

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**Edicarla Trentin**

**SUPRESSÃO DO NEMATOIDE *Pratylenchus brachyurus* E ESTÍMULO  
AO CRESCIMENTO DA SOJA POR FUNGO MICORRÍZICO  
ARBUSCULAR**

**Santa Maria, RS**

**2016**

**Edicarla Trentin**

**SUPRESSÃO DO NEMATOIDE *Pratylenchus brachyurus* E ESTÍMULO AO  
CRESCIMENTO DA SOJA POR FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, linha de pesquisa: Organismos do solo e insumos biológicos à agricultura da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência do Solo**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Zaida Inês Antonioli**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2016**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Trentin, Edicarla  
SUPRESSÃO DO NEMATOIDE *Pratylenchus brachyurus* E  
ESTÍMULO AO CRESCIMENTO DA SOJA POR FUNGO MICORRÍZICO  
ARBUSCULAR / Edicarla Trentin.-2016.  
65 p.; 30cm

Orientador: Zaida Inês Antonioli  
Coorientador: Rodrigo Josemar Seminoti Jacques  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-  
Graduação em Ciência do Solo, RS, 2016

1. *Glycine max* (L.) Merrill 2. *Rhizophagus clarus* 3.  
Colonização micorrízica 4. Nematoides das lesões  
radiculares 5. Proteção de plantas I. Antonioli, Zaida  
Inês II. Jacques, Rodrigo Josemar Seminoti III. Título.

---

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Edicarla Trentin. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: edicarla\_15@yahoo.com.br

---

**Edicarla Trentin**

**SUPRESSÃO DO NEMATOIDE *Pratylenchus brachyurus* E ESTÍMULO AO  
CRESCIMENTO DA SOJA POR FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, linha de pesquisa: Organismos do solo e insumos biológicos à agricultura da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência do Solo**

Aprovado em 11 de fevereiro de 2016:

---

**Zaida Inês Antonioli, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>.** (UFSM)  
(Presidente/Orientadora)

---

**Ricardo Bemfica Steffen, Dr.** (UFSM)

---

**Caroline Borges Bevilacqua, Dr.** (UFSM)

Santa Maria, RS  
2016

*Dedico este trabalho a minha família, aos meus pais Gilberto e Luizinha Trentin pelo exemplo de vida, por seus ensinamentos, amor e apoio incondicionais em todos os momentos da minha vida. E as minhas irmãs Gracieli e Fernanda pela presença, amizade, companheirismo e apoio durante o percorrer dos caminhos.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e luz durante o percorrer dos caminhos. Agradeço pela oportunidade, pelos novos momentos vividos e aprendizado com cada um deles.

Aos meus pais, Gilberto e Luizinha Trentin, pelo exemplo de caráter, honestidade, família, amor e ensinamentos transmitidos durante toda minha vida.

As minhas irmãs Gracieli e Fernanda, pela amizade, companheirismo, apoio e presença em todos os momentos da minha vida, bons ou ruins.

A minha orientadora Professora Dr. Zaida Inês Antonioli, pelos ensinamentos transmitidos, paciência, amizade, dedicação, bondade e auxílio desde minha iniciação científica até o final do mestrado.

Ao meu co-orientador Professor Dr. Rodrigo Jacques, que também me acompanha desde o início de minha jornada acadêmica. Muito obrigada pela dedicação, paciência, amizade, ensinamentos e auxílio em todos os momentos.

As minhas amigas do coração Deise Cagliari e Andrisa Balbinot, muito obrigada pela amizade verdadeira, por sempre estar presente mesmo distantes.

Aos colegas do Laboratório de Biologia e Microbiologia do solo Juliane Schmitt, Valéria Portela, Valdemir Bittencourt, Anderson Moro, Eduardo Friedrich, Willian Santos, Caroline Rabuscke, Daiane Dalla Nora, Manuelli Lupatini, Daiana Bortoluzzi, Daniel Pazzini, Natielo Santana, Talita Ferreira, Antonio Bassaco, Hazael Almeida, Joice Freiberg, Nariane de Andrade e Mirian Barbieri, obrigada pela amizade, companheirismo, aprendizado e por toda a ajuda durante a realização do meu trabalho e nas disciplinas no decorrer destes anos.

A banca de defesa, agradeço por aceitarem o convite, bem como pela leitura, críticas e sugestões feitas ao texto da dissertação.

A CAPES, pela concessão de bolsa de estudos durante o mestrado.

Aos professores e funcionários da UFSM, que contribuíram de uma forma ou outra para minha formação.

Em especial aos amigos e colegas que conheci durante o mestrado, por me aguentarem e apoiaram durante este período, pela amizade e momentos compartilhados.

Enfim, a todas as pessoas que me acompanharam e vivenciaram essa jornada comigo, me auxiliando nesse trabalho, até mesmo em pensamentos positivos.

Meu muito obrigada por tudo!

*“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.”*

(Leonardo da Vinci)

## RESUMO

### SUPRESSÃO DO NEMATOIDE *Pratylenchus brachyurus* E ESTÍMULO AO CRESCIMENTO DA SOJA POR FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR

AUTORA: EDICARLA TRENTIN

ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. ZAIDA INÊS ANTONIOLLI

A expansão das áreas de produção e o sistema de monocultivo da soja resultam no aumento da aplicação de fertilizantes e agrotóxicos, e na intensificação de alguns problemas fitossanitários, como os danos causados pelos fitonematoides. Os fungos micorrízicos arbusculares podem contribuir para aumentar o crescimento das plantas e reduzir os problemas causados pelos nematoides na cultura da soja. O objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* no crescimento das plantas de soja e na supressão do nematoide *Pratylenchus brachyurus*. Dois ensaios foram conduzidos em casa de vegetação. No primeiro ensaio foi avaliado o crescimento da soja na presença e na ausência do fungo micorrízico *R. clarus*. No segundo ensaio foi avaliado os danos causados pelo nematoide *P. brachyurus* na cultura da soja cultivada na presença e na ausência do *R. clarus*. No período de florescimento da soja avaliou-se a altura, o diâmetro de colmo, a fitomassa da parte aérea e radicular, a nodulação, o índice relativo de clorofila, o teor de nutrientes do tecido vegetal, o número de *P. brachyurus* no solo e penetrados no sistema radicular, o fator de reprodução dos nematoides, o número de esporos fúngicos no solo e a colonização micorrízica das raízes. Os resultados demonstraram que a micorrização aumentou o crescimento, a nodulação e a absorção de nutrientes das plantas de soja, cultivadas em solo com ou sem o nematoide. A colonização micorrízica reduziu a penetração do *P. brachyurus* nas raízes da soja, apesar do maior número de nematoides no solo. A presença do nematoide influenciou a colonização micorrízica das plantas de soja. A adoção de práticas de manejo sustentáveis que favoreçam as populações de FMAs no solo, pode ser uma estratégia para o aumento e/ou manutenção da produtividade das lavouras e redução dos danos causado pelo *P. brachyurus*.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.) Merrill. *Rhizophagus clarus*. Colonização micorrízica. Nematoides das lesões radiculares. Proteção de plantas.



## ABSTRACT

### SUPPRESSION OF NEMATODE *Pratylenchus brachyurus* AND STIMULUS TO SOYBEAN GROWTH BY ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGUS

AUTHOR: EDICARLA TRENTIN

ADVISOR: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. ZAIDA INÊS ANTONIOLLI

The production expansion areas of soybean monoculture system result in increased fertilizers and pesticides application, and the intensification of some phytosanitary problems such as the damage caused by plant-parasitic nematodes. The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) increase plant growth and reduce the problems caused by nematodes in soybean. The objective of this work was to study the effect of arbuscular mycorrhizal fungi *Rhizophagus clarus* in the growth of soybean plants and the nematode *Pratylenchus brachyurus* suppression. Two trials were conducted in a greenhouse. In the first experiment evaluated the growth of soybeans in the presence and absence of the mycorrhizal fungus *R. clarus*. In the second trial was carry out the damage caused by the *P. brachyurus* in soybean grown in the presence and absence of *R. clarus*. In soybean flowering period evaluated the height, stem diameter, the dry matter of root and shoot, nodulation, the relative chlorophyll index, the nutrient content of the plant tissue, the number of the nematode in soil and penetrated to the root system, the reproduction factor of the nematode, the number of fungal spores in the soil and mycorrhizal colonization of roots. The results showed that mycorrhiza increased the growth, nodulation and nutrient uptake of soybean plants grown in soil with or without nematode. The mycorrhizal colonization reduced the penetration of the nematode in soybean roots, despite the greater number of nematodes in the soil. The presence of the nematode influenced mycorrhizal colonization of soybean plants. The use of sustainable management practices that favor the populations of AMF in the soil, can be a strategy for increasing and/or maintaining crop yields and reducing the affect caused by the *P. brachyurus*.

**Keywords:** *Glycine max* (L) Merrill. *Rhizophagus clarus*. Mycorrhizal colonization. Nematodes of root lesions. Plant protection.

## LISTA DE FIGURAS

### INTRODUÇÃO

Figura 1- Esquema do trabalho realizado visando a observação do efeito da inoculação do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* em plantas de soja e sobre nematoide *Pratylenchus brachyurus*. Santa Maria, 2016.....17

### ARTIGO

Figura 1- Fitomassa seca da parte aérea e do sistema radicular (a), altura das plantas e diâmetro do colmo (b) por planta de soja, cultivadas em casa de vegetação na presença (+FMA) e na ausência (-FMA) do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* e avaliadas no período de florescimento da cultura.....61

Figura 2 - Número e massa de nódulos (a), índice relativo de clorofila (b) das plantas de soja, cultivadas em casa de vegetação, na presença (+FMA) e na ausência (-FMA) do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* e avaliadas no período de florescimento da cultura.....62

Figura 3 - Fitomassa seca da parte aérea e sistema radicular (a), altura e diâmetro de colmo (b) por planta de soja, cultivadas em casa de vegetação em solo com o nematoide *Pratylenchus brachyurus*, na presença (+FMA) e na ausência (-FMA) do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* e avaliadas no período de florescimento da cultura.....63

Figura 4- Número e massa seco de nódulos (a) e, índice relativo de clorofila (b) das plantas de soja, cultivadas em casa de vegetação em solo com o nematoide *Pratylenchus brachyurus*, na presença (+FMA) e na ausência (-FMA) do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* e avaliadas no período de florescimento da cultura.....64

## LISTA DE QUADROS

### INTRODUÇÃO

Quadro 1- Trabalhos de pesquisa sobre a interação entre fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e nematoides do gênero <i>Pratylenchus</i> , colonizando diferentes espécies vegetais.....	28
--	----

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO

- Tabela 1- Concentração e acumulação de nutrientes na parte aérea por planta de soja, cultivada em casa de vegetação na presença e na ausência do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Rhizophagus clarus* e avaliadas no período de florescimento da cultura.....58
- Tabela 2 - Número de nematoides presentes em 100 g de solo, fator de reprodução (FR) e o número de nematoides penetrados nas raízes de plantas de soja, cultivada em casa de vegetação, com o nematoide *Pratylenchus brachyurus* e, na presença e ausência do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* e avaliadas no período de florescimento da cultura.....59
- Tabela 3- Concentração e acumulação de nutrientes na parte aérea por planta de soja, cultivadas em casa de vegetação na presença do nematoide *Pratylenchus brachyurus*, avaliadas no período de florescimento da cultura.....60

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
2.1 CULTURA DA SOJA.....	18
2.2 PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS DA CULTURA DA SOJA .....	19
2.3 O NEMATOIDE DAS LESÕES RADICULARES - <i>Pratylenchus brachyurus</i> .....	20
2.4 CONTROLE .....	22
2.5 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES.....	22
2.6 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES X PLANTAS DE SOJA .....	24
2.7 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES X NEMATOIDES .....	25
<b>3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>30</b>
<b>4 ARTIGO .....</b>	<b>38</b>
SUPRESSÃO DO NEMATOIDE <i>Pratylenchus brachyurus</i> E ESTÍMULO AO CRESCIMENTO DA SOJA POR FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR.....	38
RESUMO .....	38
ABSTRACT.....	39
4.1 INTRODUÇÃO .....	39
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	41
4.2.1 Solo .....	41
4.2.2 Material biológico .....	42
4.2.3 Condução do Experimento .....	42
4.2.4 Análises .....	43
4.2.5 Análise Estatística .....	44
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	44
4.3.1 Ensaio I: Crescimento da soja na presença do fungo micorrízico.....	44
4.3.2 Ensaio II: Supressão do nematoide <i>Pratylenchus brachyurus</i> pelo fungo micorrízico.....	47
4.4 CONCLUSÕES.....	50
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja, *Glycine max* L. Merrill, é a principal cultura agrícola do Brasil. O país ocupa a posição de segundo maior produtor e exportador mundial de soja, subsequente aos EUA (FIESP, 2015), com uma produção de 96,2 milhões de toneladas na safra de 2014/2015 (CONAB, 2015). O cultivo da soja é, em sua maioria, desenvolvido em extensas áreas agrícolas, sendo adotado principalmente o sistema de monocultivo. Além disso, o manejo da soja está essencialmente baseado na aplicação de altas quantidades de fertilizantes e agrotóxicos (BALSAN, 2006; BELO et al., 2012), elevando os custos de produção e riscos de degradação ambiental.

Uma das principais consequências deste manejo é a redução da biodiversidade do solo. A monocultura favorece o domínio de determinados organismos em detrimento a outros, devido a pequena variedade de recursos alimentares e a baixa disponibilidade de abrigo (BARETTA et al., 2011). A aplicação massiva de fertilizantes e agrotóxicos reduz de forma quanti e qualitativa a comunidade de microrganismos do solo (BRESOLIN et al., 2010). Estas práticas causam grande prejuízo à sustentabilidade, à qualidade do solo e à produtividade das culturas, pois os microrganismos do solo desempenham funções fundamentais no sistema agrícola de produção (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; MERILES et al., 2009).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) estão entre os microrganismos de grande importância para o sistema produtivo, sendo sensíveis às práticas de preparo e manejo do solo (OEHL et al. 2003; OEHL et al. 2010). Estes fungos estabelecem uma associação simbiótica mutualística com as raízes de plantas terrestres, aumentando sua capacidade de absorver água e nutrientes do solo, e em contrapartida as plantas fornecem compostos fotoassimilados para o crescimento e manutenção dos fungos (SMITH; READ, 2008). A presença de uma população elevada de FMAs no solo pode estimular o crescimento e o desenvolvimento das plantas, possibilitar a redução da aplicação de fertilizantes e outros insumos de origem industrial. Desta forma, o aumento das populações de FMAs pode representar uma estratégia para o aumento da produtividade e sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas (GIANINAZZI et al. 2010).

Além disso, a presença de FMAs estimula os mecanismos de tolerância das plantas aos estresses causados por fatores abióticos e bióticos (WHIPPS, 2000; VOS et al., 2012a). Dentre os fatores bióticos que vêm recebendo papel de destaque na agricultura brasileira nos últimos anos está o ataque por nematoides (ALVES et al., 2011; MARRO et al., 2014). Estes

organismos podem provocar perdas de até 100% na produtividade das lavouras, de acordo com a intensidade de infestação da área de cultivo (MACHADO, 2015). Entre as espécies de nematoides relevantes para a cultura da soja no Brasil, o gênero *Pratylenchus* é considerado o segundo grupo de maior importância, depois dos nematoides do gênero *Meloidogyne* Goeldi, 1887 (LORDELLO, 1988; TIHOHOD, 1993; FERRAZ, 2006).

O manejo e controle do *P. brachyurus* é bastante complexo por ser uma espécie de ampla distribuição geográfica, de hábito migratório, com alto grau de polifagia e agressividade, e por apresentar ação patogênica pronunciada em diversas culturas de interesse agrônomico (FERRAZ, 2006). A escassez de cultivares de soja resistentes e o elevado custo econômico, toxicidade e baixa eficiência dos nematicidas existentes no mercado dificultam o controle desse parasita (GOULART, 2008). Além disso, este nematoide apresenta capacidade de sobrevivência nos resíduos culturais e/ou parasitando diversas espécies de plantas daninhas (INOMOTO, 2008). Nesse sentido, pesquisas envolvendo práticas de manejo alternativas para a supressão dos nematoides nas lavouras têm sido intensificadas e dentre essas, a interação com fungos micorrízicos arbusculares (HOL; COOK, 2005; VOS et al., 2012a).

Os estudos envolvendo a utilização de FMAs como antagonistas ao ataque de nematoides da espécie *P. brachyurus* são muito escassos para a cultura da soja. Ao nosso conhecimento, no Brasil, há relato de um trabalho de conclusão de curso de Licenciatura em Ciências Naturais, da Universidade de Brasília, avaliando o efeito de FMAs em lavouras de soja e algodão do Cerrado com ocorrência de nematoides do gênero *Pratylenchus* (ALENCAR, 2013). Porém, neste estudo não foram demonstrados dados referentes a infestação e infecção por nematoides, sendo assim, os resultados são pouco conclusivos e as diferenças na presença de FMAs entre as áreas foram atribuídas a fatores edafoclimáticos. Para outras culturas, até o momento, um único estudo foi realizado, enfocando a cultura do algodão, nos Estados Unidos (HUSSEY; RONCADORI, 1978). Neste trabalho, os autores observaram que a presença do FMA estimulou o crescimento das plantas, porém não afetou a presença do *P. brachyurus*, e estes por sua vez não influenciaram o crescimento das plantas de algodão e a colonização micorrízica.

