

**Controle biológico de fitonematoides em associação com hidrogel na cultura da soja**

**Biological control of phytonematoids in association with hydrogel in soybean crops**

**Control biológico de fitonematoides en asociación con hidrogel en el cultivo de soja**

DOI: 10.54033/cadpedv21n3-038

Originals received: 01/16/2024

Acceptance for publication: 02/23/2024

---

**Rodrigo Ribeiro Fidelis**

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Instituição: Universidade Federal do Tocantins

Endereço: R. Badejos, Lote 7, Chácara 69-72, Jardim Sevilha, Gurupi – TO,

CEP: 77410-530

E-mail: fidelisrr@mail.uft.edu.br

**Thiago Henrick Viana Leal**

Graduado em Agronomia

Instituição: Universidade Federal do Tocantins

Endereço: R. Badejos, Lote 7, Chácara 69-72, Jardim Sevilha, Gurupi – TO,

CEP: 77410-530

E-mail: thvleal@gmail.com

**Millena Barreira Lopes**

Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

Instituição: Universidade Federal do Tocantins

Endereço: R. Badejos, Lote 7, Chácara 69-72, Jardim Sevilha, Gurupi – TO,

CEP: 77410-530

E-mail: milena.barreira.lopes@gmail.com

**Wanessa Rocha de Souza**

Doutora em Produção Vegetal

Instituição: Hubio Agro

Endereço: Rodovia BR-365 (Saída Patrocínio), Conjunto Alvorada, Uberlândia –

MG, CEP: 38407-180

E-mail: wanessarocha.engbio@hotmail.com

### **Patrícia Sumara Moreira Fernandes**

Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

Instituição: Universidade Federal do Tocantins

Endereço: R. Badejos, Lote 7, Chácara 69-72, Jardim Sevilha, Gurupi – TO,

CEP: 77410-530

E-mail: patricia.smf@mail.uft.edu.br

### **Rayner Sales Barros**

Graduando em Agronomia

Instituição: Universidade Federal do Tocantins

Endereço: R. Badejos, Lote 7, Chácara 69-72, Jardim Sevilha, Gurupi – TO,

CEP: 77410-530

E-mail: rayner.barros@mail.uft.edu.br

### **Marcos Rodrigues da Costa Aguiar**

Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

Instituição: Universidade Federal do Tocantins

Endereço: R. Badejos, Lote 7, Chácara 69-72, Jardim Sevilha, Gurupi – TO,

CEP: 77410-530

E-mail: marcos.rodriques@mail.uft.edu.br

### **Paulo Henrique Cavazzini**

Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

Instituição: Universidade Federal do Tocantins

Endereço: R. Badejos, Lote 7, Chácara 69-72, Jardim Sevilha, Gurupi – TO,

CEP: 77410-530

E-mail: paulo\_cavazzini@hotmail.com

---

## **RESUMO**

Do ponto de vista ecológico, técnicas de controle biológico podem ser utilizadas para controlar os fitonematóides, esta praga se alimenta das plantas e pode parasitar diferentes partes como raízes, tubérculos, rizomas, bulbos, caules, flores, folhas e sementes, causando danos à planta. Os danos se refletem nas partes aéreas devido à redução da absorção de água e nutrientes, por tanto, o controle biológico é visto como uma alternativa viável de manejo e ao empregar o hidrogel, o crescimento e o desenvolvimento das plantas podem ser melhorados, em momentos de estresse provocados pelo déficit hídrico, por meio da liberação controlada de água. A soja é uma das oleaginosas mais importantes cultivadas no mundo e dada a importância do cultivo da soja em vários contextos, é necessário explorar estratégias de manejo que otimizem a rentabilidade e a sustentabilidade. Conseqüentemente, o objetivo do trabalho foi investigar os efeitos da combinação de microrganismos com um condicionador de solo no manejo de fitonematoides permitindo compreensões valiosas, transformando as práticas de manejo da cultura. Neste estudo foram utilizados três microrganismos com propriedades nematófagas, enquanto para o hidrogel foi administrada uma dosagem de 6 g.vaso<sup>-1</sup>. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, incluindo nove tratamentos e 8 repetições. Foram avaliados

diversos parâmetros como a altura da planta, diâmetro do caule e número de hastes, bem como massa fresca e seca da parte aérea e da raiz. A associação de microrganismos mostrou-se ser uma alternativa viável para o controle eficaz dos fitonematoides, e embora o hidrogel não tenha resolvido a questão dos nematoides, ele contribuiu efetivamente na mitigação dos efeitos causados pela escassez de água e a promover o crescimento das plantas.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.), microrganismos, nematoides, hidrogel.

