. (Documentos, 219).

Hirakuri, M. H., Lazzarotto, J. J. *O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro*. Londrina: Embrapa soja, n. 349, 2014.

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*, v. 45, n. 2, p. 243-250, 2017.

Hymowitz, T. On the domestication of the soybean. *Econ Bot*, 24, 408–421, 1970.

Inomoto, M. M. Importância do manejo de *Pratylenchus brachyurus*, como manejar nematóides em soja. *Revista Plantio Direto*, v. 108, p. 4-9, 2009.

Inomoto, M. M. *Manejo cultural de nematoides*. In: Galbieri, R., Belot, J. L. (Eds.). Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle. Cuiabá (MT), p. 257–286, 2016.

Inomoto, M. M., Motta, L. C. C., Beluti, D. B., Machado, A. C. Z. Host status of six green manures to *Meloidogyne javanica* and *Pratylenchus brachyurus*. *Nematologia Brasileira*, v. 30, n. 1, p. 39-44, 2006.

Inomoto, M. M., Silva, R. A., Pimentel, J. P. Patogenicidade de *Pratylenchus brachyurus* e *P. coffeae* em quiabeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v. 29 p. 551-554, 2004. https://doi.org/10.1590/S0100-41582004000500015 13

Izidoro Jr, A., Silva, E. J., Tarini, G., Bordin, J. C., Silva, B. A., Ambrosano, L., Dias-Arieira, C. R. Aqueous extract of castor bean seed cake for the control of *Pratylenchus brachyurus* in soybean. *Nematropica*, v. 51, n. 1, p. 1-8, 2021.

Jenkins, W. R. A rapid centrifugl-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Diseases Report*, Washington, v. 40, p. 692, 1964.

Juhász, A. C. P., Pádua, G. P., Wruck, D. S. M.; Favoreto, L., Ribeiro, N. R. Desafios fitossanitários para a produção de soja. *Defesa Vegetal e Sustentabilidade do Agronegócio*, v. 34, n. 276, p. 66-75, 2013.

Kirsch, V. G. *Fitonematoides na cultura da soja: levantamento, caracterização de espécies e reação de cultivares a Meloidogyne* spp.. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen (RS), 2016.

Kubo, R. K., Oliveira, C. M. G., Antedomênico, S. R., Monteiro, A. R., Ferraz, L. C. C. B., Inomoto, M. M. (2004). Occurrence of F in coffee plantations of São Paulo State. *Nematologia Brasileira*, v. 28, p. 159-165.

Lima Filho, O. F., Ambrosano, E. J., Rossi, F. Carlos, J. A. D. *Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática*. Brasília: Embrapa, 2014.

Lima-Medina, I., Gomes, C. B., Gonzaga, V. Caracterização de espécies do nematoide-das-lesões em batata na região sul do Brasil e reação de genótipos a *Pratylenchus brachyurus*. *Nematropica*, v. 44, p. 101-106, 2014.

Loof, P. A. A. *The Family Pratylenchidae Thorne*, 1949. In: NICKLE, W.R. (Ed.). Manual of Agricultural Nematology. Marcel Dekker, New York, p. 363-421, 1991.

Lopes, E. A., Ferraz, S., Ferreira, P. A., Freitas, L. G., Gardiano, C. G., Dhingra, O. D., Dallemole-Giaretta, R. Efeito da incorporação da parte aérea de quatro espécies vegetais sobre *Meloidogyne javanica*. *Nematologia Brasileira*, v. 32, n. 1, p. 76-80, 2008.

López, R. E. D. *Canavalia ensiformis* (L) DC (Fabaceae). *Revista Fitos*, v. 7, n. 3, p. 146-154, 2012.

Machado, A. C. Z. Current nematode threats to Brazilian agriculture. *Current Agricultural Science and Technology*, v. 20, n. 1, p. 26-35, 2014.

Machado, A. C., Araújo Filho, J. V. Broad-sense heritability and variance component estimates for *Pratylenchus brachyurus* resistance in Brazilian soybean genotypes. *Tropical Plant Pathology*, v. 41, n. 6, p. 390-396, 2016.

Machado, A. C.; Ferraz, L. C. C. B., Oliveira, C. M. G. Development of a species-specific reverse primer for the molecular diagnosis of *Pratylenchus brachyurus*. *Nematropica*, v. 37, p. 248-257, 2007.

Machado, A. C., Motta, L. C., Siqueira, K. M., Ferraz, L. C. C. B., Inomoto, M. M. Host status of green manures for two isolates of *Pratylenchus brachyurus* in Brazil. *Nematology*, v. 9, p. 799-805, 2007. https://doi.org/10.1163/156854107782331153

Mainardi, J. T., Asmus, G. L. Danos e potencial reprodutivo de *Pratylenchus brachyurus* em cinco espécies vegetais. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 2, n. 4, p. 38-47, 2015.