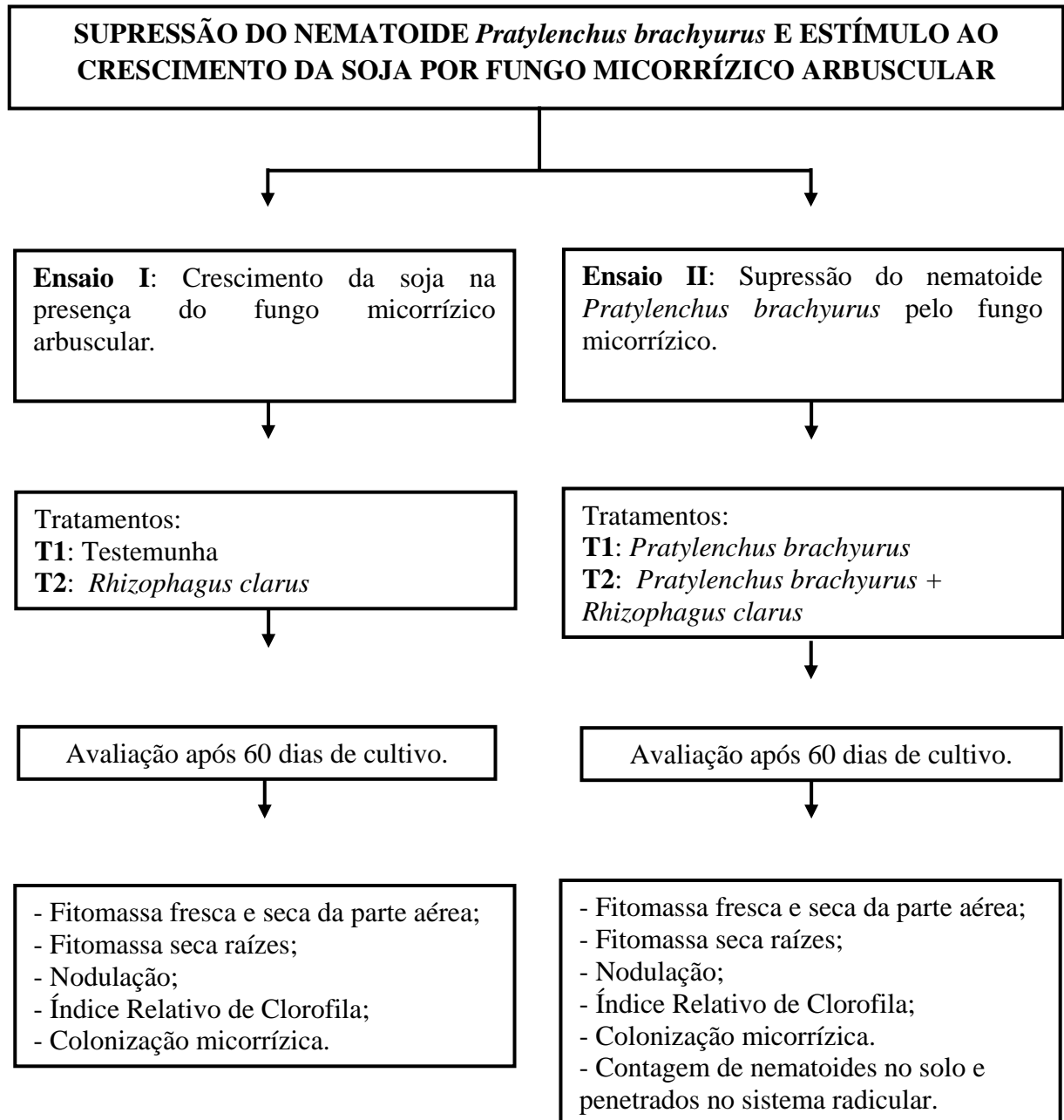
Diante disso, observa-se uma grande lacuna de conhecimento sobre o efeito dos FMAs na supressão do *P. brachyurus*, em especial na cultura da soja, o que motivou a realização deste trabalho. A hipótese a ser testada é de que a presença do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* no solo aumenta o crescimento das plantas de soja e atua na supressão do nematoide *Pratylenchus brachyurus*, reduzindo a sua penetração radicular e reprodução. Para

testar esta hipótese, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de verificar o efeito da inoculação do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* no crescimento das plantas de soja e na supressão do nematoide *Pratylenchus brachyurus*. A partir deste estudo, espera-se contribuir com o acervo de informações existentes sobre importância dos FMAs em áreas agrícolas, como estratégia para estimular o crescimento das plantas e atuar na supressão dos nematoides.

A execução do trabalho de pesquisa seguiu o esquema da Figura 1.



Figura 1 - Esquema do trabalho realizado visando a observação do efeito da inoculação do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* em plantas de soja e sobre o nematoide *Pratylenchus brachyurus*. Santa Maria, 2016.



Fonte: Elaborada pela autora.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* L. Merrill) pertence à família Fabaceae, classe Magnoliopsida e sub-classe Rosidae. Os primeiros registros de cultivo da soja são datados de 1.100 anos A.C. na China, sendo introduzida na Coreia somente por volta de 200 a 300 anos A.C., e posteriormente no Japão (LANGE, 2008). O cultivo da soja na Europa teve início em 1875, e após nos Estados Unidos, onde até o ano de 1941, a soja era utilizada apenas para alimentação animal (SEDIYAMA, 2009).

No Brasil, o primeiro registro de cultivo da soja foi em 1914 no estado do Rio Grande do Sul, na cidade de Santa Rosa. Porém, somente nos anos 40 a cultura recebeu maior importância econômica, com seu primeiro registro estatístico nacional, no Anuário Agrícola do Rio Grande do Sul e, instalou-se a primeira indústria beneficiadora de soja em Santa Rosa/RS. Em 1949, o Brasil aparece pela primeira vez nas estatísticas mundiais como produtor de soja, com uma produção de 25 mil toneladas (EMBRAPA, 2004).

Atualmente, a soja é a principal oleaginosa produzida no Brasil. Ocupando uma área de 32 milhões de hectares na safra de 2014/2015 e alcançou uma produção de 96,2 milhões de toneladas (CONAB, 2015). O Brasil é o segundo maior produtor e exportador mundial de soja, subsequente aos EUA, os quais obtiveram uma produção de 108 milhões de toneladas na safra 2014/2015 (FIESP, 2015). A produção de soja está distribuída em praticamente todo o território brasileiro, sendo que a região Centro-Oeste foi responsável por 45% da produção na safra de 2014/2015, a região Sul por 34%, Nordeste 8,9%, Sudeste 6,6% e Norte por 4,5% da produção (CONAB, 2015).

Na safra de 2014/2015, a maior produtividade da cultura ocorreu na região Centro-Oeste devido às melhores condições de clima, tamanho da área cultivada e nível tecnológico, sendo cultivados 14,6 milhões de hectares (CONAB, 2015). Da mesma forma, com o aumento das áreas de cultivo e intensificação da monocultura de produção da soja, surgem os problemas fitossanitários, os quais representam um dos principais fatores limitantes a produtividade e estabilidade da cultura (YORINORI, 2002).

## 2.2 PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS DA CULTURA DA SOJA

A produção de soja brasileira é caracterizada pela monocultura de cultivares suscetíveis, plantio direto, alta densidade de plantas, desequilíbrios nutricionais no solo e clima favorável ao surgimento e intensificação de problemas fitossanitários, os quais limitam a produtividade da cultura (RODRIGUES et al., 2014). Segundo a Organização Mundial para Alimentação e Agricultura (FAO, 2013), 42,1 % das perdas na produção agrícola são atribuídos a fatores bióticos. Cerca de 40 doenças prejudiciais a cultura da soja, causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus, já foram diagnosticadas no Brasil (EMBRAPA, 2004). Porém este índice continua aumentando (INOMOTO et al., 2006) e os nematoides vêm se destacando, devido ao aumento da infestação nos últimos anos, conforme relatado por técnicos e produtores rurais.

Os danos causados pelo ataque de nematoides constitui um dos fatores mais restritivos para a produção da soja, provocando perdas de 10% até 90% na produtividade das lavouras, dependendo da espécie, população e condições edafoclimáticas (DEUNER, 2015a). Segundo Dias et al. (2010) mais de 100 espécies de nematoides, distribuídas dentro de 50 gêneros, foram identificadas na cultura da soja no mundo. No Brasil, as principais espécies que atacam a cultura da soja são os nematoides formadores de galhas [*Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood (1949) e *Meloidogyne incognita* (Kofoid e White, 1919) Chitwood (1949)], nematoide do cisto [*Heterodera glycines* Ichinohe (1952)], nematoides das lesões radiculares [*P. brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev e Schuurmans Stekhoven (1941)] e o nematoide reniforme [*Rotylenchulus reniformis* Linford e Oliveira (1940)]. Dentre estas espécies, o nematoide *P. brachyurus* vêm recebendo destaque, em função dos danos causados e perdas econômicas (GOULART, 2008).

A ocorrência de *P. brachyurus* na cultura da soja aumentou nos últimos anos na região Centro-Oeste do Brasil, segundo as observações de Dias et al. (2007); Rocha et al. (2008); Alves (2008); Goulart (2008); Ribeiro et al. (2009); Dias et al. (2010); e Machado (2015). Este aumento foi impulsionado pelo sistema de plantio direto (SPD), o qual promove uma maior deposição de palhada na superfície de cultivo, conservando um maior teor de umidade no solo, necessária para a sobrevivência dos nematoides. Além disso, a presença de cultivos de verão e outono-inverno ou inverno-primavera, com culturas geralmente suscetíveis ao ataque, favorecem a multiplicação de nematoides polípagos, como o *Pratylenchus* sp. (INOMOTO et al., 2006; INOMOTO et al., 2007).

No estado do Rio Grande do Sul, as informações sobre a incidência e a intensidade do ataque por *Pratylenchus* sp. são escassas e pouco abrangentes, bem como em relação as perdas na produtividade das culturas. Porém, mesmo em lavouras de soja que não apresentam sintomas visíveis de danos, como nos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, a utilização de cultivares suscetíveis ao ataque de nematoides tem apresentado produtividade inferior, em média 400 kg ha<sup>-1</sup>, em relação às lavouras com variedades resistentes (MACHADO, 2015). Segundo um levantamento realizado por Deuner (2015b), a frequência de *P. brachyurus* em lavouras de soja do Rio Grande do Sul aumentou de 21,7 % em 2012 para 37,7% em 2015.

### 2.3 O NEMATOIDE DAS LESÕES RADICULARES - *Pratylenchus brachyurus*

O gênero *Pratylenchus* compreende cerca de 70 espécies que ocorrem em diversas partes do mundo, sendo que destas somente seis são encontradas no Brasil: *P. brachyurus* (Godfrey) Filipjev e Schuurmans Stekhoven; *P. coffeae* (Zimmermann) Filipjev e Schuurmans Stekhoven; *P. jaehni* Inserra, Troccoli, Dunn, Santos, Kaplan e Vovlas; *P. penetrans* (Cobb) Chitwood e Oteifa; *P. vulnus* Allen e Jensen; e *P. zae* Graham (GONZAGA, 2006).

No Brasil, o gênero *Pratylenchus* é considerado o segundo grupo de maior importância como praga agrícola, depois dos nematoides do gênero *Meloidogyne* Goeldi, 1887 (LORDELLO, 1988; TIHOHOD, 1993; FERRAZ, 2006). Ele causa danos econômicos em culturas de interesse agrícola, como a soja, milho, algodão, feijão, café, cana-de-açúcar, além de diversas forrageiras, hortaliças e frutíferas (GOULART, 2008). Dentro do gênero *Pratylenchus*, a espécie *P. brachyurus* (Godfrey) Filipjev e S. Stekhoven é considerada uma das mais prejudiciais e de comum ocorrência no Brasil, principalmente na cultura da soja (FERRAZ, 1995; ASMUS, 2004; SILVA et al. 2004, DEUNER et al. 2014; MACHADO, 2015).

O ciclo de vida do *Pratylenchus* sp. é simples e podem ocorrer várias gerações em uma mesma safra da cultura hospedeira (GOULART, 2008). A fêmea faz a postura dos ovos no interior das raízes ou no solo próximo à superfície radicular. Cada fêmea produz em média 80 a 150 ovos durante toda sua vida. A reprodução ocorre por partenogênese, logo a presença de machos de *P. brachyurus* é extremamente rara. O ciclo de vida compreende seis estádios: o ovo, quatro estádios juvenis (J1 a J4) e a forma adulta, ambos vermiformes. Dos ovos

ecloem juvenis de segundo estágio (J2), os quais já estão prontos para iniciar o processo de parasitismo das plantas (FERRAZ; MONTEIRO, 1995). O tempo necessário para completar um ciclo de vida é variável, em torno de 3 a 4 semanas, dependendo da temperatura, umidade, espécie hospedeira e da espécie de *Pratylenchus* (GOULART, 2008; TIHOHOD, 1997; FERRAZ; MONTEIRO, 1995; CASTILLO; VOLVLAS, 2007).

As espécies pertencentes ao gênero *Pratylenchus* são conhecidas como nematoides das lesões radiculares devido aos sintomas na forma de lesões necróticas nas raízes das plantas (GOULART, 2008). Estes nematoides são endoparasitas migradores que causam danos mecânicos às raízes das plantas devido a sua alimentação e movimentação no interior dos tecidos; danos por sua ação espoliativa, através da remoção do conteúdo citoplasmático; e danos por ação tóxica, através da injeção de secreções esofagianas no córtex radicular (FERRAZ, 2006; GOULART, 2008). Assim, os nematoides modificam e destroem os tecidos, prejudicando os processos de absorção e transporte de água e nutrientes, e retardando o crescimento das plantas (GOULART, 2008; FERRAZ, 2006; ALVES, 2008), bem como facilitando a infecção por patógenos secundários, como bactérias e fungos (GONZAGA, 2006). Os sistemas radiculares parasitados mostram-se reduzidos e pouco volumosos, conseqüentemente as plantas apresentam menor estatura, clorose e murchamento das folhas, refletindo em perdas de produção (FERRAZ, 1999; TIHOHOD, 2000; ALVES, 2008). A formação de reboleiras na lavoura é considerada como sintoma típico do ataque por nematoides, porém é facilmente confundida com manchas provocadas por baixa fertilidade do solo, depósito de calcário, falta ou excesso de algum nutriente, excesso ou déficit hídrico (RIBEIRO, 2009).

A mobilidade do *P. brachyurus* no solo é bastante restrita, movendo-se somente em pequenas distâncias. Sendo assim, a disseminação deste patógeno é realizada por meio de implementos agrícolas, pelo trânsito humano e animal, escoamento de água da chuva e/ou irrigação (TIHOHOD, 2000) e, utilização de material vegetal de propagação contaminado (FERRAZ, 2006). Solos arenosos ou de textura médio-arenosa, temperatura em torno de 30°C e teor de umidade do solo entre 70 e 80% da capacidade de campo também favorecem o desenvolvimento deste patógeno (CASTILLO; VOLVLAS, 2007; GOULART, 2008).

Por ser uma espécie de ampla distribuição geográfica ocorrendo tanto em países de clima tropical como subtropical, de hábito migratório, com alto grau de polifagia e agressividade, com ação patogênica pronunciada em diversas culturas de interesse agrônômico tem seu manejo e controle dificultados (FERRAZ, 2006).

## 2.4 CONTROLE

O controle do *P. brachyurus* é bastante complexo, exigindo a adoção de uma série de estratégias de forma integrada (GOULART, 2008). A rotação de culturas ou sucessão de culturas com espécies resistentes e antagonistas aos nematoides contribui na redução da população e na melhoria de propriedades físicas e químicas do solo (FERRAZ, 2006; SOUZA; PIRES, 2007; INOMOTO, 2011;). Exemplos de culturas utilizadas para rotação ou sucessão não hospedeiras do *P. brachyurus* são a *Crotalaria spectabilis* e *C. breviflora* e, como hospedeiras pouco favoráveis ao desenvolvimento do nematoide, a *Brachiaria humidicola* e *Cajanus cajan* cv. Iapar 43 (INOMOTO et al., 2007), as quais são pouco utilizadas pelos produtores em função de não apresentar valor econômico de cultivo. Porém, o *P. brachyurus* é uma espécie polífaga e não demonstra a necessidade de formação de células especializadas de alimentação, como ocorre com os nematoides dos gêneros *Meloidogyne* e *Heterodera* (GOULART, 2008), conseqüentemente, as culturas resistentes são pouco eficientes se manejadas incorretamente.

A utilização de nematicidas químicos ainda é economicamente inviável e pouco eficiente para a aplicação em grandes áreas de cultivo, onde o nível de contaminação é elevado, além de representar risco de contaminação ambiental (GOULART, 2008; DEUNER, 2015a).