### ABSTRACT

From an ecological point of view, biological control techniques can be used to control phytonematodes, this pest feeds on plants and can parasitize different parts such as roots, tubers, rhizomes, bulbs, stems, flowers, leaves and seeds, causing damage to the plant. The damage is reflected in the aerial parts due to the reduction in the absorption of water and nutrients, therefore, biological control is seen as a viable management alternative and by using the hydrogel, the growth and development of plants can be improved, in moments of stress caused by water deficit, through the controlled release of water. Soybeans are one of the most cultivated oilseeds in the world and given the importance of soybean cultivation in various contexts, it is necessary to explore management strategies that optimize profitability and sustainability. Consequently, the objective of the work was to investigate the effects of combining microorganisms with a soil conditioner on the management of phytonematodes, allowing valuable insights and modifying crop management practices. In this study, three microorganisms with nematophagous properties were used, while a dosage of 6 g.vase-1 was administered for the hydrogel. The experiment was conducted in a randomized block design, including new treatments and 8 replications. Several parameters were evaluated, such as plant height, stem diameter and number of stems, as well as fresh and dry mass of the shoot and root. The association of microorganisms proved to be a viable alternative for the effective control of phytonematodes, and although the hydrogel did not solve the nematode issue, it contributed to mitigating the effects caused by water scarcity and promoting plant growth.

**Keywords:** *Glycine max* (L.), microorganisms, nematodes, hydrogel.

### RESUMEN

Desde el punto de vista ecológico, las técnicas de control biológico pueden ser utilizadas para el control de fitonematodos, esta plaga se alimenta de plantas y puede parasitar diferentes partes como raíces, tubérculos, rizomas, bulbos, tallos, flores, hojas y semillas, causando daños a la planta. Los daños se reflejan en las partes aéreas debido a la reducción de la absorción de agua y nutrientes, por lo que el control biológico se considera una alternativa de gestión viable y, mediante el uso de hidrogel, se puede mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas en épocas de estrés por déficit hídrico, a través de la liberación controlada de agua. La soja es una de las oleaginosas más importantes cultivadas en el mundo y dada la importancia de su cultivo en diversos contextos, es necesario explorar estrategias de manejo que optimicen su rentabilidad y sostenibilidad. En consecuencia, el objetivo de este estudio fue investigar los

efectos de la combinación de microorganismos con un acondicionador del suelo sobre el manejo de fitonematoides, permitiendo obtener valiosos conocimientos y transformar las prácticas de manejo del cultivo. En este estudio se utilizaron tres microorganismos con propiedades nematófagas y se administró una dosis de  $6 \text{ g} \cdot \text{vaso}^{-1}$  al hidrogel. El experimento se realizó en un diseño de bloques aleatorizados, con nueve tratamientos y ocho repeticiones. Se evaluaron diversos parámetros, como la altura de la planta, el diámetro del tallo y el número de tallos, así como la masa fresca y seca de la parte aérea y la raíz. La asociación de microorganismos demostró ser una alternativa viable para el control efectivo de fitonematodos, y aunque el hidrogel no resolvió el problema de los nematodos, contribuyó eficazmente a mitigar los efectos causados por la escasez de agua y a promover el crecimiento de las plantas.

**Palabras clave:** *Glycine max* (L.), microorganismos, nematodos, hidrogel.

## 1 INTRODUÇÃO

Nematoides são organismos de vida livre, encontrados pelo mundo em diferentes habitats. Os fitonematoides são aqueles que se alimentam de plantas, podendo parasitar diferentes partes como raízes, tubérculos, rizomas, bulbos, caules, flores, folhas e sementes. De forma geral, os danos causados nas raízes das plantas são refletidos na parte aérea devido à redução da absorção de água e nutrientes. Redução no desenvolvimento, clorose das folhas ou até mesmo a morte da planta, são alguns dos danos causados (SILVA *et al.*, 2017). O ataque de nematoides tem sido relatado em muitas espécies de plantas cultivadas, especialmente culturas como a soja, o milho e o feijoeiro (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

A aplicação de nematicidas, controle químico, é preponderante, porém de elevado custo, limitada disponibilidade e propensa a causar sérios danos ambientais e ao ser humano. Os produtos mais utilizados para fins de controle pertencem ao grupo dos carbamatos, um dos formulados mais tóxicos já registrados no país (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

O controle biológico de fitonematoides é uma opção ecologicamente desejável e, em muitos casos foi empregado com sucesso, principalmente envolvendo a aplicação de fungos nematófagos e bactérias (FERNANDES *et al.*, 2014).