Mascarenhas, H. A. A.; Tanaka, R. T.; Wutke, E. B.; Kikuti, H. Nitrogênio: a soja aduba a lavoura da cana. *O Agronômico*, v. 1, n. 57, p. 12-13, 2005.

McSorley, R. Adaptations of nematodes to environment extremes. *The Florida Entomologist*, v. 86, n. 2, p. 138-142, 2003.

Meyer, M. C., Favoreto, L., Klepker, D., Marcelino-Guimarães, F. C. Soybean green stem and foliar retention syndrome caused by *Aphelenchoides besseyi*. *Tropical Plant Pathology*, v. 42, n. 5, p. 403-409, 2017.

Morillo, S. R. C., Silva, G. S. D. Efeito antagônico de feijão-de-porco sobre *Meloidogyne enterolobii* em tomateiro. *Summa Phytopathologica*, v. 32, n. 1 305-310, 2015.

Motta, L. C. C., Machado, A. C. Z; Inomoto, M. M. Opções de adubos verdes para utilização em algodoais infestados por *Pratylenchus brachyurus*. In: *Congresso Brasileiro De Algodão*. 2005.

Müller, L. *Taxonomia e morfologia*. In: Miyasaka, S.; Medina, J. C. A soja no Brasil. 1 ed. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p. 65-104, 1981.

Neves, D. L., Ribeiro, L. M., Dias-Arieira, C. R., Campos, H. D., Ribeiro, G. C. Sobrevivência de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes substratos com baixo teor de umidade. *Nematropica*, v. 42, n. 2, p. 211 - 217, 2012.

Niz, A. I. S., Pereira, W. D. L., Ávalos, D. F. L., Pérez, A. S. M., Oviedo, M. O. D. S., López, E. M. Performance of varieties of green manure in conventionally used soil. *African Journal of Agricultural Research*, v. 13, n. 36, p. 1874-1879, 2018.

Noronha, M. D. A., Muniz, M. D. F. S., Cruz, M. D. M., Assunção, M. C., Castro, J. M. D. C., Oliveira, E. R. L. D., Miranda, C. G. S., Machado, A. C. Z. *Meloidogyne* and *Pratylenchus* species in sugarcane fields in the state of Alagoas, Brazil. *Ciência Rural*, v. 47, p. 1-3, 2017. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151402

Oka, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments—a review. *Applied Soil Ecology*, v. 44, n. 2, p. 101-115, 2010.

Oliveira, C. S., Asmus, G. L. Reação de cultivares de sorgo sacarino a *Meloidogyne javanica*, *Rotylenchulus reniformis* e *Pratylenchus brachyurus*. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 5, n. 4, p. 68-74, 2018.

Oliveira, K. C. L. D., Meneses, A. C. D., Silva, J. M., Tavares, R. L. C. Biological management of *Pratylenchus brachyurus* in soybean crops. *Revista Caatinga*, v. 32, n. 1, p. 41-51, 2019.

Oostenbrink, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. *Mededelingen Landbouwhogeschool*, v. 66, n. 4, p. 1-46, 1966.

Perry, R. N., Moens, M. *Plant Nematology*. CABI, 2006.

Pinto, R. S., Botelho F. M., Botelho S. C. C., Angeli, A. M. Qualidade de grãos de soja em diferentes épocas de colheita. *Nativa*, v. 5, n. esp. p. 463-470, 2017.

Registro Nacional de Cultivares. Ministério da Agricultura (RNC), Pecuária e Abastecimento. Disponível em: < https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 02/02/2023.

Ribeiro, L. M., Campos, H. D., Neves, D. L., Dias-Arieira, C. R. Survival of *Pratylenchus brachyurus* under dry soil conditions. *Heliyon*, v. 6, n. 9, 2020. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05075

Rocha, R. S.; Silva, J. A. L.; Neves, J. A.; Sediyama, T.; Teixeira, R. C. Desempenho agronômico de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 1, p. 154-162, 2012.

Rosa, J. M., Westerich, J. N., Wilcken, S. R. S. Reprodução de *Meloidogyne javanica* em olerícolas e em plantas utilizadas na adubação verde. *Tropical Plant Pathology*, v. 38, n. 2 p. 133-141, 2013.

Rubido, M. G., Espinosa, R. R., Hernandez, Y. C., Aguiar, Y.A., Cabrera, J. R. Respuesta de *Canavalia ensiformis* (L.) a la inoculación con diferentes cepas de hongo micorrízico arbuscular en un suelo FARL. *Cultivos Tropicales*, v. 38, n. 1, p. 7-12, 2017.

Saeed, M., Roessner, J. Anhydrobiosis in five species of plant associated nematodes. *Journal of Nematology*, v. 16, n. 2, p. 119-124, 1984.