Nesse sentido, pesquisas envolvendo práticas de controle alternativas têm sido intensificadas, como a utilização de organismos de controle biológico (VOS et al., 2012a). O potencial dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) como agentes de controle biológico contra patógenos do solo já foi observada em avaliações realizadas por Whipps (2004); Pozo e Azcón-Aguilar (2007), St-Arnaud e Vujanovic (2007); Akhtar e Siddiqui (2008), incluindo em nematoides (PINOCHET, et al., 1996; HOL; COOK, 2005; ALBAN, et al. 2013; SHREENIVASA, et al. 2007; ELSEEN, et al., 2008; VOS, et al., 2012b; MARRO et al., 2014).

## 2.5 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) pertencem ao filo Glomeromycota e estabelecem uma associação simbiótica mutualística com as raízes de plantas superiores (SIQUEIRA et al., 2007). Nesta relação de simbiose, a colonização do sistema radicular pelo FMA aumenta a capacidade da planta em absorver água e nutrientes do solo, e em

contrapartida as plantas fornecem compostos fotoassimilados para o crescimento e manutenção dos fungos (SMITH; READ, 2008).

Os FMAs são simbiotróficos obrigatórios, não apresentam especificidade por planta hospedeira para o estabelecimento da associação simbiótica (SIQUEIRA et al., 2002), porém pode haver uma relação preferencial entre determinada planta e o fungo micorrízico (POUYÚ-ROJAS; SIQUEIRA, 2000). Os FMAs colonizam o sistema radicular de aproximadamente 80% das espécies de plantas terrestres (SMITH; READ, 2008). E as contribuições dessa simbiose vêm sendo observadas inclusive em culturas de interesse econômico como soja, milho, feijão, sorgo, trigo, arroz, café, citros, mandioca, espécies arbóreas, e entre outras plantas (SIQUEIRA et al., 2002).

As micorrizas através de suas hifas e micélios permitem a absorção e transporte de água e nutrientes fora da zona de esgotamento do sistema radicular (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), facilitando o acesso pela planta a nutrientes essenciais de menor mobilidade no solo, como o fósforo e alguns micronutrientes de difusão lenta, tais como o Zn e Cu (SCHÜBLER et al. 2001; SMITH; READ, 2008). A presença e expansão das hifas de FMAs, bem como a síntese de glicoproteínas insolúveis denominadas “glomalinas” por estas hifas, têm um importante papel no aumento da estabilidade dos agregados de solo (SMITH E READ, 2008; GIANINAZZI et al, 2010).

A presença de FMAs também contribui para o aumento da atividade biológica em torno das raízes das plantas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), e favorece o processo de nodulação e fixação biológica de nitrogênio pelas leguminosas (SIQUEIRA et al., 2002; JESUS et al., 2005). Além disso, promove o aumento da tolerância das plantas contra estresses bióticos, como a presença de nematoides (WHIPPS, 2000) e contra estresses abióticos, como o déficit hídrico (PAULA; SIQUEIRA, 1987a) e a toxicidade por metais pesados no solo (SIQUEIRA et al., 1994; KLAUBERG-FILHO et al., 2005).

Desta forma, a inoculação de FMAs contribui na redução da necessidade de aplicação de adubação química fosfatada e fungicidas, já que a presença dos FMAs estimula o crescimento das plantas, em solos com menores níveis de fósforo disponível e aumenta a resistência à incidência de doenças (HARRIER; WATSON 2004, VIGO et al. 2000).

Apesar do efeito de biocontrole oferecido pela presença dos FMAs nas plantas contra vários agentes patogênicos do solo, como fungos, oomycetes e nematoides, conforme descrito por Whipps (2004) e Pozo e Azcon-Aguilar (2007), o uso de FMAs como agente de controle biológico é bastante limitado, devido à variabilidade no desempenho, o qual é dependente de

uma série de fatores, como as condições do isolado fúngico, da espécie de organismo patogênico, da planta hospedeira e condições ambientais (DONG; ZHANG, 2006).

## 2.6 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES X PLANTAS DE SOJA

Os FMAs podem contribuir na melhoria de características físicas, químicas e biológicas do solo, influenciando de forma direta ou indireta no crescimento e desenvolvimento das plantas (BERBARA et al., 2006). O principal benefício da associação simbiótica para as plantas é referente ao aporte de água e nutrientes (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os FMAs podem contribuir na absorção de macro e micronutrientes, beneficiando o crescimento das plantas e conseqüentemente aumentando a produtividade (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Neste contexto, recebe papel de destaque a absorção de nutrientes de baixa mobilidade do solo, como P, Cu e Zn (CARDOSO et al., 2010, STÜRMER; SIQUEIRA, 2013). Em determinadas condições de campo, estimou-se uma redução de 80% na aplicação da adubação fosfatada recomendada devido a suplementação pelos FMAs (JAKOBSEN, 1995). E uma contribuição na absorção de 60% para o cobre e de 10 a 25% para os demais nutrientes (MARSCHNER; DELL, 1994).

Em um estudo realizado por Fernández et al. (2011) avaliando o efeito da presença de FMAs nativos na cultura da soja (*Glycine max* L.) e girassol (*Helianthus annuus* L.), observou-se que plantas de soja na presença de colonização micorrízica apresentaram fitomassa de 3,5 e 2,0 vezes maior em relação às plantas não micorrizadas em condições de baixa e média disponibilidade de P, respectivamente. O efeito positivo da inoculação de FMAs na cultura da soja também foi verificado por Ortas et al. (2012) avaliando a eficácia de fungos nativos e inoculação de FMAs em condições de campo, na região costeira do Mediterrâneo, observou-se que para plantas de soja a inoculação de FMAs aumentou as concentrações de Zn e P, e o rendimento da cultura durante o período de três anos de avaliação, com maior eficácia em relação aos FMAs nativos. Bressan et al. (2001) avaliando os efeitos da inoculação de *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* sobre o crescimento, produção de grãos e teores de nutrientes no sorgo e na soja, consorciados, observou que a presença dos FMAs contribuiu para o aumento da matéria seca, produção de grãos e para os teores dos nutrientes N, P, K, Zn e Cu no sorgo e na soja. Wang et al. (2011) observou que existe uma relação de sinergismo entre FMAs e rizóbios, e que em menores



concentrações de P e/ou N contribuem no crescimento de plantas de soja, aumentando o acúmulo de fitomassa seca e nutrientes no tecido vegetal.

A presença de FMAs representam uma estratégia para a produtividade e sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas, podendo reduzir as quantidades de fertilizantes e insumos de origem química industrial aplicados nas áreas de cultivo (GIANINAZZI et al. 2010).

## 2.7 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES X NEMATOIDES

A presença de FMAs pode aumentar o vigor das plantas e estimular o desenvolvimento de mecanismos de tolerância contra uma série de fatores abióticos e bióticos (VOS et al., 2012a). Dentre os fatores bióticos, estão os patógenos do solo, tais como os nematoides (MARRO et al., 2014). As plantas colonizadas por FMAs podem apresentar melhor crescimento e desenvolvimento, mesmo na presença de nematoides, demonstrando maior tolerância ao ataque destes patógenos (SHREENIVASA et al., 2007). Este efeito de controle exercido pelos FMAs sobre os nematoides pode ocorrer por diferentes mecanismos de ação (AZCÓN-AGUILAR et al., 2002; WIPPS, 2004; SCHOUTEDEN et al., 2015). Em seus estudos, estes autores indicaram diferentes modos de ação relacionados a supressão dos nematoides pelos FMAs:

a) concorrência direta ou inibição: competição pelo local de infecção e infestação nos tecidos radiculares;

b) estímulo ao crescimento, morfologia e nutrição de plantas micorrizadas: a micorrização das raízes contribui para a absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular das plantas, conseqüentemente aumentando o vigor e resistência ao ataque de patógenos; e aumenta a suberização dos tecidos radiculares promovendo maior resistência a penetração pelos nematoides;

c) alterações bioquímicas relacionadas aos mecanismos de defesa e resistência induzida das plantas: ativação de genes; produção de hormônios e compostos; e alterações na composição química dos exsudatos radiculares causando a repelência de agentes patógenos;

d) desenvolvimento de uma microbiota antagônica.

Apesar dos estudos envolvendo FMAs como agentes de controle biológico, sua aplicação prática é ainda limitada (DONG; ZHANG, 2006). Os mecanismos de ação de controle ainda não são completamente conhecidos, podendo atuar de forma isolada ou em

conjunto (ELSEN et al., 2001; ELSEN et al., 2003; VOS et al., 2012b), e existe uma grande variabilidade do efeito de controle, o qual é dependente de uma série de fatores, como o as condições e espécie de FMA, organismo patogênico, da planta hospedeira e de condições ambientais (DONG; ZHANG, 2006).

A maioria dos estudos envolvendo a utilização de FMAs como antagonistas ao ataque de nematoides foi realizada fora do Brasil. Como por exemplo, Elsen et al. (2003) avaliaram a interação do fungo micorrízico *Glomus mosseae* com os nematoides *Radopholus similis* e *Pratylenchus coffeae* em bananeiras na Bélgica. Estes autores observaram que a micorrização estimulou o crescimento das plantas mesmo na presença dos nematoides, e os danos causados ao sistema radicular pelo *P. coffeae* foram reduzidos na presença do FMA. Em outro trabalho, Talavera et al. (2001) estudaram a possibilidade de utilizar *G. mosseae* como agente de proteção contra *Meloidogyne incognita* em tomateiro e *Pratylenchus penetrans* em cenoura, na Espanha. Os autores observaram que a inoculação de FMA foi eficiente quando realizada previamente à inoculação de *M. incognita* no tomateiro, reduzindo 85% a densidade deste nematoide no solo. A presença do FMA também diminuiu os danos causados pelo ataque de *P. penetrans* em cenoura, com redução de 49% da densidade de nematoides no solo. Também, Vos et al. (2012a) verificaram a indução de resistência sistêmica contra o ataque de *M. incognita* e *P. penetrans*, na Bélgica, pela presença de *G. mosseae* no sistema radicular de plantas de tomate. A presença do FMA, local ou sistêmica, reduziu a infecção das plantas por ambas espécies de nematoides, com uma diminuição na população de nematoides de 45% para o *M. incognita* e 87% para *P. penetrans*. Outros estudos destacando o efeito da presença de FMAs contra o ataque de nematoides do gênero *Pratylenchus* em diversas culturas de interesse econômico estão descritos no quadro 1.

Em relação a espécie *P. brachyurus*, ao nosso conhecimento, houve apenas um registro envolvendo a interação com fungo micorrízico até o momento, em um trabalho desenvolvido nos Estados Unidos na cultura do algodão por Hussey e Roncadori (1978). Neste trabalho, foi observado que a presença do FMA estimulou o crescimento das plantas de algodão, entretanto não afetou a presença do *P. brachyurus*, o qual não influenciou na presença de FMAs e no desenvolvimento das plantas de algodão. No Brasil, temos um trabalho de conclusão de curso de Licenciatura em Ciências Naturais, da Universidade de Brasília, avaliando o efeito de FMAs em lavouras de soja e algodão com ocorrência de nematoides do gênero *Pratylenchus* em solo de Cerrado (ALENCAR, 2013). Porém, não foram demonstrados dados referentes a infestação e infecção por nematoides, sendo assim, os

resultados são pouco conclusivos e as diferenças na presença de FMAs entre as áreas foram atribuídas a fatores edafoclimáticos.

Portanto, existe uma grande lacuna de conhecimento envolvendo a utilização de FMAs como estratégia de manejo do nematoide *P. brachyurus*, principalmente na cultura da soja. Desta forma, enfatizando a importância deste estudo e a necessidade da realização de maiores trabalhos científicos visando esclarecer os efeitos da interação entre FMAs, plantas hospedeiras e nematoides.

Quadro 1 – Trabalhos de pesquisa sobre a interação entre fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e nematoides do gênero *Pratylenchus*, colonizando diferentes espécies vegetais.

(Continua)

FMA	Nematoide	Cultura	Resultado	Autores
<i>Gigaspora margarita</i>	<i>Pratylenchus brachyurus</i>	Algodão	O FMA beneficiou a planta, porém não teve efeito sobre o nematoide, bem como o nematoide não afetou as plantas.	HUSSEY; RONCADORI, (1978)
<i>Glomus mosseae</i>	<i>Pratylenchus vulnus</i>	Ameixeira	Melhora nutricional das plantas. Redução do número de nematoides.	CAMPRUBI et al., (1993).
<i>Glomus mosseae</i>	<i>Pratylenchus vulnus</i>	Maçã	Inoculação prévia de FMA favorece o desenvolvimento das plantas e aumenta o efeito de proteção contra nematoides.	PINOCHET et al., (1993).
<i>Glomus intraradices</i>	<i>Pratylenchus vulnus</i>	Marmelo	Favorece o crescimento das plantas e confere proteção contra <i>P. vulnus</i> .	CALVET et al., (1995).
<i>Glomus intraradices</i>	<i>Pratylenchus vulnus</i>	Cereja	Melhor desempenho das plantas. Não afetou o número de nematoides nas raízes. Recomenda a micorrização das mudas previamente.	PINOCHET et al., (1995).
<i>Glomus mosseae</i> <i>G. aggregatum</i>	<i>Pratylenchus goodeyi</i>	Banana	A inoculação prévia do FMA estimula a nutrição da planta e aumenta a resistência ao ataque do nematoide.	JAIZME-VEJA; PINOCHET (1997).
<i>Glomus mosseae</i> <i>Glomus intraradices</i>	<i>Pratylenchus vulnus</i>	<i>Prunus</i> sp.	A inoculação prévia do FMA estimula a nutrição da planta e aumenta a resistência ao ataque do nematoide.	PINOCHET et al., (1998).
<i>Acaulospora mellea</i> <i>Glomus clarum</i>	<i>Pratylenchus coffeae</i>	Café	Inoculação dos FMAs prévia à inoculação do nematoide melhorou a tolerância das plantas.	VAAST et al., (1998).
<i>Glomus aggregatum</i> , <i>G. clarum</i> <i>G. etunicatum</i> <i>G. intraradices</i> <i>G. mosseae</i> <i>G. versiforme</i>	<i>Pratylenchus penetrans</i>	Maçã	<i>G. mosseae</i> apresentou efeitos benéficos no crescimento das plantas e reduziu infestação de nematoides.	FORGE et al., (2001).

Quadro 1 - Trabalhos de pesquisa sobre a interação entre fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e nematoides do gênero *Pratylenchus*, colonizando diferentes espécies vegetais.

(Conclusão)

FMA	Nematoide	Cultura	Resultado	Autores
<i>Glomus mosseae</i>	<i>Meloidogyne incognita</i> <i>Pratylenchus penetrans</i>	Tomate Cenoura	A inoculação prévia dos FMAs é benéfica para as plantas e aumentam a resistência aos nematoides.	TALAVERA et al., (2001).
<i>Glomus mosseae</i>	<i>Pratylenchus coffeae</i> e <i>Radopholus similis</i>	Banana	Maior crescimento das plantas. Sistema radicular contrabalanceado entre ataque e aumento ramificação pelos FMAs.	ELSEN et al., (2003a).
<i>Glomus mosseae</i>	<i>Radopholus similis</i> e <i>Pratylenchus coffeae</i>	Banana	Melhor crescimento de plantas. Para <i>P. coffeae</i> houve redução dos danos.	ELSEN et al., (2003b).
<i>Glomus intraradices</i>	<i>Pratylenchus coffeae</i>	Cenoura	Proteção das raízes e redução da reprodução dos nematoides.	ELSEN et al., (2003c).
<i>Glomus etunicatum</i> <i>Acalospora longula</i>	<i>Pratylenchus coffeae</i>	Gravioleira	Efeitos benéficos para as plantas. Não suprimiu a reprodução dos nematoides.	BRANDÃO et al., (2004).
FMAs nativos	<i>Pratylenchus penetrans</i>	Gramma	Redução da infecção e multiplicação dos nematoides.	PEÑA et al., (2006).
<i>Glomus intraradices</i>	<i>Radopholus similis</i> e <i>Pratylenchus coffeae</i>	Banana	Resistencia sistêmica. Redução de 50% dos nematoides.	ELSEN, et al., (2009).
<i>Glomus mosseae</i>	<i>Meloidogyne incognita</i> <i>Pratylenchus penetrans</i>	Tomate	Presença local ou sistêmica, redução de infecção por ambos os nematoides.	VOS et al., (2012a).

Fonte: Elaborada pela autora.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKHTAR, M.S.; SIDDIQUI, Z.A. Arbuscular mycorrhizal fungi as potential bioprotectants against plant pathogens. In: SIDDIQUI, Z.A.; AKHTAR, M.S.; FUTAI, K. (Ed.)

**Mycorrhizae: sustainable agriculture and forestry**. 1. ed. Holanda: Springer Science + Business Media, 2008. cap. 3, p. 61–97.

ALENCAR, C.G.R. de. **Fungos micorrízicos arbusculares em lavouras de soja e algodão com ocorrência de nematóides do gênero *Pratylenchus* em condições de cerrado**. 2013. 23 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Ciências Naturais)- Universidade de Brasília. Faculdade UnB Planaltina. Planaltina, DF, 2013.