Exemplo de controle biológico é o uso do *Trichoderma* spp., um agente de controle biológico generalista, antagonista de vários agentes patogênicos. Tal

fungo também pode estimular o crescimento das plantas e melhorar a resistência das mesmas às doenças (ROESE *et al.*, 2017).

Já o fungo *Pochonia* spp. é exemplo de parasita de ovos e de fêmeas de fitonematoides. Não é dependente da presença do nematoide para a sua nutrição, podendo atuar como saprófita na ausência do hospedeiro. Produz clamidósporos, estruturas de resistência que aumentam a sobrevivência em condições adversas no solo, facilitando a formulação de possíveis bioprodutos (FERNANDES *et al.*, 2014).

Neste contexto, ainda, as rizobactérias, principalmente *Bacillus* spp., vem tornando-se objeto de estudo principalmente devido a sua capacidade nematicida e como promotora de crescimento de plantas cultivadas (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Aliado ao estresse causado nas plantas em decorrência do ataque de fitopatógenos, como os casos de ocorrência de nematoides que tem se tornado cada vez mais frequentes, existe ainda o estresse causado pelo déficit hídrico, que nos últimos anos está atingindo negativamente a agricultura, proporcionando condições inóspitas de cultivo, provocando a diminuição da produção agrícola e, conseqüente aumento nos preços dos alimentos e em outros produtos agrícolas (TUNDISI, 2010).

Os efeitos do déficit hídrico podem ser notados em todos os aspectos de crescimento, causando modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas. Como processos que podem ser influenciados pelo estresse hídrico pode-se destacar o potencial de água na folha, a resistência estomática, a transpiração, a fotossíntese, a temperatura da planta e o murchamento da folha. (BEZERRA *et al.*, 2003; MARENCO; LOPES, 2005).

A redução da disponibilidade de água no solo também pode acarretar desidratação da planta, redução do crescimento, aumento da velocidade de senescência dos tecidos da planta, redução da expansão foliar, da fotossíntese, das taxas de aparecimento foliar e senescência de lâminas foliares (TAIZ e ZEIGER, 1991).

Inúmeras alternativas vêm sendo estudadas para reversão desse quadro, como por exemplo, a introdução de genes resistentes à seca em cultivares

visando à obtenção de culturas tolerantes a escassez de água, até práticas de manejo que funcionem de forma eficiente como condicionadoras de solo. O uso de hidrogéis tem se tornado estratégia interessante para o manejo agrícola, devido às suas características de condicionadores do solo que contribuem para aumentar a capacidade de retenção de água, reduzindo a frequência de irrigação (VENTUROLI; VENTUROLI, 2011).

O hidrogel é um polímero hidrofílico com a capacidade de armazenar grande quantidade de água (COELHO *et al.*, 2008), permitindo sua liberação, em um fluxo contínuo, na quantidade necessária ao desenvolvimento das plantas (REHMAN *et al.*, 2011). É constituído por uma ou mais redes tridimensionalmente estruturadas, formadas por cadeias macromoleculares interligadas por ligações covalentes (reticulações) ou interações físicas que, em condições específicas, podem absorver grande quantidade de água (BORTOLIN *et al.*, 2012).

Diversos trabalhos relatam a melhora em características avaliadas em diferentes culturas, anuais e perenes, sob condição de uso do hidrogel (MARQUES; BASTOS, 2010; CASTRO *et al.*, 2014; NAVROSKI *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2015; LOPES *et al.*, 2017), motivando ainda mais pesquisa relacionadas aos seus efeitos sobre as plantas.