Sakai. R. H., Silva, P. H., Ambrosano, E. J., Mendes, P. C. D., Rossi, F., Guirado, N., Ambrosano, G. M. B., Arévalo, R. A., Cantarella, H., Rossetto, R., Arcaro Junior, I., Silva, A. M. C., Mota, B., Farias, G. B., Godoy, A. P. B., Menuzzo, M. M. Avaliação agronômica de quatro espécies de mucuna utilizadas como adubos verdes em sistema agroecológico. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 2, n. 1, p. 1-4, 2007.

Santana, S. D. M., Dias-Arieira, C. R., Biela, F., Loeiro, T. P. C., Chiamolera, F. M., Roldi, M., Frederico, V. H. A. Plantas antagonistas no manejo de *Meloidogyne incognita*, em solo arenoso de área de cultivo de olerícolas. *Nematropica*, v. 42, n. 2, p. 287-294, 2012.

Santana-Gomes, S. D. M., Dias-Arieira, C. R., Ferreira, J. C. A., Schwengber, R. P., Baldisera, S. S. Reproduction of *Pratylenchus zeae* and *P. brachyurus* in cover crops. *Revista Caatinga*, v. 32, n. 2, p. 295-301, 2019. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151402

Santana-Gomes, S. D. M., Dias-Arieira, C. R., Cardoso, M. R., Puerari, H. H., Schwengber, R. P., Baldisera, S. S. *Pratylenchus zeae* and *P. brachyurus* reproduction in green manure maize/soybean consortium systems. *Journal of Phytopathology*, v. 166, n. 11-12, p. 775-781, 2018.

Santos, A.L.F. *Caracteres fisiológicos, bioquímicos e produtivos da soja sob aplicação de biofertilizantes em diferentes estádios de desenvolvimento*. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu (SP), 2020.

Scott, J. M. *The velvet bean*. University of Florida Agricultural Experiment Station, Bulletin, v. 102, n. 9, p. 1919, 1910.

Sharma, R. D., Pereira, J.; Resck, D. V. S. *Eficiência de adubos verdes no controle de nematóides associados à soja nos cerrados*. EMBRAPA-CPATU, p. 30, 1982.

Silva, J. P. S., Araújo, L. D. T., Amorim, R. N., Ballaris, A. L. Extrato de erva-de-santa-maria (*Chenopodium ambrosioides* L.) no controle alternativo de nematóides das galhas na soja. *Unifunec Científica Multidisciplinar*, v. 9, n. 11, p. 1-10, 2020.

Soares, P. L. M., Nascimento, D. D. *Integrated nematode management of root lesion and root-knot nematodes in soybean in Brazil*. Sikora, R. A., Desaeger, J., Molendijk, L. (Eds.), Integrated Nematode Management: State-of-the-art and Visions for the Future, CABI, UK p. 103-110, 2021.

Soares, R. M., Maringoni, A. C., Lima, G. P. P. Ineficiência de acibenzolar-S-methyl na indução de resistência de feijoeiro comum à murcha-de-Curtobacterium. *Fitopatologia Brasileira*, v. 29, n. 4, p. 373-377, 2004.

Sousa, D. C., Medeiros, J. C., Lacerda, J. D. J., Rosa, J. D., Boechat, C. L., Sousa, M. D. N. G., Mafra, Á. L. Dry mass accumulation, nutrients and decomposition of cover plants. *Journal of Agricultural Science*, v. 11, n. 5, p. 152-160, 2019.

Teodoro, R. B., Oliveira, F. L. D., Silva, D. M. N. D., Fávero, C., Quaresma, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v. 35, n. 2, p. 635-640, 2011.

Vilela, L., Martha Junior, G. B., Macedo, M. C. M., Marchão, R. L, Guimarães Júnior, R., Pulrolnik, K., Maciel, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1127–1138, 2011.

Watson, J. R. *Bunch velvet beans to control root-knot*. Gainsmeville: University of Florida Agricultural Experiment Station, p. 55-59, 1922. (Bulletin 163).

Weiler, D. A., Giacomini, S. J., Aita, C., Schmatz, R., Pilecco, G. E., Chaves, B., Bastos, L. M. Summer cover crops shoot decomposition and nitrogen release in a no-tilled sandy soil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 43, p. 1-12, 2019.

Wendimu, G. Y. Cyst nematode (*Heterodera glycines*) problems in soybean (*Glycine max* L.) crops and its management. *Advances in Agriculture*, v. 2022, p. 1-12, 2022. https://doi.org/10.1155/2022/7816951

Wilkes, J., Saski, C., Klepadlo, M., Fallen, B., Agudelo, P. Quantitative trait loci associated with *Rotylenchulus reniformis* host suitability in soybean. *Phytopathology*, v. 110, n. 9, p. 1511-1521, 2020.

Wise, K. A., Sisson, A. J., Smith, D. L., Sikora, E. J., Bradley, C., Robertson, A. A *Farmer's guide to soybean diseases*. Mueller, D. S (Ed.). St. Paul, MN: American Phytopathological Society, p. 5-21, 2016.