ALBAN, R.; GUERRERO, R.; TORO, M. Interactions between a Root Knot Nematode (*Meloidogyne exigua*) and Arbuscular Mycorrhizae in Coffee Plant Development (*Coffea arabica*). **American Journal of Plant Sciences**, [S.l.], Scientific Research Publishing, n. 4, p. 19-23, jul. 2013.

ALVES, T. C. U. **Reação de cultivares de soja ao nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus***. 2008. 41f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, MT, 2008.

ALVES, T. C. U.; SILVA, R. A.; BORGES, D. C.; MOTTA, L. C. C.; KOBAYASTI, L. Reação de cultivares de soja ao nematóide das lesões radiculares. **Revista Biodiversidade**, Rondonópolis, UFMT, v. 10, n. 1, p.73-79, 2011.

ASMUS, G. L. Ocorrência de nematoides fitoparasitos em algodoeiro no Estado de Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 77-86, jun. 2004. Disponível em: < <http://docentes.esalq.usp.br/sbn/nbonline/ol%20281/77-86%20pb.pdf> > Acesso em: 15 maio 2015.

ARAÚJO. A. S. F. de; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, jul./set. 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/6684/4403>> Acesso em: 15 maio 2015.

AZCÓN-AGUILAR, C., JAIZME-VEGA, M.C., CALVET, C. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to the control of soilborne pathogens. In: GIANINAZZI, S., SCHÜEPP, H., BAREA, J.M., HASSELWANDTER, K. (Ed.). **Mycorrhizal technology in agriculture**. Basel, Suíça: Birkhäuser BioSciences, 2002. cap. 14, p. 187-197.

BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da Agricultura brasileira. **CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária**, [S.l.:s.n.], v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; DE OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: FILHO, O.K.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. 1. ed., p. 119-170.

- BELO, M. S. da S. P.; PIGNATI, W.; DORES, E. F. G. de C.; MOREIRA, J. C.; PERES, F. Uso de agrotóxicos na produção de soja do Estado do Mato Grosso: um estudo preliminar de riscos ocupacionais e ambientais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, [s.n.], v. 37, n. 125, p. 78-88, jan./jun. 2012.
- BERBARA, R. L.L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H.M.A.C. Fungos micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In. FERNANDES, M.S. (ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 3, p. 54 – 85.
- BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J. O.; VASCONCELLOS, C. A.; PURCINO, A.A.C. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, [s.n.], v. 36, n. 2, p. 315-323, fev. 2001.
- BRESOLIN, J.D.; BUSTAMANTE, M.M.C.; KRÜGER, R.H.; SILVA, M.R.S.S.; PEREZ, K.S. Structure and composition of bacterial and fungal community in soil under soybean monoculture in the brazilian cerrado. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, [s.n.], n. 41, n.2, p. 391-403, abr./jun. 2010.
- CARDOSO, E. J. B. N.; CARDOSO, I. M.; NOGUEIRA, M. A.; BARETTA, C. R. D. M.; PAULA, A. M. Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. cap. 6, p. 153-214.
- CASTILLO, P.; VOVLAS, N. N. **Pratylenchus (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, Biology, Pathogenicity and Management**. v. 6. Leiden-Boston, Holanda: Koninklijke Brill NV, 2007. 555 p.
- COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 2 - Safra 2014/15, n. 11 – Décimo primeiro levantamento, Brasília, p. 1-101, Ago. 2015. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_08\\_11\\_08\\_55\\_08\\_boletim\\_graos\\_a\\_gosto\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_08_11_08_55_08_boletim_graos_a_gosto_2015.pdf). Acesso em: 26 nov. 2015.
- DEUNER, C. Uso de cultivares de soja resistentes é método eficiente para o controle de nematoides. **Agrolink**, Porto Alegre, 24 nov. 2015b. Nota técnica. Disponível em: [http://www.agrolink.com.br/noticias/uso-de-cultivares-de-soja-resistentes-e-metodo-eficiente-para-o-controle-de-nematoides\\_344322.html?utm\\_source=dlvr.it&utm](http://www.agrolink.com.br/noticias/uso-de-cultivares-de-soja-resistentes-e-metodo-eficiente-para-o-controle-de-nematoides_344322.html?utm_source=dlvr.it&utm). Acesso em 26 de novembro de 2015.
- DEUNER, C. **Frequência de nematoides na cultura da soja no Rio Grande do Sul**. Laboratório de Fitopatologia e Nematologia. Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2015a. Nota técnica. Disponível em: <http://www.upf.br/fitopatologia/images/dadosnematoides.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2015.
- DEUNER, C.C.; GHISSI, V.C.; DEUNER, E.; TISCHER, E.E. Nematoides em Soja: distribuição populacional no Rio Grande do Sul. **Revista Plantio direto**, Passo Fundo, Aldeia Norte, 142/143. ed. ampl., p. 20-7. jul./out. 2014.

DIAS, W. P.; RIBEIRO, N. R.; PIVATO, A.; MOLINA, D. Avaliação da reação de genótipos de soja ao nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 29., 2007, Campo Grande/MS. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja/Uniderp, 2007. p. 62-63.

DIAS, W. P.; GARCIA, A.; SILVA, J. F.V.; e CARNEIRO, G. E. S. Nematoides em Soja: Identificação e Controle. **Embrapa**, Londrina, PR, v. 76, p. 1- 8, abr. 2010. Circular técnica. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/download/CT76\\_eletronica.pdf](http://www.cnpso.embrapa.br/download/CT76_eletronica.pdf)>. Acesso em: 14 jul. 2015.

DONG, L.Q.; ZHANG, K.Q. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. **Plant Soil**, [S.l.], Springer-Verlag, v. 288, p. 31–45, maio 2006.

ELSEN, A., DECLERCK, S., DE WAELE, D. Effects of *Glomus intraradices* on the reproduction of the burrowing nematode (*Radopholus similis*) in dioxenic culture. **Mycorrhiza**, [S.l.], Springer-Verlag, v. 11, p. 49–51, fev. 2001.

ELSEN, A., BAIMEY, H., SWENNEN, R., DE WAELE, D. Relative mycorrhizal dependency and mycorrhiza- nematode interaction in banana cultivars (*Musa spp.*) differing in nematode susceptibility. **Plant and Soil**, [S.l.], Springer-Verlag, v. 256, p. 303–313, jul. 2003.

ELSEN, A.; GERVACIO, D.; SWENNEN, R. e DE WAELE, D. AMF-induced biocontrol against plant parasitic nematodes in *Musa sp.*: a systemic effect. **Mycorrhiza**, [S.l.], Springer-Verlag, v. 18, p. 251–256, abr. 2008.

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil**. Embrapa Soja Sistema de Produção, n. 1. Londrina: Embrapa Soja, out. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/retencao.htm>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

FERNÁNDEZ, M. C.; BOEM, F. H. G.; RUBIO, G. Effect of indigenous mycorrhizal colonization on phosphorus-acquisition efficiency in soybean and sunflower. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Alemanha, WILEY-VCH Verlag, v. 174, p. 673–677, maio 2011.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, cap. 8, p. 168-201.

FERRAZ, L.C.C.B. Gênero *Pratylenchus* – os nematóides das lesões radiculares. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, [s.n.], v.7, p. 157-195, 1999.

FERRAZ, L. C. C. B. O nematoide *Pratylenchus brachyurus* e a soja sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, Aldeia Norte, 96. ed., p. 23-27, set./out. 2006.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Safra Mundial de Soja 2014/15** - 12º Levantamento do USDA, abr. 2015. Disponível em: <[www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=188641](http://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=188641)>. Acesso em: 14 jul. 2015.



GIANINAZZI, S.; GOLLOTTE, A.; BINET, M.N.; VAN TUINEN, D.; REDECKER, D.; WIPF, D. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. **Mycorrhiza**, [S.l.], Springer-Verlag, v. 20, n. 8, p. 519-530, jul. 2010.

GODFREY, G. H. A destructive root disease of pineapples and other plants due to *Tylenchus brachyurus* n.sp. **Phytopathology**, [S.l.: s.n.], v. 19, n. 6, p. 611-629, 1929.

GONZAGA, V. **Caracterização morfológica, morfométrica e multiplicação in vitro das seis espécies mais comuns de *Pratylenchus* Filipjev, 1936 que ocorrem no Brasil**. 2006. 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2006.

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

HARRIER, L. A.; WATSON, C. A. The potential role of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in the bioprotection of plants against soil-borne pathogens in organic and/or other sustainable farming systems. **Pest Management Science**, [S.l.], Wiley Online Library, v. 60, n. 2, p. 149-157, fev. 2004. Disponível em: < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.820/pdf>> Acesso em: 20 jul. 2015.

HOL G.W.H.; COOK, R. An overview of arbuscular mycorrhizal fungi-nematode interactions. **Basic Applied Ecology**, [S.l.], Elsevier, v. 6, p. 489-503, dez. 2005.

HUSSEY R. S.; RONCADORI R. W. Interaction of *Pratylenchus brachyurus* and *Gigaspora margarita* on Cotton. **Journal of Nematology**, [S.l.: s.n.], v. 10, n. 1, jan. 1978.

INOMOTO, M. M.; MOTTA, L. C. C.; MACHADO, A. C. Z.; SAZAKI, C. S. S. Reação de dez coberturas vegetais a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, [s.n.], v. 30, n. 2, p.151-157, 2006.

INOMOTO, M. M.; MACHADO, A. C. Z.; ANTEDOMENCIO, S. R. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, [s.n.], v. 32, n. 4, p. 341-344, jul./ago. 2007.

INOMOTO, M. M. Importância e manejo de *Pratylenchus brachyurus*. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, Aldeia Norte, 108. ed., p. 4-9, nov./dez. 2008.

INOMOTO, M. M. Avaliação da resistência de 12 híbridos de milho a *Pratylenchus brachyurus*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, [s.n.], v. 36, n. 5, p. 308-312, set./out. 2011.

JAKOBSEN, I., Transport of Phosphorus and Carbon in VA Mycorrhizas. In. VARMA, A., HOCK, B. (Ed.) **Mycorrhiza**; structure, function, molecular biology and biotechnology. Berlin: Springer-Verlag, 1995. p. 297-324.

JESUS, E. C.; SCHIAVO, J. A.; FARIA, S. M. Dependência de micorrizas para a nodulação de espécies arbóreas tropicais. **Revista Árvore**, Viçosa, Folha de Viçosa LTDA., v. 29, n. 4, p. 545- 552, jul./ago. 2005.

LANGE, C. E. Soja. In: BARBIERI, R. L; STUMPF, E. R. T. (Ed.). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília: Embrapa Clima Temperado, 2008. p. 779-802.

KLAUBERG-FILHO, O.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; SOARES, C. R. F. S.; SILVA, S. Ecologia, função e potencial de aplicações de fungos micorrízicos arbusculares em condições de excesso de metais pesados. In: TORRADO, P. V.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; DA SILVA, A. P.; CARDOSO, E. J. B. N. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. cap.3, p. 85-144.

LORDELLO, R. R. A.; LORDELLO, A. I. L.; PAULO, E. M. Multiplicação de *Meloidogyne javanica* em plantas daninhas. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, [S.N.], v. 12, n. 1, p. 84-92, 1988.

MACHADO, A. C. Z. Nematoides devastam lavouras de soja. **Revista Campo e Negócios**. Uberlândia, MG, 3 jan. 2015. Nota técnica. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/nematoides-devastam-lavouras-de-soja/>>. Acesso em: 10 out. 2015.

MARRO, N.; LAX, P.; CABELLO, M.; DOUCET, M.E.; BECERRA, A.G. Use of the Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Glomus intraradices* as Biological Control Agent of the Nematode *Nacobbus aberrans* Parasitizing Tomato. **Brazilian archives of Biology and Technology**, Curitiba, [s.n.], v.57, n.5, p. 668-674, set./out. 2014.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, The Hague, Springer-Verlag, v. 159, p. 89-102, 1994.

MERILES, J.M.; VARGAS GIL, S.; CONFORTO, C.; FIGONI, G.; LOVERA, E.; MARCH, G.J.; GUZMÁN, C.A. Soil microbial communities under different soybean cropping systems: Characterization of microbial population dynamics, soil microbial activity, microbial biomass, and fatty acid profiles. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], Elsevier, v. 103, p. 271–281, maio 2009.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

OEHL, F., SIEVERDING, E., INEICHEN, K., MÄDER, P., BOLLER, T., WIEMKEN, A. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. **Applied and Environmental Microbiology**, [S.l.:s.n.], v. 69, n.5, p. 2816 – 2824, maio 2003.

OEHL, F.; LACZKO, E.; BOGENRIEDER, A.; STAHR, K.; BÖSCH, R.; VAN DER HEIJDEN, M.; SIEVERDING, E. Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. **Soil Biology & Biochemistry**, [S.l.], Elsevier, v. 42, n.5, p. 724 – 738, 2010.

ORTAS, I. The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, Elsevier, v. 125, p. 35-48, jan. 2012.

PAULA, M. A.; SIQUEIRA, J. O. Efeito da umidade do solo sobre a simbiose endomicorrízica em soja. II. Crescimento, nutrição e relação água-planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, [s.n.], v. 11, n. 3, p. 289-293, 1987.

PINOCHET, J.; CALVET, C.; CAMPRUBI, A.; FERNANDEZ, C. Interactions between migratory endoparasitic nematodes and arbuscular mycorrhizal fungi in perennial crops: a review. **Plant Soil**, [S.l.], Kluwer Academic Publishers, v. 185, n. 2, p.183–190, set. 1996.

POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J.O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. [S.l.:s.n.], v. 35, n.1, p. 103-114, jan. 2000.

POZO, M.; AZCON-AGUILAR, C. Unravelling mycorrhiza-induced resistance. **Current Opinion in Plant Biology**, [S.l.], Elsevier, v. 10, n. 4, p. 393-398, jul. 2007.

RIBEIRO, N.R. **Avaliação de espécies vegetais e cultivares de soja para a composição de esquemas de rotação ou sucessão de culturas para o manejo de *Pratylenchus brachyurus***. 2009. 58 p. Tese (Curso de Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

ROCHA, M. R.; SANTOS, L. C.; TEIXEIRA, R. A.; ARAÚJO, F. G.; REZENDE NETO, U. R.; FERREIRA, C. S.; FALEIRO, V. O.; COSTA, R. B. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus* em área naturalmente infestada. In: XXX REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, jul. 2008, Rio Verde, GO. **Resumos...**Londrina, PR: Embrapa Soja, 2008. p. 140-141.

RODRIGUES, D. B.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; VEDOVETO, M. V. V.; ROLDI, M.; MOLIN, H. F. D.; ABE, V. H. F. Crop rotation for *Pratylenchus brachyurus* control in soybean. **Nematropica**, [S.l.:s.n.], v. 44, n. 2, p. 146-151, 2014.

SCHOUTEDEN, N.; DE WAELE, D.; PANIS, B.; VOS, C. M. Arbuscular mycorrhizal fungi for the biocontrol of plant-parasitic nematodes: a review of the mechanisms involved. **Frontiers in Microbiology**, [S.l.:s.n.], v. 6, p. 1-12, nov. 2015.

SCHÜBLER, A.; SCHWARZOTT, D., WALKER, C. A New Fungal Phylum, the Glomeromycota, Phylogeny and Evolution. **The British Mycological Society**, [S.l.], Elsevier, v. 105, n. 12, p. 1413-1421, 2001.

SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Ed. Mecenaz, 2009. 314p.

SHREENIVASA, K. R.; KRISHNAPPA, K. e RAVICHANDRA, N.G. Interaction Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Glomus fasciculatum* and Root – Knot Nematode, *Meloidogyne incognita* on Growth and Phosphorous Uptake of Tomato. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, [S.l.:s.n.], n. 20, p. 57 – 61, 2007.

SILVA, R. A.; SERRANO, M. A. S.; GOMES, A. C.; BORGES, D.C.; SOUZA, A. A.; ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. Ocorrência de *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* na cultura do algodoeiro no Estado do Mato Grosso. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, [s.n.], v. 29, n. 3, p. 337-337, maio/jun. 2004.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 236p.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares: Características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. **Biociência**, Brasília, [s.n.], n. 25, p. 12-21, 2002.

SIQUEIRA, J. O.; SOARES, C.R.F.S.; dos SANTOS, J. G. D.; SCHNEIDER, J.; CARNEIRO, M. A. C. Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. In: CERETTA, C. A; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 219-306.

SMITH, S.; READ, D., **Mycorrhizal Symbiosis**, 3. Ed., San Diego: Academic Press, 2008. 605 p.

SOUZA, C. M.; F. R. PIRES. **Adubação verde e rotação de culturas**. Viçosa: Editora UFV. 2007. 108 p.

ST-ARNAUD, M.; VUJANOVIC, V. Effect of the arbuscular mycorrhizal symbiosis on plant diseases and pests. In: HAMEL, C.; PLENCHETTE, C. (ed) **Mycorrhizae in crop production: applying knowledge**. Binghamton, New York: Haworth Press, 2007. p. 67–122.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Fungos micorrízicos. In: MOREIRA, F. M. S. (Ed.). **O ecossistema solo**. Lavras: UFLA, 2013. p. 291-310.