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das mais importantes oleaginosas cultivadas no mundo (CLEMENTE; CAHOON, 2009). Na safra 2017/2018, a produção mundial atingiu 336,7 milhões de toneladas, com área plantada de 124,6 milhões de hectares (EMBRAPA, 2018). Dentre os países produtores na mesma safra, merecem destaque os Estados Unidos, com produção de 119,5 milhões de toneladas em área plantada de 36,2 milhões de hectares e produtividade de 3.299 kg ha<sup>-1</sup>, e o Brasil, com produção de 117 milhões de toneladas, em área de 35,1 milhões de hectares plantada e produtividade de 3.333 kg ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2018).

No Tocantins, o cultivo da soja na safra 2017/2018 teve aumento de 2,5% de área em relação à safra passada. A produtividade média foi 6,5% maior que na safra anterior chegando a 3.124 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que a produtividade nacional chegou aos 3.385 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2018).

Diante da importância que a cultura da soja apresenta nos cenários econômico, social e ambiental, faz-se necessário buscar formas de manejo que viabilizem de forma mais rentável e sustentável o seu cultivo. Dessa forma, o trabalho teve por objetivo estudar a associação entre microrganismos e um condicionador de solo no manejo de fitonematoides na cultura da soja.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi, localizado na região sul do Estado do Tocantins, em altitude de 280 m, na localização de 11°43'45" de latitude e 49°04'07" de longitude. A classificação climática segundo Köppen (1948) para região é do tipo B1wA'a' úmido com moderada deficiência hídrica. A temperatura média anual é de 29,5 °C, com precipitação anual média de 1804 mm.

O experimento foi conduzido em sacos de polietileno com volume de 8 L à campo. O solo utilizado foi coletado na camada de 0-20 cm na fazenda Conquista em Alvorada (S 12°50,757' W 49°10,295'), sul do estado do Tocantins, classificado como Gleissolo Háptico Tb Eutrófico plíntico, de textura arenosa (EMBRAPA, 2013). As plantas de soja apresentaram sintomas característicos da infecção por nematoides em reboleiras, locais de onde o solo foi coletado.

O resultado da análise físico – química do solo foi: pH em CaCl<sub>2</sub> = 5,5; M.O (%) = 1,5; P (Mel) = 8,4 mg dm<sup>-3</sup>; K = 54 mg dm<sup>-3</sup>; Ca+Mg = 1,9 cmolc dm<sup>-3</sup>; H+Al = 1,8 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al = 0,0 cmolc dm<sup>-3</sup>; SB= 2,04 cmolc dm<sup>-3</sup>; V = 53%; 775 g kg<sup>-1</sup> de areia; 50 g kg<sup>-1</sup> de silte e 175 g kg<sup>-1</sup> de argila. A adubação de semeadura foi realizada de acordo com a análise do solo, aplicando-se 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio, 15 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia misturados no preparo do solo de forma homogênea.

A semeadura ocorreu aos 25 dias de abril de 2018. Foram semeadas 5 sementes por vaso e, após desbaste, foi mantida uma planta por vaso. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas, foi realizado à medida que se fez necessário. No estágio de enchimento de vagens (R5.3) as plantas foram submetidas a estresse por déficit hídrico durante cinco dias.

O experimento foi instalado sob delineamento de blocos casualizados, constituído por nove tratamentos e 8 repetições. Foram utilizados três microrganismos nematófagos (Fungos: *Trichoderma harzianum* (Tr) e *Pochonia chlamydosporia* (Pc), e a bactéria *Bacillus subtilis* (Bs)). A dose de hidrogel (H) utilizada foi de 6 g vaso<sup>-1</sup>, na forma de pó. Sendo assim, os tratamentos foram: **T1**- Bs + H; **T2**- Pc + H; **T3**- Tr + H; **T4**- Bs + Pc + H; **T5**- Bs + Tr + H; **T6**- Pc + Tr + H; **T7**- Bs + Pc + Tr + H; **T8**- H; **T9**- Testemunha. A cultivar de soja utilizada foi 96Y90.

Os tratamentos foram aplicados diretamente no solo, três dias anteriores à semeadura, nas seguintes dosagens e concentrações: *Trichoderma harzianum* – 1,25 t ha<sup>-1</sup> (2x10<sup>8</sup> UFC g<sup>-1</sup>); *Pochonia chlamydosporia* – 1,25 t ha<sup>-1</sup> (2x10<sup>8</sup> UFC g<sup>-1</sup>); *Bacillus subtilis* – 3.000 l ha<sup>-1</sup> (2x10<sup>12</sup> UFC ml<sup>-1</sup>).

As primeiras avaliações destrutivas foram realizadas aos 50 dias após a emergência, no estágio fisiológico R5.3. As seguintes características foram avaliadas: altura de plantas, medida do colo das plantas até a extremidade mais alta das folhas utilizando-se trena graduada em cm; diâmetro do caule, obtido com auxílio de paquímetro digital expresso em cm, determinado a partir da região do caule; número de hastes, obtido pela contagem direta do número de hastes de cada planta; massa fresca da parte aérea e de raiz, obtidas pela pesagem direta da parte aérea e das raízes; massa seca da parte aérea e massa seca da raiz, obtidas pela secagem das plantas em estufa a 65 ± 2 °C, durante 48 horas, até alcance de massa constante. Ainda, foram colhidas as amostras para análise populacional de nematoides no solo e nas raízes.

Para obtenção das amostras enviadas para análise de juvenis de segundo estágio e número de cistos foi necessária a mistura das quatro repetições para obtenção de uma amostra composta de solo e raízes totalizando 9 amostras, cada amostra possuía 500 gramas de solo e 100 gramas de raízes.

O método utilizado para a extração dos juvenis de segundo estágio (J2) do solo foi o de flutuação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964). Já para a extração dos (J2) das raízes foi utilizada a técnica do liquidificador (BONETTI; FERRAZ, 1981). Para extração de cistos foi utilizada a metodologia proposta por Shepherd (1970).



Posteriormente, a população de nematoides presente no solo foi classificada e dividida em baixo risco de perda (BRP), médio risco de perda (MRP) e alto risco de perda (ARP) de acordo com Silva e Inomoto (2015).

Tabela 1. Valores referenciais utilizados como limite para densidade populacional de diferentes espécies de nematoides patogênicos à soja, com o fim de auxiliar na tomada de decisão para manejo.

Espécie do nematoide	Baixo risco de perda	Médio risco de perda	Alto risco de perda
<i>Pratylenchus brachyurus</i>	< 100 espécimes em 100 cm <sup>3</sup> de solo	100 a 400 espécimes em 100 cm <sup>3</sup> de solo	> 400 espécimes em 100 cm <sup>3</sup> de solo
<i>Heterodera glycines</i>	Nenhum cisto viável em 100 cm <sup>3</sup> de solo arenoso; ou 0 a 2 cistos viáveis em 100 cm <sup>3</sup> de solos com mais de 35% de argila	1 cisto viável em 100 cm <sup>3</sup> solo arenoso; ou 3 a 4 cistos viáveis em 100 cm <sup>3</sup> em solos com mais de 35% de argila	> 2 cistos viáveis em 100 cm <sup>3</sup> solo arenoso; ou > 5 cistos viáveis em 100 cm <sup>3</sup> em solos com mais de 35% de argila
<i>Meloidogyne javanica</i> e <i>M. incognita</i>	< 25 espécimes em 100 cm <sup>3</sup> solo	25 a 100 espécimes em 100 cm <sup>3</sup> solo	> 100 espécimes em 100 cm <sup>3</sup> solo

Fonte: Adaptado de Silva e Inomoto (2015).

Após o déficit hídrico ao qual as plantas foram submetidas, foram avaliadas as seguintes características: e produção de grãos, determinada em balança analítica de precisão com três casas decimais, utilizando-se as plantas colhidas no experimento.

Posteriormente, procedeu-se à análise de variância pelo teste F para todas as características e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 2), observou-se diferença entre os tratamentos para as características MFR, MSR e PG. Entretanto, apesar do quadro da ANOVA não ter demonstrado que a variável ALT não foi significativo com base no teste Tukey houve uma pequena diferença entre o tratamento 9 que no caso era a testemunha em que não foi submetida a nenhum tratamento e o tratamento 6 que é a combinação dos fungos *Pochonia chlamydosporia* e *Trichoderma harzianum* mais o Hidrogel.

Para o caso da variável Produção de Grãos (PG) em que houve significância na análise de variância, mas no teste Tukey não teve diferença significativa entre os tratamentos, pode-se explicar pelo fato de que o estudo relacionado a nematoides busca realmente uma variação alta, de forma que por se tratar de seres vivos não se pode quantificar com total precisão.

Tabela 2. Análise de Variância com os valores do quadrado médio seguido com sua simbologia estatística para o teste F para as características massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), altura de planta (ALT), diâmetro de colmo em cm (D), produção de grãos (PG) e número de hastes (NH).