TALAVERA, M.; ITOU, K., MIZUKUBO, T. Reduction of nematode damage by root colonization with arbuscular mycorrhiza (*Glomus* spp.) in tomato-*Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Meloidogynidae) and carrot-*Pratylenchus penetrans* (Tylenchida: Pratylenchidae) pathosystems. **Applied Entomology and Zoology**, [S.l.:s.n.], v. 36, n. 3, p. 387–392, abr. 2001.

TIHOHOD, D. **Guia prático de identificação de fitonematóides**. Jaboticabal: FCAV: FAPESP, 1997. 246 p.

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 372 p.

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 473p.

VIGO, C.; NORMAN, J.R.; HOOKER, J.E. Biocontrol of the pathogen *Phytophthora parasitica* by arbuscular mycorrhizal fungi is a consequence of effects on infection loci. **Plant Pathology**, [S.l.:s.n.], v. 49, n. 4, p. 509– 514, agost. 2000.

VOS, C.M.; TESFEHUN A.N.; PANIS B.; WAELE, D. De; ELSSEN, A. Arbuscular mycorrhizal fungi induce systemic resistance in tomato against the sedentary nematode *Meloidogyne incognita* and the migratory nematode *Pratylenchus penetrans*. **Applied Soil Ecology**, [S.l.], Elsevier, v. 61, p. 1– 6, out. 2012a.

VOS, C.M.; GEERINCKX, K.; MKANDAWIRE, R.; PANIS B.; WAELE, D. De; ELSSEN, A. Arbuscular mycorrhizal fungi affect both penetration and further life stage development of root-knot nematodes in tomato. **Mycorrhiza**, [S.l.], Springer-Verlag, v. 22, n. 2, p.157–163, fev. 2012b.

WANG, X.; PAN, Q.; CHEN, F.; YAN, X.; LIAO, H. Effects of co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on soybean growth as related to root architecture and availability of N and P. **Mycorrhiza**, [S.l.], Springer-Verlag, v. 21, n. 3, p.173–181, abr. 2011.

WHIPPS, J.M. Prospects and limitations for mycorrhizals in biocontrol of root pathogens. **Canadian Journal of Botany**, [S.l.:s.n.], v. 82, n. 8, p. 1198–1227, 2004.

WHIPPS, J. Microbial Interactions and Biocontrol in the Rizosphere. **Journal of Experimental Botany**, [S.l.:s.n.], v. 52, n. 1, p. 487-51, jul. 2000.

YORINORI, J. T. Situação atual das doenças potenciais no cone sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina/PR: Embrapa Soja, 2002. p. 171-187.

## 4 ARTIGO

### **SUPRESSÃO DO NEMATOIDE *Pratylenchus brachyurus* E ESTÍMULO AO CRESCIMENTO DA SOJA POR FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR<sup>1</sup>**

#### RESUMO

A expansão das áreas de produção e o sistema de monocultivo da soja resultam no aumento da aplicação de fertilizantes e agrotóxicos, e na intensificação de alguns problemas fitossanitários, como os danos causados pelos fitonematoídeos. Os fungos micorrízicos arbusculares podem contribuir para aumentar o crescimento das plantas e reduzir os problemas causados pelos nematoídeos na cultura da soja. O objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* no crescimento das plantas de soja e na supressão do nematoídeo *Pratylenchus brachyurus*. Dois ensaios foram conduzidos em casa de vegetação. No primeiro ensaio foi avaliado o crescimento da soja na presença e na ausência do fungo micorrízico *R. clarus*. No segundo ensaio foram avaliados os danos causados pelo nematoídeo *P. brachyurus* na cultura da soja cultivada na presença e na ausência do *R. clarus*. No período de florescimento da soja foram avaliados a altura, o diâmetro de colmo, a fitomassa da parte aérea e radicular, a nodulação, o índice relativo de clorofila, o teor de nutrientes do tecido vegetal, o número de *P. brachyurus* no solo e penetrados no sistema radicular, o fator de reprodução dos nematoídeos, o número de esporos fúngicos no solo e a colonização micorrízica das raízes. Os resultados demonstraram que a micorrização aumentou o crescimento, a nodulação e a absorção de nutrientes das plantas de soja, cultivadas em solo com ou sem o nematoídeo. A colonização micorrízica reduziu a penetração do *P. brachyurus* nas raízes da soja, apesar do maior número de nematoídeos no solo. A presença do nematoídeo influenciou a colonização micorrízica das plantas de soja. A adoção de práticas de manejo sustentáveis que favoreçam as populações de FMAs no solo, pode ser uma estratégia para o aumento e/ou manutenção da produtividade das lavouras e redução dos danos causado pelo *P. brachyurus*.

**Palavras-chave:** Colonização micorrízica. *Glycine max* (L) Merrill. Nematoides das lesões radiculares. Proteção de plantas. *Rhizophagus clarus*.

---

<sup>1</sup> Este artigo foi elaborado de acordo com as normas da revista Brazilian Archives of Biology and Technology.

## ABSTRACT

The production expansion areas of soybean monoculture system result in increased fertilizers and pesticides application, and the intensification of some phytosanitary problems such as the damage caused by plant-parasitic nematodes. The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) increase plant growth and reduce the problems caused by nematodes in soybean. The objective of this work was to study the effect of arbuscular mycorrhizal fungi *Rhizophagus clarus* in the growth of soybean plants and the nematode *Pratylenchus brachyurus* suppression. Two trials were conducted in a greenhouse. In the first experiment evaluated the growth of soybeans in the presence and absence of the mycorrhizal fungus *R. clarus*. In the second trial was carry out the damage caused by the *P. brachyurus* in soybean grown in the presence and absence of *R. clarus*. In soybean flowering period evaluated the height, stem diameter, the dry matter of root and shoot, nodulation, the relative chlorophyll index, the nutrient content of the plant tissue, the number of the nematode in soil and penetrated to the root system, the reproduction factor of the nematode, the number of fungal spores in the soil and mycorrhizal colonization of roots. The results showed that mycorrhiza increased the growth, nodulation and nutrient uptake of soybean plants grown in soil with or without nematode. The mycorrhizal colonization reduced the penetration of the nematode in soybean roots, despite the greater number of nematodes in the soil. The presence of the nematode influenced mycorrhizal colonization of soybean plants. The use of sustainable management practices that favor the populations of AMF in the soil, can be a strategy for increasing and/or maintaining crop yields and reducing the affect caused by the *P. brachyurus*.

**Keywords:** *Glycine max* (L) Merrill. Mycorrhizal colonization. Nematodes of root lesions. Plant protection. *Rhizophagus clarus*.

## 4.1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merril) é a principal cultura agrícola do Brasil, ocupando, na safra 2014/2015, 32 milhões de hectares (CONAB, 2015). Atualmente o país é o segundo maior produtor e exportador mundial, subsequente aos EUA (CONAB, 2015). O cultivo da soja é, em sua maioria, desenvolvido em extensas áreas agrícolas de monocultivo, com grande demanda de fertilizantes e agrotóxicos, conseqüentemente elevando o custo de produção e os danos ambientais (BALSAN, 2006; BELO et al., 2012).

Uma das conseqüências mais danosas deste sistema de cultivo é a redução da biodiversidade do solo (BARETTA et al., 2006; BARETTA et al., 2011). Os microrganismos

do solo têm grande importância nos sistemas agrícolas e estão diretamente relacionados com a sustentabilidade, a qualidade do solo e a produtividade das culturas (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Desta forma, a redução da quantidade e da atividade dos microrganismos do solo pelas práticas agrícolas inadequadas pode resultar em desequilíbrio do sistema de cultivo e perdas de produção (MIRELES et al., 2009; MBUTHIA et al., 2015). Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) estão entre os microrganismos mais importantes para a sustentabilidade dos sistemas produtivos, porém são sensíveis às práticas de manejo do solo (OEHL, et al. 2003; OEHL, et al. 2010).

A associação mutualística entre FMAs e as raízes das plantas estimula o desenvolvimento vegetal e a absorção de água e nutrientes, principalmente o fósforo e os micronutrientes de difusão lenta, como o cobre e o zinco (SMITH; READ, 2008). As hifas e os micélios fúngicos proporcionam aumento da área de absorção pelo sistema radicular (STÜRMER; SIQUEIRA, 2013). Além dos benefícios diretos para o crescimento das plantas, a presença de FMAs têm influência positiva nas propriedades físicas e químicas do solo (BERBARA et al., 2006), aumenta a atividade biológica próximo às raízes (WANG et al., 2011) e atua contra estresses causados às plantas por fatores abióticos e bióticos (SMITH; READ 2008; GIANINAZZI et al., 2010).

Dentre os fatores bióticos de grande importância na cultura da soja estão os fitonematoides, os quais têm se tornado um sério problema para muitas lavouras nos últimos anos (INOMOTO, 2011). Diversas espécies de nematoides atacam esta cultura, mas o *Pratylenchus brachyurus* vêm recebendo destaque em função dos danos causados e das perdas econômicas (GOULART, 2008). Este nematoide é responsável pela formação de lesões radiculares nas plantas devido à sua alimentação, movimentação, e injeção de enzimas e toxinas no córtex radicular (FERRAZ, 2006; GOULART, 2008). Com isso, os processos de absorção de água e nutrientes pela planta são afetados, bem como a infecção por patógenos secundários é facilitada (GOULART, 2008). Por ser uma espécie bastante agressiva, polífaga, com ampla distribuição espacial e hábito migratório, tem seu manejo e controle dificultados (FERRAZ, 1995). Metodologias alternativas de controle têm sido estudadas, e dentre estas, a supressão dos nematoides pela presença de FMAs (HOL; COOK, 2005; AKHTAR; SIDDIQUI, 2008).

Diversos estudos utilizaram FMAs como antagonistas aos nematoides, principalmente fora do Brasil (HOL; COOK, 2005; VOS et al., 2012; TALAVERA et al., 2001; ELSESEN et al., 2008; FORGE et al., 2001; ELSESEN et al., 2003a; ELSESEN et al., 2003b; ELSESEN et al., 2003c; PEÑA et al., 2006; BRANDÃO et al., 2004), porém, ao nosso conhecimento, em



relação a espécie *P. brachyurus*, até o momento dois estudos foram desenvolvidos, um nos Estados Unidos com a cultura do algodão (HUSSEY; RONCADORI, 1978) e outro no Brasil com a soja, sendo este um trabalho de conclusão de curso, que apresentou resultados pouco representativos. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* no crescimento de plantas de soja e na supressão do nematoide migratório *Pratylenchus brachyurus*.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Solo

O solo, classificado como um Argissolo Vermelho Distrófico, foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, excluindo-se os resíduos vegetais da superfície, em uma área de pastagem nativa, sem histórico de cultivo, na cidade de Santa Maria – RS (29° 43' 38,34'' S e 53° 45' 33,96'' W).

O solo foi esterilizado por autoclavagem, durante 4 horas a 121°C, com o objetivo de eliminar FMAs e nematoides, seco à temperatura ambiente, peneirado e separado em vasos, contendo 3,5 kg de solo. Após foi realizada a reinoculação dos microrganismos nativos nos vasos, através da adição de solução extraída do mesmo solo não estéril, passando por peneiras de 500 Mesh para evitar a presença de nematoides e esporos de FMAs (HAYMANN; MOSSE, 1971). Para elevar o pH do solo foi adicionado carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e carbonato de magnésio (MgCO<sub>3</sub>) na proporção molar de Ca e Mg de 3:1. Após o solo permaneceu incubado por 40 dias à 70% da capacidade de campo.

A recomendação de adubação foi realizada de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS-RS/SC (2004), adicionando-se 50% da dose recomendada de P para que não ocorresse inibição da colonização micorrízica das plantas, tendo como referência o trabalho realizado por Ferreira et al. (2015), utilizando solo coletado na mesma área e mesma espécie de fungo micorrízico (*R. clarus*). Foram adicionadas 22,9 mg kg<sup>-1</sup> de P e 28 mg kg<sup>-1</sup> de K, na forma de solução com KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> na semeadura. Assim, antes do cultivo o solo apresentava as seguintes características: pH em água (1:1) 4,9; índice SMP 5,4; argila 27 g dm<sup>-3</sup>; P (Mehlich-1) 35,7 mg dm<sup>-3</sup>; K (Mehlich-1) 196 mg dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica (Walkley-Black) 26 g kg<sup>-1</sup>; Al trocável 1,1 cmol dm<sup>-3</sup>; Ca trocável 3,6 cmol dm<sup>-3</sup>; Mg trocável 1,8 cmol dm<sup>-3</sup>; CTC efetiva 7,1; CTC pH 7,0 14,7; Saturação por bases 40,7 %; Saturação por Al 15,5 %; Zn (Mehlich-1) 1,4 mg dm<sup>-3</sup>; Cu (Mehlich-1) 0,2 mg dm<sup>-3</sup>; S disponível 31 mg dm<sup>-3</sup>; B (água quente) 0,7 mg dm<sup>-3</sup>.

#### 4.2.2 Material biológico

O inóculo do nematoide constituiu-se de uma população pura de *P. brachyurus* (GODFREY, 1929) Filipjev e Schuurmans Stekhoven, multiplicada em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivar BRS 506, mantido em casa de vegetação. O preparo do inóculo foi realizado pelo tritramento das raízes, conforme técnica descrita por Hussey e Barker (1973), modificada por Boneti e Ferraz (1981).

O inóculo inicial do FMA *Rhizophagus clarus* (NICOLSON; SCHENCK, 2010) C. Walker e A. Schüßler (antigo *Glomus clarum*) foi obtido juntamente à Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota (CICG), sob a responsabilidade do Professor Ph.D. Sidney Stürmer da Universidade Regional de Blumenau, e multiplicado em cultura armadilha de *Brachiaria decumbens*. A extração dos esporos do solo foi realizada conforme a metodologia descrita por Gerdemann e Nicolson (1963). Os esporos foram contados com auxílio de microscópio estereoscópico e separados em alíquotas de 100 unidades em tubos de micro centrífuga.

#### 4.2.3 Condução do Experimento

Os dois ensaios foram conduzidos em casa de vegetação, dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições por tratamento, utilizando o mesmo solo e seguindo a mesma metodologia de instalação e avaliação. No primeiro ensaio foi avaliado o crescimento da soja em dois tratamentos: presença e ausência do fungo micorrízico *Rhizophagus clarus* no solo. No segundo ensaio foi avaliado o efeito do fungo micorrízico arbuscular *R. clarus* na supressão do nematoide *Pratylenchus brachyurus* em plantas de soja. Os dois tratamentos deste ensaio foram inoculados com o nematoide, sendo a soja cultivada na presença ou ausência do *R. clarus*.

Na semeadura foram adicionadas quatro sementes de soja, cultivar Nidera 5909, por vaso e após a emergência foi realizado o desbaste, permanecendo apenas uma planta por vaso. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, conforme recomendações do fabricante do inoculante. Abaixo das sementes foram adicionados aproximadamente 100 esporos viáveis de *R. clarus* por vaso de cultivo. E no estágio V3 de desenvolvimento da cultura, foi realizada a inoculação do nematoide. Foram abertos três orifícios de aproximadamente 5 cm de profundidade ao redor da plântula, nos quais foram incorporados 3 mL de uma suspensão contendo 2.000 ovos e juvenis de *P. brachyurus*, diluídos em 25 mL de água. A irrigação dos vasos foi realizada diariamente com adição de água destilada, visando manter o solo com umidade de aproximadamente 70% da capacidade de campo.

#### 4.2.4 Análises

No florescimento da cultura da soja realizou-se a avaliação da altura; diâmetro de colmo; fitomassa da parte aérea e radicular das plantas; índice relativo de clorofila; nodulação; análise química do tecido vegetal (para a determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn); quantificação do número de nematoides no solo e penetrados no sistema radicular e, fator de reprodução (FR); contagem do número de esporos fúngicos no solo e porcentagem de colonização micorrízica das raízes.

A altura de plantas foi determinada desde o solo até o ponto de inserção do último trifólio completamente expandido com auxílio de fita métrica e o diâmetro do colmo foi medido próximo a superfície do solo, com paquímetro. Após, a parte aérea das plantas foi coletada, as raízes lavadas e feita a quantificação e separação dos nódulos. O material vegetal foi seco em estufa a 65°C até atingir peso constante.

A avaliação do índice relativo de clorofila das plantas foi realizada a partir de um clorofilômetro portátil (SPAD-502, Minolta, Tokyo, Japan). Foram realizadas leituras no trifólio central da última folha trifoliolada completamente desenvolvida, em 5 pontos do limbo foliar de cada planta.

A análise química do tecido vegetal para determinação das concentrações de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn da parte aérea foram realizadas através de digestão ácida nítrico-perclórica ( $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ , na proporção de 3:1), avaliando-se em espectrofotômetro de absorção atômica (Perkin Elmer, Analyst 200); para o P as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Único 2100, Nova Jersey, USA) e o S por turbidimetria (Único 2100, Nova Jersey, USA) (TEDESCO et al. 1995; MIYAZAWA et al. 1999). A concentração de N da parte aérea das plantas foi determinada através de digestão com ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ ), seguida de destilação pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al. 1995; MIYAZAWA et al. 1999).