FV	GL	QM			
		MFPA	MFR	MSPA	MSR
Bloco	3	120,9907 <sup>ns</sup>	55,1852 <sup>ns</sup>	2.8392 <sup>ns</sup>	7.9855 <sup>ns</sup>
Tratamentos	8	29,6528 <sup>ns</sup>	490,2361 <sup>**</sup>	4.0752 <sup>ns</sup>	40.1103 <sup>**</sup>
Erro	24	51,2824	100,0602	4.3820	3.9994
CV (%)		18,35	24,73	22.53	23.42
Média geral		39,03	40,44	9.29	8.54
FV	GL	ALT	D	PG	NH
Bloco	3	33.0741 <sup>ns</sup>	0.3241 <sup>ns</sup>	3.5296 <sup>**</sup>	1.2222 <sup>ns</sup>
Tratamentos	8	30.6875 <sup>ns</sup>	0.4375 <sup>ns</sup>	2.0311 <sup>**</sup>	0.3750 <sup>ns</sup>
Erro	24	13.6782	0.4282	0.8150	0.6805
CV (%)		9.61	11.72	33.59	12.07
Média geral		38.50	5.5833	2.6875	6.8333

<sup>ns</sup>: não significativo; <sup>\*\*</sup>: significativo para  $p < 0,05$  pelo teste F

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ainda na tabela 2, o CV das variáveis não foi muito alto podendo afirmar que o experimento foi bem conduzido. Nota-se que apesar do experimento ter sido exposto a diferentes tipos de combinações de controle biológico associado ao hidrogel no combate aos fitonematoides, não houve diferença significativa para as variáveis como massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, diâmetro, produção de grãos e número de hastes.

Entretanto, para as variáveis massa fresca da raiz, massa seca da raiz e altura de plantas, houve diferença significativa (Tabela 3), demonstrando que, para a variável MFR e MSR o tratamento 5 que é a combinação entre o *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum* e o hidrogel foi o que mais se destacou para ambas as variáveis em relação a menor média que foi justamente o tratamento 7 que é a combinação dos três tratamentos, em que provavelmente possa haver competição entre os microrganismos que explica o baixo controle nos fitonematoides, ocasionando baixo desenvolvimento dos tecidos radiculares.

Tabela 3. Médias dos tratamentos juntamente com a simbologia utilizada no teste de comparação de médias (teste Tukey) para as características massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), altura de planta (ALT), diâmetro de colmo em cm (D), produção de grãos (PG) e número de hastes (NH).

Tratamentos	MFPA	MFR	MSPA	MSR
<i>Bacillus subtilis</i> + Hidrogel	42,25 a	55,00 ab	10,45 a	11,11 abc
<i>Pochonia chlamydosporia</i> + Hidrogel	34,25 a	38,75 abc	7,09 a	6,69 cd
<i>Trichoderma harzianum</i> + Hidrogel	39,00 a	44,00 abc	9,49 a	8,69 bcd
<i>B. subtilis</i> + <i>P. chlamydosporia</i> + Hidrogel	39,25 a	32,25 bc	9,50 a	7,76 bcd
<i>B. subtilis</i> + <i>T. harzianum</i> + Hidrogel	40,00 a	<b>59,25 a</b>	9,74 a	<b>13,65 a</b>
<i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i> + Hidrogel	43,25 a	31,50 bc	10,43 a	6,15 d
<i>B. subtilis</i> + <i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i> + Hidrogel	37,00 a	26,75 c	8,72 a	4,03 d
Hidrogel	39,00 a	43,50 abc	9,22 a	12,21 ab
Controle	37,25 a	33,00 bc	9,00 a	6,56 cd

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si com base no teste Tukey a 5% de significância.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4. Médias dos tratamentos juntamente com a simbologia utilizada no teste de comparação de médias (teste Tukey) para as características massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), altura de planta (ALT), diâmetro de colmo em cm (D), produção de grãos (PG) e número de hastes (NH).

Tratamentos	D	ALT	PG	NH
<i>Bacillus subtilis</i> +Hidrogel	5,25 a	40,00 ab	2,85 a	6,75 a
<i>Pochonia chlamydosporia</i> + Hidrogel	5,25 a	35,50 ab	1,83 a	6,75 a
<i>Trichoderma harzianum</i> + Hidrogel	5,75 a	38,25 ab	3,10 a	7,00 a
<i>B. subtilis</i> + <i>P. chlamydosporia</i> + Hidrogel	5,50 a	39,25 ab	2,66 a	7,25 a
<i>B. subtilis</i> + <i>T. harzianum</i> +Hidrogel	5,75 a	37,25 ab	3,54 a	7,00 a
<i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i> + Hidrogel	5,75 a	33,75 b	1,58 a	6,50 a
<i>B. subtilis</i> + <i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i> + Hidrogel	5,25 a	39,25 ab	3,23 a	6,50 a
Hidrogel	6,25 a	40,00 ab	3,37 a	6,50 a
Controle	5,50 a	43,25 a	2,04 a	7,25 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si com base no teste Tukey a 5% de significância.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para as demais características (Tabela 4) nota-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos, porém para a variável MFPA pode-se observar que o tratamento 6 foi o que teve a maior média em relação ao tratamento 2 que obteve a menor média, apesar deles não se diferir estatisticamente pode-se explicar que houve essa diferença devido a interação entre os dois microrganismos, resultando em uma maior eficiência no desenvolvimento da parte aérea da planta.

A presença do hidrogel auxilia a planta a resistir ao déficit hídrico sem comprometer a produção, nota-se que a associação com os microrganismos demonstrou que o hidrogel não auxiliou no combate no nematoide, pois para isso

tem os biológicos, mas também não atrapalha no combate e não promove o desenvolvimento dos fitonematoides.

Foi detectado no estudo apenas a presença do fitonematoide *Pratylenchus brachyurus*. Observou-se na tabela 5, média de 141 espécimes de *Pratylenchus brachyurus* em 100cm<sup>3</sup> de solo, sendo, portanto, classificado como médio risco de perda para a cultura da soja (Silva e Inomoto,2005). Analisando os tratamentos de forma isolada, constata-se superioridade daqueles compostos pelo *Bacillus subtilis* tanto em relação a quantidade encontrado nas raízes comprovando que houve o controle do fitonematoide.

Tabela 5. Número de espécimes no solo e nas raízes do nematoide *Pratylenchus brachyurus* em 100cm<sup>3</sup> de solo em função dos diferentes tratamentos aplicados juntamente com a interpretação com base no modelo de Silva e Inomoto (2005).

Tratamentos	No solo		Nas raízes
	Número de espécime em 100cm <sup>3</sup> de solo	Interpretação	Número de espécime em 10 g <sup>-1</sup> de Raízes
<i>Bacillus subtilis</i> + Hidrogel	19	Baixo risco de perda	50
<i>Pochonia chlamydosporia</i> + Hidrogel	40	Baixo risco de perda	252
<i>Trichoderma harzianum</i> + Hidrogel	154	Médio risco de perda	234
<i>B. subtilis</i> + <i>P. chlamydosporia</i> + Hidrogel	140	Médio risco de perda	76
<i>B. subtilis</i> + <i>T. harzianum</i> +Hidrogel	48	Baixo risco de perda	96
<i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i> + Hidrogel	352	Médio risco de perda	368
<i>B. subtilis</i> + <i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i> + Hidrogel	60	Baixo risco de perda	550
Hidrogel	80	Baixo risco de perda	340
Controle	380	Médio risco de perda	528

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4 CONCLUSÕES

O *Bacillus subtilis* foi eficiente no controle de *Pratylenchus brachyurus*. Por tanto, a associação de microrganismos é uma alternativa para o controle de fitonematoides. Dentre todos os tratamentos, a combinação entre *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum* e hidrogel foi a mais eficiente no desenvolvimento vegetal para as variáveis Massa Fresca de Raiz e Massa Seca de Raiz. Com relação ao uso do hidrogel, separadamente, não houve eficiência quanto ao combate dos fitonematoides, mas auxiliou a superar o déficit hídrico e o desenvolvimento vegetal sem comprometer a produção.

O estudo fornecerá subsídios sobre os efeitos da associação de microrganismos com o hidrogel e contribuirá para adoção de novas formas de manejo da cultura da soja.

## REFERÊNCIAS

BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 34, n. 1, p. 13-18, 2003.

BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FITOPATOLOGIA, XIV, Porto Alegre, RS. **Resumos**. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v.6, p. 553, 1981.