A avaliação do número de nematoides no solo foi realizada através do método de Jenkis (1964), de centrifugação - flutuação em sacarose. A avaliação da penetração dos nematoides no sistema radicular seguiu a metodologia de coloração de raízes de Byrd et al. (1983). Após a etapa de coloração, as raízes foram dispostas entre duas lâminas de vidro sob microscópio com aumento de 40 vezes para contagem do número de *P. brachyurus* penetrados. O Fator de Reprodução dos nematoides ( $\text{FR} = \text{Pf}/\text{Pi}$ ) foi calculado pela divisão entre a população inicial inoculada por vaso ( $\text{Pi}$ ) e a população final de nematoides no vaso (solo + raízes) ( $\text{Pf}$ ).

A extração dos esporos de *R. clarus* do solo foi realizada conforme Gerdemann e Nicolson (1963), seguido de contagem com auxílio de microscópio estereoscópico. Para a avaliação da porcentagem de colonização micorrízica, utilizou-se a metodologia de descoloração das raízes com KOH 10% e posterior coloração com Trypan blue 0,05%, descrita por Giovannetti e Mosse (1980). A porcentagem de colonização micorrízica do sistema radicular foi avaliada através da presença de hifas ou vesículas em 20 segmentos de 0,5 cm de comprimento, dispostos entre lâminas e lamínulas, e visualizados com auxílio de microscópio, com 40x de aumento.

#### **4.2.5 Análise Estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

### **4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **4.3.1 Ensaio I: Crescimento da soja na presença do fungo micorrízico**

A colonização micorrízica no sistema radicular das plantas de soja cultivadas na presença do fungo *R. clarus* foi eficiente, com 60% de colonização quantificada pela presença de vesículas, e com aproximadamente 100% dos segmentos de raízes com hifas fúngicas. A presença de esporos de fungos micorrízicos também foi elevada, quantificando-se 66 esporos por 50 mL de solo. Por outro lado, não foram encontrados esporos ou colonização radicular por FMA nas plantas cultivadas na ausência de *R. clarus* (dados não apresentados). Os resultados encontrados estão de acordo com Grümberg et al. (2015) que observaram uma colonização micorrízica de aproximadamente 90% avaliada pela presença de hifas e de 40% avaliada pela presença de vesículas de *Glomus* sp., em plantas de soja bem irrigadas. Urcoviche et al. (2015) avaliando o crescimento de plantas de menta na presença do fungo *R. clarus* encontraram aproximadamente 1,38 esporos g<sup>-1</sup> de solo seco e uma taxa de 43% de colonização micorrízica do sistema radicular.

A presença do fungo micorrízico *R. clarus* no solo estimulou o crescimento das plantas de soja. Os valores de altura, diâmetro do colmo, fitomassa seca da parte aérea e do sistema radicular foram superiores nas plantas micorrizadas em relação ao tratamento sem fungos micorrízicos no solo (Figura 1). Destaca-se que este estímulo mostrou ser de grande magnitude, tendo em vista que as plantas micorrizadas apresentaram fitomassa seca da parte aérea e radicular, respectivamente, 102 e 140% superior às plantas não micorrizadas.

O estímulo ao crescimento das plantas na presença de FMAs pode ser atribuído tanto a mecanismos de ordem nutricional, como não-nutricional (SMITH; READ, 2008; GIANINAZZI et al., 2010). Os mecanismos nutricionais estão relacionados ao favorecimento da absorção e aporte de nutrientes ao tecido vegetal, principalmente de P (SCHÜBLER et al. 2001; SMITH; READ, 2008). E os não-nutricionais estão relacionados a alterações bioquímicas e fisiológicas que melhoram a relação água-planta e aumentam a síntese de auxinas, citocininas, giberelinas, vitaminas e compostos orgânicos bioativos, além do aumento da tolerância contra estresses causados por fatores bióticos e abióticos (SIQUEIRA et al., 2007; VOS et al., 2012; BAUM et al., 2015).

As plantas da família das leguminosas são altamente micotróficas, apresentando grande dependência de colonização micorrízica para o seu crescimento (ORTAS et al., 2012). Resultado similar ao presente estudo foi encontrado por Pereira et al. (2013), o qual observou que a presença de FMAs *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* exerce influência positiva sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas de soja, observados através da fitomassa seca da parte aérea e do sistema radicular.

A presença de *R. clarus* no solo resultou em grande estímulo à nodulação (Figura 2). O número de nódulos foi 157% maior nas plantas micorrizadas, porém o maior estímulo foi observado na massa de nódulos, com incremento de 836% em relação às plantas não micorrizadas.

A colonização micorrízica propicia aumento da área e da capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes das plantas e favorece a atividade biológica no entorno das raízes (SIQUEIRA et al., 2002). Além disso, aumenta a capacidade de absorção de fósforo pelo sistema radicular da cultura, estimulando a nodulação e a fixação biológica de nitrogênio (ORTAS, 2012). Os resultados deste estudo estão de acordo com Wang et al. (2011), os quais observaram que existe uma relação de sinergismo entre FMAs e rizóbios. Este mesmo efeito de sinergismo foi observado por Pereira et al. (2013), onde a inoculação de *G. margarita* e *G. clarum* aumentou a biomassa de nódulos secos em plantas de soja, inoculadas com as estirpes de *Bradyrhizobium* sp. (BR 33 e BR 29). Meng et al. (2015) observaram que a inoculação de *Glomus mosseae* e *Rhizobium* (SH212), em sistema de cultivo de soja e milho, aumentou a eficiência de absorção e o aporte de N pelas plantas de soja e promoveu a transferência deste N para a cultura do milho.

O índice relativo de clorofila também foi superior nas plantas micorrizadas (Figura 2), o qual pode estar relacionado a maior fixação biológica de N e ao maior aporte de nutrientes pela presença do FMA. Os resultados encontrados estão de acordo com Diaz

Franco et al. (2013) que observaram maior índice de clorofila e nutrientes (N, P, Fe e Zn) nas folhas de pimentão na presença do FMA *Rhizophagus intraradices* em relação às plantas não inoculadas. Grümberg et al., (2015) verificaram maior teor de clorofila nas folhas de soja inoculadas com *Septoglomus constrictum*, *Glomus* sp. e *Glomus aggregatum* em relação ao tratamento sem a presença de FMAs, tanto em condições de solo seco como em solo com umidade adequada.

Para a maioria dos nutrientes, a maior concentração na parte aérea foi observada no tratamento sem a presença do *R. clarus*, à exceção do K, S, Cu e Fe (Tabela 1). Este comportamento pode ser explicado pelo efeito de diluição, pois quando o valor acumulado por planta é calculado, todos os nutrientes foram absorvidos em maior quantidade nas plantas micorrizadas. Destaca-se que a micorrização mais que duplicou os acúmulos dos nutrientes acima citados na parte aérea das plantas.

Os resultados encontrados no presente trabalho estão de acordo com o estudo realizado por Bressan et al. (2001) avaliando o efeito da inoculação de FMAs, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita* e o *Glomus clarum*, em plantas de sorgo e soja. Os autores observaram que a presença de FMA aumentou a concentração de N, P, K, Zn e Cu nas duas plantas e, de forma semelhante, as concentrações de Ca, Mg e Mn foram maiores no tratamento sem inoculação, devido ao efeito de diluição destes nutrientes no tecido vegetal. De acordo com estudo realizado por Abdel-Fattah et al. (2015), as plantas de soja na presença de *Glomus constrictum* apresentaram maior crescimento e absorção de nutrientes, principalmente de P e N.

Em solos com altos níveis de P a colonização micorrízica das raízes pode ser inibida (BAGYARAJ et al., 2015). No presente estudo, apesar de o solo apresentar teor de 35,7 mg dm<sup>-3</sup> de P, considerado como Muito Alto pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS-RS/SC (2004), não houve inibição da colonização micorrízica. Em experimento realizado com solo proveniente de mesma área de coleta e utilizando o mesmo fungo (*R. clarus*), Ferreira et al. (2015) observaram porcentagens de colonização micorrízica em plantas de *Crotalaria juncea* de 79, 74 e 54% nos tratamentos com 5,6; 34,1 e 85,3 mg dm<sup>-3</sup> de P no solo, respectivamente. O número de esporos reduziu de 86 em 50 mL de solo no tratamento sem aplicação de P para 25 no tratamento com maior dosagem. Os resultados indicam que não houve um significativo prejuízo à micorrização, mesmo os solos apresentando teores relativamente altos de P. Este comportamento apresenta grande importância prática, pois indica que o produtor rural pode aproveitar os benefícios da micorrização através de práticas de agricultura mais sustentáveis, sem abandonar a adubação fosfatada, porém utilizando doses

moderadas. Desta forma, a adoção de práticas de manejo sustentáveis, visando a preservação e aumento das populações de FMAs, o que pode ser uma estratégia para o aumento e/ou manutenção da produtividade das lavouras com menor dependência de insumos externos à propriedade rural, menor custo econômico e impacto ambiental.

#### **4.3.2 Ensaio II: Supressão do nematoide *Pratylenchus brachyurus* pelo fungo micorrízico**

Uma eficiente colonização micorrízica é um pré-requisito para um possível efeito de biocontrole sob os nematoides (POZO; AZCON-AGUILAR, 2007). No presente estudo foi observado uma porcentagem de 35% de colonização micorrízica das raízes, avaliada pela presença de vesículas e, aproximadamente 100% das raízes colonizadas por hifas, sendo encontrados 63 esporos em 50 mL de solo (dados não apresentados). A menor quantidade de vesículas no sistema radicular das plantas de soja pode estar relacionada à competição entre FMAs e nematoides. Isto demonstra um efeito negativo da presença do nematoide sobre associação micorrízica. Esta influência do nematoide sobre o FMA também foi observada em estudo realizado por Elsen et al. (2003b), onde a presença dos nematoides, *Pratylenchus coffeae* e *Radopholus similis*, influenciou negativamente a colonização micorrízica pelo fungo *Glomus mosseae* em plantas de bananeira. Entretanto, este efeito de interação foi pouco pronunciado no presente estudo, visto que a inoculação de *P. brachyurus* não alterou o crescimento das plantas na presença do FMAs e não inibiu a colonização micorrízica radicular, vista pela presença de hifas nas raízes.

A presença do fungo micorrízico *R. clarus* estimulou o crescimento das plantas de soja, mesmo na presença do nematoide *P. brachyurus*, quando os parâmetros avaliados foram a fitomassa seca da parte aérea e do sistema radicular e o diâmetro de colmo (Figura 3). Não houve diferença significativa na altura das plantas entre os tratamentos, no entanto os valores tenderam a ser superiores no tratamento com a presença do FMA. As plantas com melhores condições nutricionais apresentam maior tolerância ao ataque de *P. brachyurus* (GOULART, 2008). Talavera et al. (2001) observaram que a presença de *G. mosseae* aumentou a fitomassa de plantas de cenoura, mesmo na presença do nematoide *Pratylenchus penetrans* e reduziu em 49% a densidade de nematoides no solo. Carling et al. (1989) observaram que o crescimento e a produtividade das plantas de soja foram estimulados na presença de *Gigaspora margarida* e *Glomus etunicatum* sob menores níveis de P no solo, mesmo na presença do nematoide *Meloidogyne incognita*.

O maior estímulo ao crescimento das plantas na presença do FMA está diretamente relacionado com a supressão do ataque dos nematoides. Este efeito pode ser observado

através da redução de 64% no número de *P. brachyurus* penetrados no sistema radicular das plantas cultivadas na presença do FMA em relação ao tratamento sem o fungo micorrízico (Tabela 2). Resultados similares aos do presente estudo foram encontrados por Vos et al. (2012), os quais observaram uma população reduzida de juvenis de *P. penetrans* na presença do fungo micorrízico *G. mosseae*, em plantas de tomate. Hussey e Roncadori (1978), observaram que o número de nematoides nas raízes de plantas de algodão foi menor nas plantas micorrizadas em relação as inoculadas somente com *P. brachyurus*. Além disso, Elsen et al. (2008) verificaram que a presença do fungo *Glomus intraradices* reduz em mais de 50% a população de *Radopholus similis* e *Pratylenchus coffeae* em plantas de banana.

A presença do FMA além de contribuir no aporte nutricional para a planta melhorando seu vigor (HUSSEY; RONCADORI, 1982), induz a ativação de mecanismos de defesa da planta contra o ataque de nematoides (AZCÓN-AGUILAR et al., 2002; WIPPS, 2004; SCHOUTEDEN et al., 2015). Estes autores diferenciaram possíveis modos de ação relacionados a presença de FMAs contra o ataque de nematoides: aumento da competição por espaço e alimento no tecido radicular; estímulo ao crescimento, nutrição e modificações morfológicas nas plantas, como o aumento da lignificação e suberização dos tecidos, e o aumento na absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular das plantas; alterações bioquímicas relacionadas aos mecanismos de defesa e resistência induzida das plantas, como modificação na composição de exsudatos radiculares, produção de compostos fenólicos, hormônios e fitoalexinas, que atuam como repelentes ao ataque do nematoide; e desenvolvimento de uma microbiota antagônica. Entretanto, Whipps (2004) destacou que pode haver uma grande variabilidade do efeito de controle, como o isolado de FMA, a espécie vegetal hospedeira, a espécie do agente patogênico e outras variáveis ambientais.

O número total de *P. brachyurus* no solo foi 59% superior na presença de *R. clarus* (Tabela 2). No presente estudo, a micorrização não suprimiu o número de nematoides no solo, o que está de acordo com um estudo realizado por Brandão et al. (2004), onde a micorrização não suprimiu o primeiro ciclo de reprodução de *P. coffeae* nas raízes de gravioleiras e no solo. A interação entre FMAs, nematoides e planta hospedeira interferem no efeito de resistência, a presença de FMA pode estimular a tolerância das plantas contra o ataque pelo nematoide, bem como interferir na reprodução do nematoide e vice-versa (Pinochet et al., 1996). Diante disso, mais estudos devem ser realizados em condições diferenciadas para evidenciar os efeitos da presença de FMAs contra o ataque do *P. brachyurus* em culturas de interesse econômico.

Este aumento no número de indivíduos no solo também pode estar relacionado ao incremento na exsudação radicular das plantas pela presença do FMA, que indiretamente pode



ter estimulado a reprodução dos nematoides no solo. Em trabalho realizado por Cofcewicz et al. (2001), observaram que raízes de plantas de tomate micorrizadas podem atrair um maior número de juvenis de *Meloidogyne javanica* e aumentar a eclosão de ovos devido ao incremento na produção de exsudatos radiculares. Entretanto, no presente trabalho houve um aumento na resistência a penetração no sistema radicular da cultura pela presença do FMA, que pode ser explicada pela maior competição por espaço e alimento no tecido radicular e/ou modificações morfológicas nas plantas, como o aumento da lignificação e suberização dos tecidos radiculares colonizados. Este comportamento também foi observado por Alban et al. (2013) verificando que a presença de FMAs pode aumentar a lignificação do tecido radicular de plantas de café, dificultando a penetração do nematoide *Meloidogyne exigua*. Além disso, os FMAs estimulam a absorção e transporte de nutrientes pelas plantas, melhorando seu estado nutricional, o que auxilia na resistência ao ataque de nematoides. Vos et al. (2012) observaram que a presença de *Glomus mosseae* teve efeito de resistência local e sistêmica contra o ataque de *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus penetrans* em plantas de tomate. Tendo em vista a maior quantidade de nematoides presentes no solo, o Fator de Reprodução foi maior na presença do fungo micorrízico e superior a 1, demonstrando a suscetibilidade desta cultivar de soja ao ataque deste nematoide.

Houve grande aumento da nodulação das plantas de soja na presença dos FMAs em relação ao tratamento sem inoculação (Figura 4). A presença de *R. clarus* proporcionou um aumento de 131% e 260% no número e massa seca de nódulos, respectivamente, em relação ao tratamento sem a presença do FMA. Este comportamento evidencia o efeito benéfico do FMA sobre as plantas de soja mesmo na presença dos nematoides. A nodulação de leguminosas é afetada negativamente pela presença de nematoides, conforme observado por Adegbite (2007) que verificou a redução da nodulação de plantas de soja suscetíveis ao ataque de *M. incognita* em relação as variedades tolerantes, onde houve aumento da nodulação.