BORTOLIN, A.; AOUADA, F. A.; LONGO, E.; MATTOSO, L. H. C. Investigação do processo de absorção de água de hidrogéis de polissacarídeo: efeito da carga iônica, presença de sais, concentrações de monômero e polissacarídeo. **Polímeros**, v. 22, n. 4, p. 311-317, 2012.

CASTRO, A. M. C.; MAIA, G. M.; SOUZA, J. A.; MANFIO, F. L. A. Crescimento inicial de cafeeiro com uso de polímero hidrorretentor e diferentes intervalos de rega. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 465-471, 2014.

CLEMENTE, T. E.; CAHOON, E. B. Soybean Oil: Genetic Approaches for Modification of Functionality and Total Content. **Plant Physiology**, v. 151, p.1030-1040, 2009.

COELHO, J. B. M *et al.* Efeito do polímero hidratassolo sobre propriedades físico-hídricas de três solos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.3, p.253-259, 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2017/2018, 11º levantamento**. 2018. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-degraos/item/download/21709\\_4d6f8550138ed03890d0bba9f9db1675](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-degraos/item/download/21709_4d6f8550138ed03890d0bba9f9db1675)>. Acesso em: 03 Dez. 2018.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja em números (safra 2017/2018)**. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> Acesso em: 03 Dez. de 2018.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed. rev. amp. – Brasília, DF: EMBRAPA. 353 p, 2013.

FERNANDES, R. H.; VIEIRA, B. S.; FUGA, C. A. G.; LOPES, E. A. *Pochonia chlamydosporia* e *Bacillus subtilis* no controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em mudas de tomateiro. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 194-200, 2014.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease**, v. 48, n.9, p.692, 1964.

KÖPPEN, Wilhelm. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra.** México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479 p.

LOPES, M. B. S.; TAVARES, T. C. O.; VELOSO, D. A.; SILVA, N. C.; FIDELIS, R. R. Cowpea bean production under water stress using hydrogels. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 1, p. 87-92, 2017.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral.** Viçosa: UFV, 2005. 451 p.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, n. 2, p. 53-57, 2010.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; REININGER, L. R. S.; MUNIZ, M. F. B.; PEREIRA, M. O. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 315-328, 2015.

OLIVEIRA, G. R. F.; SILVA, M. S.; PROENÇA, S. L.; BOSSOLANI, J. W.; CAMARGO, J. A.; FRANCO, F. S.; SÁ, M. E. Influência do *Bacillus subtilis* no controle biológico de nematoides e aspectos produtivos do feijoeiro. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 11, n. 1, p. 47-58, 2017.

REHMAN, A.; AHMAD, R.; SAFDAR, M. Effect of hydrogel on the performance of aerobic rice sown under different techniques. **Plant, Soil and Environment**, v.57, n.7, p. 321-325, 2011.

ROESE, A. D.; VIDAL, G. S.; ZIELINSKI, E. C.; DE MIO, L. L. M. Native *Trichoderma* grown on oat grains controls damping-off and enhances height in soybean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 1, p. 102-109, 2017.

SANTOS, H. T.; CARVALHO, D. F.; SOUZA, C. F.; MEDICI, L. O. Cultivo de alface em solos com hidrogel utilizando irrigação automatizada. **Engenharia agrícola**, v. 35, n. 5, p. 852-862, 2015.

SHEPHERD, A. M. Extraction and estimation of Heterodera. In: Shepherd, J. G. (Ed). **Laboratory methods for work with plant and soil nematodes.** Ministry of Agriculture, Fisheries, and Food Technical Bulletin 2. London: Her Majesty's Stationery Office, 1970. p.23-33.

SILVA, R. F.; SEABRA JÚNIOR, E.; DAL POZZO, D. M.; SANTOS, R. F.; SOUZA, S. N. M. O cálcio e a tolerância da soja aos danos causados por *Pratylenchus brachyurus* em propriedades de Primavera do Leste – MT. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 5, p. 207-216, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology.** San Francisco: Benjamin-Cummings Publishings Company, 1991. 559 p.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Revista Estudos Avançados**, ed. 22, p. 63, 2010.

VENTUROLI, F.; VENTUROLI, S. Recuperação florestal em uma área degradada pela exploração de areia no Distrito Federal. **Ateliê Geográfico**, v.5, p.183-195, 2011.