O índice relativo de clorofila também foi superior no tratamento com a inoculação de *R. clarus* (Figura 4), o que indica maior absorção e aporte de N pelas plantas, mesmo quando o solo está infestado pelo nematoide *Pratylenchus brachyurus*. A presença do FMA aumenta o teor de clorofila nas folhas da cultura da soja, mesmo na presença do nematoide. Este comportamento também foi observado por Asmus et al. (2001) que relatam uma ligeira redução nos teores de clorofila das folhas da soja na presença do nematoide *Meloidogyne javanica*. Para o nematoide *Heterodera glycines* também foi observada a redução do teor de clorofila nas folhas de soja (ASMUS et al., 2002)

A concentração dos nutrientes N, K e Mg no tecido da parte aérea foi superior no tratamento sem a presença de FMA (Tabela 3). No entanto, a quantidade de nutrientes acumulada por planta foi maior na presença do *R. clarus*, o que pode ser atribuído ao efeito de diluição dos nutrientes no tecido vegetal. Os teores de S no tecido não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, porém o Mg e K foram absorvidos em maiores quantidades no tratamento sem o fungo micorrízico. Este comportamento pode ser atribuído a algum distúrbio metabólico das plantas causado pela presença do nematoide. A relação entre plantas e nematoides é bastante variável e dependente de uma série de fatores, como espécie de nematoide, planta hospedeira e condições edafoclimáticas (CARNEIRO; MAZZAFERA, 2001). Conforme observado por Gonçalves et al. (1995), as plantas de café na presença de *Meloidogyne incognita* não apresentaram alterações para os teores de N, Ca e Cu, mas redução nos níveis de P, Mg, Fe, Mn e B e aumento nos teores de K e Zn.

A presença de colonização micorrízica estimula a absorção de nutrientes pelas plantas, o que está diretamente relacionado com o aumento do vigor e tolerância ao ataque pelos nematoides (GOULART et al., 2008). Este efeito tem grande importância para combater os danos causados pelos nematoides nas culturas, pois estes prejudicam a absorção de água e nutrientes pelas plantas (LIMA et al., 2015). Visto que, ao nosso conhecimento, ainda não existem trabalhos avaliando a interação entre FMAs e *P. brachyurus* e seu efeito em relação a absorção e ao aporte de nutrientes em plantas de soja. Sendo assim, a manutenção dos FMAs no solo pode representar uma estratégia para manter o crescimento e o desenvolvimento das culturas e conseqüentemente atuar como antagonista ao ataque pelos nematoides. Desta forma, novos trabalhos devem ser realizados utilizando FMAs como agente de controle e/ou amenização dos danos causados pela presença de nematoides, principalmente com *Pratylenchus brachyurus*, visando esclarecer os mecanismos de atuação dos FMAs na supressão dos nematoides e aplicabilidade em lavouras comerciais.

#### 4.4 CONCLUSÕES

A micorrização aumenta o crescimento, a nodulação e a absorção de nutrientes das plantas de soja, cultivadas em solo com ou sem o nematoide *Pratylenchus brachyurus*.

A colonização micorrízica reduz a penetração do nematoide *Pratylenchus brachyurus* nas raízes da soja, porém apresenta efeito positivo sobre a reprodução dos nematoides no solo.

A presença do *Pratylenchus brachyurus* no solo pode influenciar a eficiência da colonização micorrízica em plantas de soja.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-FATTAH, G.M.; ASRAR, A.A.; AL-AMRI, S.M.; ABDEL-SALAM, E.M. Influence of arbuscular mycorrhiza and phosphorus fertilization on the gas exchange, growth and phosphatase activity of soybean (*Glycine max* L.) plants. *Photosynthetica*. 2014; 52 (4): 581-588.

ADEGBITE, A. A. Screening of edible soybean varieties for resistance to the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, under field conditions. *Nematology*. 2007; 9(5): 713-718.

AKHTAR, M.S.; SIDDIQUI, Z.A. Arbuscular mycorrhizal fungi as potential bioprotectants against plant pathogens. In: SIDDIQUI, Z.A.; AKHTAR, M.S.; FUTAI, K. (Ed.) *Mycorrhizae: sustainable agriculture and forestry*. 1. ed. Holanda: Springer Science + Business Media; 2008. p. 61–97.

ALBAN, R.; GUERRERO, R.; TORO, M. Interactions between a root knot nematode (*Meloidogyne exigua*) and arbuscular mycorrhizae in coffee plant development (*Coffea arabica*). *Am J Plant Sci*. 2013; 4: 19-23.

ARAÚJO. A. S. F. de; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Bioscience J*. 2007; 23(3): 66-75.

ASMUS, G.; FERRAZ, L. C. C. B. Relações entre a densidade populacional de *Meloidogyne javanica* e a área foliar, a fotossíntese e os danos causados a variedades de soja. *Nematologia Brasileira*. 2001; 25: 1-13.

ASMUS, G.; FERRAZ, L. C. C. B. Effect of population densities of *Heterodera glycines* RACE 3 on leaf area, photosynthesis and yield of soybean. *Fitopatologia Brasileira*. 2002; 27: 273-278.

AZCÓN-AGUILAR, C., JAIZME-VEGA, M.C., CALVET, C. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to the control of soilborne pathogens. In: GIANINAZZI, S., SCHÜEPP, H., BAREA, J.M., HASSELWANDTER, K. (Ed.). *Mycorrhizal technology in agriculture*. Basel, Suíça: Birkhäuser BioSciences; 2002. p. 187-197.

BAGYARAJ, D. J.; SHARMA, M. P.; MAITI, D. Phosphorus nutrition of crops through arbuscular mycorrhizal fungi. *Curr Sci*. 2015; 108(7): 1289-1293.

BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da Agricultura brasileira. *CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária*. 2006; 1(2): 123-151.

BARETTA, D.; MAFRA, A.L.; SANTOS, J.C.P.; AMARANTE, C.V.T.; BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. *Pesqui Agropecu Bras*. 2006; 41(11): 1675-1679.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; DE OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: FILHO, O.K.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2011. p. 119-170.

BAUM, C.; EL-TOHAMY, W.; GRUDA, N. Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: A review. *Sci Hortic-Amsterdam*. 2015; 187: 131–141.

BELO, M. S. da S. P.; PIGNATI, W.; DORES, E. F. G. de C.; MOREIRA, J. C.; PERES, F. Uso de agrotóxicos na produção de soja do Estado do Mato Grosso: um estudo preliminar de riscos ocupacionais e ambientais. *Rev Bras Saúde Ocup*. 2012; 37 (125): 78-88.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FERNADES, M. S. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2006. p. 53-88.

BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* do cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*. 1981; 6(3): 553.

BRANDÃO, J.A.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; PEDROSA, E.M.R.; MAIA, L.C. Interação entre Fungos Micorrízicos Arbusculares e *Pratylenchus coffeae* na Produção de Mudanças de Graviola (*Annona muricata*). *Nematologia Brasileira*. 2004; 28: 27-33.

BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J. O.; VASCONCELLOS, C. A.; PURCINO, A.A.C. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. *Pesqui Agropecu Bras*. 2001; 36(2): 315-323.

BYRD, Jr. D. W.; KIRKPATRICK, J.; BAEKER, K. R. An improved technique for clearing and staining plant tissues for detection of nematodes. *J Nematol*. 1983; 15(1): 142-143.

CARLING, D. E.; RONCADORI, R. W.; HUSSEY, R. S. Interactions of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, root-knot nematode, and phosphorus fertilization on soybean. *Plant Dis J*. 1989; 73(9): 730-733.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; CARVALHO, D.; BOTELHO, S. & ORIVALDO JÚNIOR, J.S. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. *Cerne*, 4:129-145, 1998.

COFCEWICZ, E.T.; MEDEIROS, C.A.B.; CARNEIRO, R.M.D.G.; PIEROBOM, C.R. Interação dos fungos micorrízicos arbusculares *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* e o nematóide das galhas *Meloidogyne javanica* em tomateiro. *Fitopatol. bras*. 26(1), 2001.

COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 2 - Safra 2014/15, n. 11 – Décimo primeiro levantamento,

Brasília. 2015. p. 1-101. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_08\\_11\\_08\\_55\\_08\\_boletim\\_graos\\_agosto\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_08_11_08_55_08_boletim_graos_agosto_2015.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2015.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS-RS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2004. 400 p.

CORDEIRO, R. G.; MAZZAFERA, P. Relação fonte-dreno e absorção e transporte de minerais em plantas infectadas por nematoides. In: SILVA, J. F. V. Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja. Londrina: Embrapa Soja; 2001. 127 p.

DIAZ FRANCO, A., ALVARADO CARRILLO, M., ORTIZ CHAIREZ, F., GRAGEDA CABRERA, O. Plant nutrition and fruit quality of pepper associated with arbuscular mycorrhizal in greenhouse. *Rev Mex Ciências Agrícolas*. 2013; 4: 315–321.

ELSEN, A.; BEETERENS, R.; SWENNEN, R.; De WAELE, D. Effects of an arbuscular mycorrhizal fungus and two plant-parasitic nematodes on *Musa* genotypes differing in root morphology. *Biol Fert Soils*. 2003a; 38: 367–376.

ELSEN, A.; BAIMEY, H.; SWENNEN, R.; DE WAELE, D. Relative mycorrhizal dependency and mycorrhiza-nematode interaction in banana cultivars (*Musa* spp.) differing in nematode susceptibility. *Plant and Soil*. 2003b; 256: 303–313.

ELSEN, A.; DECLERCK, S., DE WAELE, D. Use of Root Organ Cultures To Investigate the Interaction between *Glomus intraradices* and *Pratylenchus coffeae*. *Appl Environ Microb*. 2003c.; 69(7): 4308–4311.

ELSEN, A.; GERVACIO, D.; SWENNEN, R.; DE WAELE, D. AMF-induced biocontrol against plant parasitic nematodes in *Musa* sp.: a systemic effect. *Mycorrhiza*. 2008; 18: 251–256.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). Manual de fitopatologia: princípios e conceitos. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres; 1995. p. 168-201.

FERRAZ, L. C. C. B. O nematoide *Pratylenchus brachyurus* e a soja sob plantio direto. *Revista Plantio Direto*. 2006; 96: 23-27.

FERREIRA, D. F. Sistemas de análise estatística para dados balanceados. Lavras: UFLA/DEX/SISVAR, 2000. 145p.

FERREIRA, P.A.A., CERETTA, C.A., SORIANI, H.H., TIECHER, T.L., SOARES, C.R.F.S., ROSSATO, L.V., CORNEJO, P. *Rhizophagus clarus* and phosphate alter the

physiological responses of *Crotalaria juncea* cultivated in soil with a high Cu level. *Appl Soil Ecol.* 2015; 91: 37–47.

FORGE, T.; MUEHLCHEN, A.; HACKENBERG, C.; NEILSEN, G.; VRAIN, T. Effects of preplant inoculation of apple (*Malus domestica* Borkh.) with arbuscular mycorrhizal fungi on population growth of the root-lesion nematode, *Pratylenchus penetrans*. *Plant and Soil.* 2001; 236: 185–196.

GERDEMANN, J.B., NICOLSON, T.H., Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans Brit Mycol Society J.* 1963; 46: 235– 246.

GIANINAZZI, S.; GOLLOTTE, A.; BINET, M.N.; VAN TUINEN, D.; REDECKER, D.; WIPF, D. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza.* 2010; 20(8): 519-30.

GIOVANNETTI, M., MOSSE, B., An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 1980; 84: 489–500.

GONÇALES, W.; MAZZAFERA, P.; FERRAZ, L.C.C.B.; SILVAROLLA, M.B.; LIMA, M.M.A. Biochemical basis of coffee tree resistance to *Meloidogyne incognita*. *Plantations, Recherche, Développement.* 1995; 2: 54-58.

GOULART, A. M. C. Aspectos gerais sobre nematoides das lesões radiculares (Gênero *Pratylenchus*). Planaltina: Embrapa Cerrados; 2008. 30 p.

GRÜMBERG, B. C.; URCELAY, C.; SHROEDER, M. A.; VARGAS-GIL, S.; LUNA, C. M. The role of inoculum identity in drought stress mitigation by arbuscular mycorrhizal fungi in soybean. *Biol Fert Soils.* 2015; 51: 1–10.

HOL G.W.H.; COOK, R. An overview of arbuscular mycorrhizal fungi-nematode interactions. *Basic Appl Ecol.* 2005; 6: 489–503.

HAYMANN, D.S., MOSSE, B., Plant growth response to vesicular-arbuscular mycorrhiza. I. growth of endogone inoculated plants in phosphate deficient soils. *New Phytol.* 1971; 70: 19–27.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. *Plant Dis Rep.* 1973; 57(12).

HUSSEY R. S.; RONCADORI R. W. Interaction of *Pratylenchus brachyurus* and *Gigaspora margarita* on Cotton. *J Nematol.* 1978; 10.

INOMOTO, M. M. Avaliação da resistência de 12 híbridos de milho a *Pratylenchus brachyurus*. *Trop Plant Pathol.* 2011; 36(5): 308-312.

JENKINS, W R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Dis Rep.* 1964; 48: 692.

LIMA, F. S. DE O.; dos SANTOS, G. R.; NOGUEIRA, S. R.; dos SANTOS, P. R. R.; CORREA, V. R. Population dynamics of the root lesion nematode, *Pratylenchus brachyurus*, in soybean fields in Tocantins state and its effect to soybean yield. *Nematropica*. 2015; 45(2): 170 – 177.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; de OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Patafós; 1997. 319 p.

MBUTHIA, L. W.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; DEBRUYN, J.; SCHAEFFER, S.; TYLER, D.; ODOI, E.; MPHESHEA, M.; WALKER, F.; EASH, N. Long term tillage, cover crop, and fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. *Soil Biol Bioch*. 2015; 89: 24 – 34.

MENG, L.; ZHANG, A.; WANG, F.; HAN, X.; WANG, D.; LI, S. Arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobium facilitate nitrogen uptake and transfer in soybean/maize intercropping system. *Front Plant Sci*. 2015; 6: 1-10.

MERILES, J.M.; VARGAS GIL, S.; CONFORTO, C.; FIGONI, G.; LOVERA, E.; MARCH, G.J.; GUZMÁN, C.A. Soil microbial communities under different soybean cropping systems: Characterization of microbial population dynamics, soil microbial activity, microbial biomass, and fatty acid profiles. *Soil Till Res*. 2009; 103: 271–281.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MURAOKA, T. et al. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. (Org.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; 1999. p. 171-224.

NICOLSON, T.H., SCHENCK, N.C., In: WALKER, A., SCHÜßLER, A. (Ed.) *The Glomeromycota: a Species List with New Families and New Genera*. 1° ed. Gloucester, England: CreateSpace Independent Publishing Platform; 2010. 58p.

OEHL, F., SIEVERDING, E., INEICHEN, K., MÄDER, P., BOLLER, T., WIEMKEN, A. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. *Appl Environ Microbiol*. 2003; 69: 2816 – 2824.

OEHL, F.; LACZKO, E.; BOGENRIEDER, A.; STAHR, K.; BÖSCH, R.; VAN DER HEIJDEN, M.; SIEVERDING, E. Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Soil Biol Bioch*. 2010; 42: 724 – 738.

ORTAS, I. The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions. *Field Crop Res*. 2012; 125: 35-48.

PEÑA, E de la; ECHEVERRÍA, S.R.; PUTTEN, W. H. van der; FREITAS, H.; MOENS, M. Mechanism of control of root-feeding nematodes by mycorrhizal fungi in the dune grass *Ammophila arenaria*. *New Phytol*. 2006; 169: 829–840.

PEREIRA, M. G.; SANTOS, C. E. R. S.; DE FREITAS, A. D. S.; STAMFORD, N. P.; DA ROCHA, G. S. D. C.; BARBOSA, A. T. Interações entre fungos micorrízicos arbusculares, rizóbio e actinomicetos na rizosfera de soja. *Rev Bras Eng Agri Amb.* 2013; 17(12): 1249–1256.

PINOCHET, J.; CALVET, C.; CAMPRUBI, A.; FERNANDEZ, C. Interactions between migratory endoparasitic nematodes and arbuscular mycorrhizal fungi in perennial crops: a review. *Plant Soil*, [S.l.], Kluwer Academic Publishers, v. 185, n. 2, p.183–190, set. 1996.

POZO, M.; AZCON-AGUILAR, C. Unravelling mycorrhiza-induced resistance. *Curr Opin Plant Biol.* 2007; 10: 393 – 398.

SCHOUTEDEN, N.; DE WAELE, D.; PANIS, B.; VOS, C. M. Arbuscular mycorrhizal fungi for the biocontrol of plant-parasitic nematodes: a review of the mechanisms involved. *Front Microbiol.* 2015; 6: 1-12.

SCHÜBLER, A.; SCHWARZOTT, D., WALKER, C. A New Fungal Phylum, the Glomeromycota, *Phylogeny and Evolution*. The British Mycological Society. 2001; 105(12): 1413-1421.

SIQUEIRA, J. O.; SOAREA, C. R. F. S.; SANTOS, J. G. D.; SCHNEIDER, J.; CARNEIRO, M. A. C. Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. In: *Tópicos em Ciência do Solo*. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2007. p. 219-306,

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares: Características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. *Biotechnology Ciência e Desenvolvimento*. 2002; 25: 12-21.

SMITH, S.; READ, D., *Mycorrhizal Symbiosis*, 3. ed., San Diego: Academic Press; 2008, 605 p.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Fungos micorrízicos. In: MOREIRA, F. M. S. (Ed.). *O ecossistema solo*. Lavras: UFLA; 2013. p. 291-310.

TALAVERA, M.; ITOU, K., MIZUKUBO, T. Reduction of nematode damage by root colonization with arbuscular mycorrhiza (*Glomus* spp.) in tomato-*Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Meloidogynidae) and carrot-*Pratylenchus penetrans* (Tylenchida: Pratylenchidae) pathosystems. *Appl Entomol Zool.* 2001; 36 (3): 387–392.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS; 1995. 174p.



URCOVICHE, R. C.; GAZIM, Z. C.; DRAGUNSKI, D. C.; BARCELLOS, F. G.; ALBERTON, O. Plant growth and essential oil content of *Mentha crispa* inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi under different levels of phosphorus. *Industrial Crops and Products*. 2015; 67: 103–107.

VOS, C.M.; TESFEHUN A.N.; PANIS B.; WAELE, D. De; ELSEN, A. Arbuscular mycorrhizal fungi induce systemic resistance in tomato against the sedentary nematode *Meloidogyne incognita* and the migratory nematode *Pratylenchus penetrans*. *Appl Soil Ecol*. 2012; 61: 1– 6.

WANG, X.; PAN, Q.; CHEN, F.; YAN, X.; LIAO, H. Effects of co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on soybean growth as related to root architecture and availability of N and P. *Mycorrhiza*. 2011; 21: 173–181.

WHIPPS, J.M. Prospects and limitations for mycorrhizals in biocontrol of root pathogens. *Can J Bot*. 2004; 82: 1198–1227.

Tabela 1 - Concentração e acúmulo de nutrientes na parte aérea por planta de soja, cultivada em casa de vegetação na presença e na ausência do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Rhizophagus clarus* e avaliadas no período de florescimento da cultura.

<b>Macronutrientes</b>	<b>FMA</b>	<b>Concentração (g kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Acumulado (g pl<sup>-1</sup>)</b>
<b>N</b>	-	45,19 a <sup>z</sup>	85,41 b
	+	30,87 b	101,16 a
<b>P</b>	-	2,17 a	4,03 b
	+	1,74 b	5,72 a
<b>K</b>	-	10,39 b	20,12 b
	+	13,52 a	44,42 a
<b>Ca</b>	-	6,44 a	12,34 b
	+	4,42 b	14,55 a
<b>Mg</b>	-	3,83 a	7,45 b
	+	3,45 b	12,92 a
<b>S</b>	-	1,87 b	3,53 b
	+	2,36 a	7,59 a
<b>Micronutrientes</b>	<b>FMA</b>	<b>Concentração (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Acumulado (mg pl<sup>-1</sup>)</b>
<b>Cu</b>	-	8,79 b	17,00 b
	+	11,17 a	35,95 a
<b>Fe</b>	-	86,23 a	165,10 b
	+	93,08 a	308,20 a
<b>Mn</b>	-	238,14 a	455,55 b
	+	222,17 b	737,49 a
<b>Zn</b>	-	42,92 a	80,22 b
	+	36,73 b	118,44 a

<sup>z</sup>As letras referem-se à comparação das médias dos tratamentos com e sem inoculação de FMA para cada nutriente avaliado, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2 - Número de nematoides presentes em 100 g de solo, fator de reprodução (FR) e o número de nematoides penetrados nas raízes de plantas de soja, cultivada em casa de vegetação na presença do nematoide *Pratylenchus brachyurus* e, na presença e ausência do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus*, avaliadas no período de florescimento da cultura.

<b>Tratamentos</b>	<b>Nematoides Penetrados</b>	<b>Nematoides no Solo</b>	<b>FR</b>
<i>Pratylenchus brachyurus</i>	19,75 a <sup>z</sup>	24,99 b	1,43 b
<i>Rhizophagus clarus</i> + <i>Pratylenchus brachyurus</i>	7,11 b	60,51 a	4,22 a
<b>CV%</b>	10,65	15,47	13,64

<sup>z</sup>As letras referem-se à comparação das médias dos tratamentos com e sem inoculação de FMA para cada parâmetro avaliado, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3 - Concentração e acúmulo de nutrientes na parte aérea por planta de soja, cultivadas em casa de vegetação na presença do nematoide *Pratylenchus brachyurus* e, na presença e ausência do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus*, avaliadas no período de florescimento da cultura.

<b>Macronutrientes</b>	<b>FMA</b>	<b>Concentração (g kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Acumulado (g pl<sup>-1</sup>)</b>
<b>N</b>	-	37,52 a <sup>z</sup>	122,68 b
	+	35,46 b	132,39 a
<b>P</b>	-	1,93 b	6,27 b
	+	2,09 a	8,25 a
<b>K</b>	-	13,57 a	44,66 a
	+	10,02 b	37,61 b
<b>Ca</b>	-	5,45 a	18,64 b
	+	5,32 a	20,21 a
<b>Mg</b>	-	4,30 a	14,35 a
	+	3,58 b	12,92 b
<b>S</b>	-	2,28 a	7,73 a
	+	2,19 a	8,07 a
<b>Micronutrientes</b>	<b>FMA</b>	<b>Concentração (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Acumulado (mg pl<sup>-1</sup>)</b>
<b>Cu</b>	-	8,64 b	27,31 b
	+	10,38 a	41,48 a
<b>Fe</b>	-	89,61 b	296,60 b
	+	98,02 a	365,98 a
<b>Mn</b>	-	222,94 a	729,33 b
	+	219,82 a	812,37 a
<b>Zn</b>	-	37,61 a	124,41 b
	+	36,47 a	136,14 a

<sup>z</sup>As letras referem-se à comparação das médias dos tratamentos com e sem inoculação de FMA para cada nutriente avaliado, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade de erro.

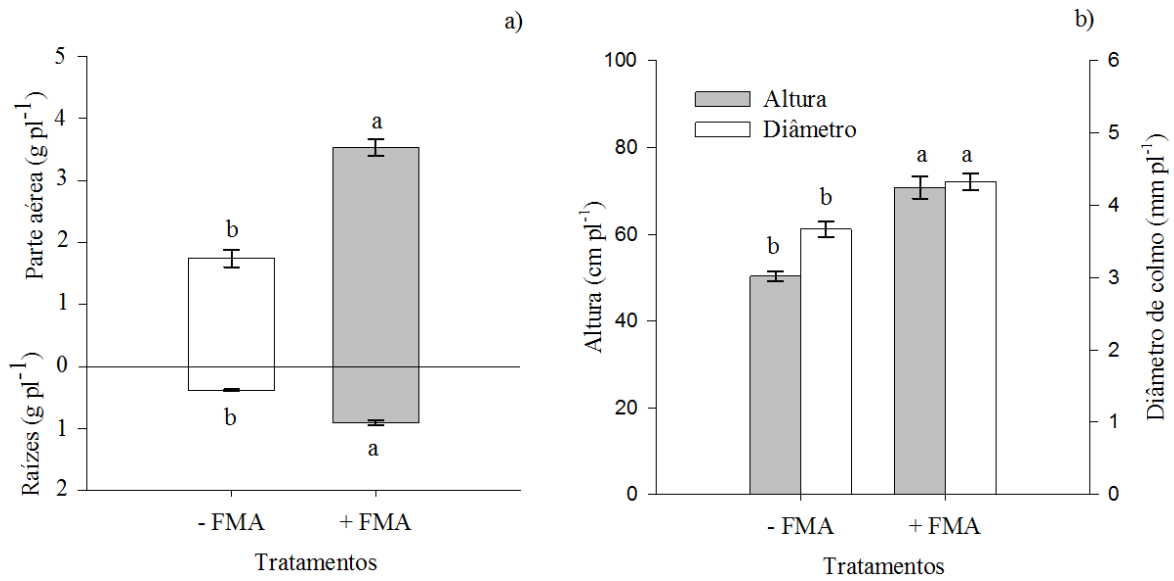


Figura 1 - Fitomassa seca da parte aérea e do sistema radicular (a), altura das plantas e diâmetro do colmo (b) por planta de soja, cultivadas em casa de vegetação, na presença (+FMA) e na ausência (-FMA) do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* e avaliadas no período de florescimento da cultura. Médias de 8 repetições comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade de erro.

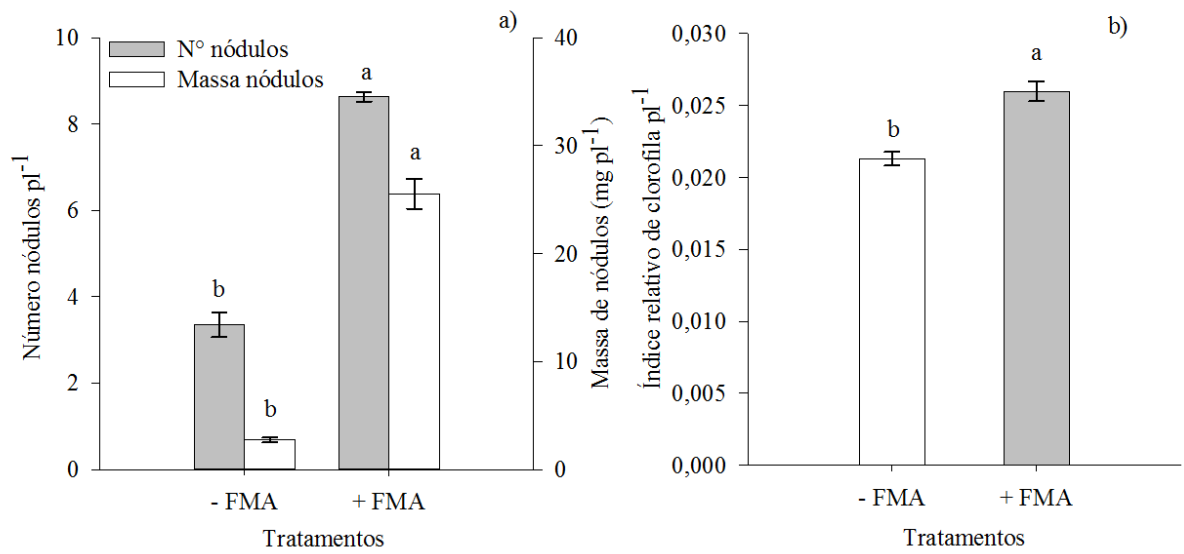


Figura 2 - Número e massa seca de nódulos (a), índice relativo de clorofila (b) das plantas de soja, cultivadas em casa de vegetação, na presença (+FMA) e na ausência (-FMA) do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* e avaliadas no período de florescimento da cultura. Médias de 8 repetições comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade de erro.

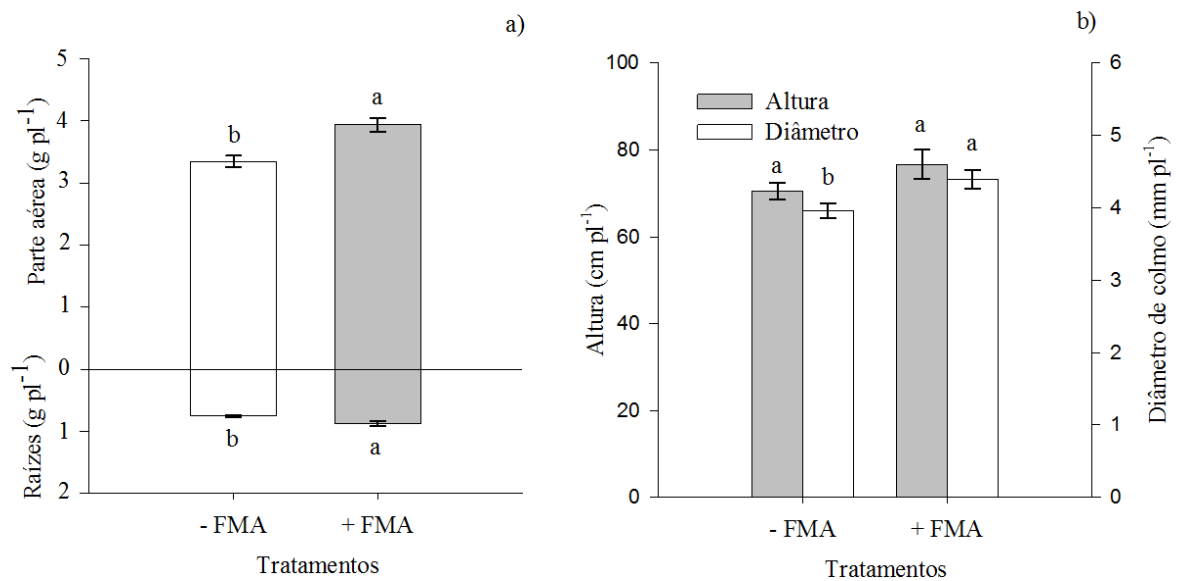


Figura 3 - Fitomassa seca da parte aérea e do sistema radicular (a), altura e diâmetro de colmo (b) por planta de soja cultivada em casa de vegetação, em solo com o nematoide *Pratylenchus brachyurus*, na presença (+FMA) e na ausência (-FMA) do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* e avaliadas no período de florescimento da cultura. Médias de 8 repetições comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade de erro.

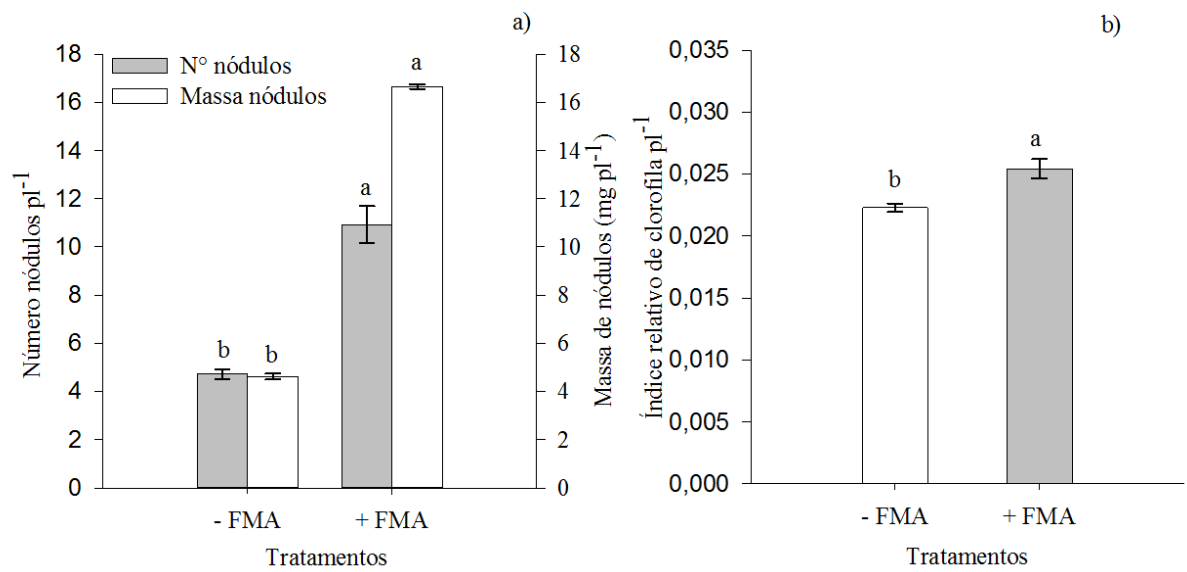


Figura 4 - Número e massa seco de nódulos (a) e, índice relativo de clorofila (b) das plantas de soja, cultivadas em casa de vegetação em solo com o nematoide *Pratylenchus brachyurus*, na presença (+FMA) e na ausência (-FMA) do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* e avaliadas no período de florescimento da cultura. Médias de 8 repetições comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade de erro.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo busca enfatizar a importância da utilização de práticas agrícolas menos agressivas visando a preservação e manutenção dos fungos micorrízicos do solo, demonstrando a grande relevância da colonização micorrízica no crescimento das plantas de soja e como alternativa de supressão dos prejuízos causados pelo nematoide *Pratylenchus brachyurus*. Desta forma, minimizando a necessidade de aplicação de grandes quantidades de fertilizantes químicos e produtos nematicidas na busca da sustentabilidade dos agroecossistemas.

A utilização de práticas agrícolas menos agressivas e a rotação de culturas nas áreas agrícolas têm grande importância para a manutenção do equilíbrio da biodiversidade do solo, e conseqüentemente na redução dos custos econômicos, problemas fitossanitários e na melhoria da produtividade das culturas. Porém, mais estudos devem ser realizados envolvendo o potencial dos fungos micorrízicos arbusculares no controle de *P. brachyurus*, principalmente na cultura da soja, bem como no esclarecimento dos mecanismos de defesa das plantas.

É importante salientar que levantamentos sobre a incidência do *P. brachyurus* no solo devem ser realizados antes do estabelecimento do cultivo de soja, para viabilizar técnicas de controle dos nematoides. Deve-se estudar a disseminação e reprodução do *P. brachyurus* em plantas invasoras e outras culturas a fim de planejar sistemas de uso do solo, com técnicas de manejo menos agressivas e rotação de culturas, visando o controle biológico, seja através de organismos ou plantas.

Análise de cultivares resistentes através de técnicas moleculares devem ser realizadas, para selecionar cultivares resistentes ao ataque por este nematoide.

Os mecanismos de defesa que envolvem fungos micorrízicos arbusculares, rizóbio e nematoides devem ser estudados, principalmente em condições de campo.

E alternativas de controle biológico devem ser pesquisadas e utilizadas na supressão do *P. brachyurus*, visto que as perdas econômicas de produção pela presença deste nematoide vêm aumentando em lavouras comerciais.