

DAYANE APARECIDA DE OLIVEIRA ARAÚJO

**AQUISIÇÃO DE NUTRIENTES E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE SOJA
INOCULADAS COM FUNGOS ENDOFÍTICOS RADICULARES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Samuel Vasconcelos Valadares

Coorientador: Olinto Liparini Pereira

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

A663a
2023 Araújo, Dayane Aparecida de Oliveira, 1996-
Aquisição de nutrientes e crescimento de plantas de soja
inoculadas com fungos endofíticos radiculares / Dayane
Aparecida de Oliveira Araújo. – Viçosa, MG, 2023.
1 dissertação eletrônica (29 f.): il.

Orientador: Samuel Vasconcelos Valadares.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Solos, 2023.

Referências bibliográficas: f. 23-29.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.732>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Soja - Crescimento. 2. Fungos endofíticos. 3. Soja -
Nutrição. 4. *Glycine max*. 5. *Talaromyces amestolkiae*. 6.
Penicillium. I. Valadares, Samuel Vasconcelos, 1987-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos.
Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas.
III. Título.

CDD 22. ed. 633.34899

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto Pires CRB-6/2523

DAYANE APARECIDA DE OLIVEIRA ARAÚJO

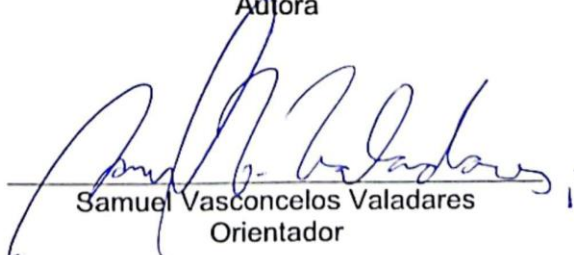
**AQUISIÇÃO DE NUTRIENTES E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE SOJA
INOCULADAS COM FUNGOS ENDOFÍTICOS RADICULARES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de fevereiro de 2023.

Assentimento:


Dayane Aparecida de Oliveira Araújo
Autora


Samuel Vasconcelos Valadares
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus e À virgem Maria

Aos meus pais Santino e Maria Cristina, por todo amor, apoio, incentivo e orações. Aos meus irmãos, Sandy, José Uilton, Veronica, Gabriela e Rafaela pelo companheirismo.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

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

Ao professor orientador Samuel Vasconcelos Valadares pela orientação, paciência, dedicação e positividade, por acreditar em meu trabalho e motivar-me a fazê-lo da melhor forma.

Ao professor Olinto Liparini Pereira, pelo acolhimento e contribuições sobretudo ao planejamento do trabalho e conduções laboratoriais micológicas.

A professora Isabela Cristina Filardi Vasques, pelas valiosas sugestões.

A minha amiga de longa data, companheira de república e jornada acadêmica Jessiane dos Santos Correa, pela paciência, incentivo, carinho e apoio diário.

A todos os colegas dos laboratórios de Fertilidade do Solos, Fitopatologia e Micologia, em especial aos colegas Veronica Eliane, Hend Oliveira e Luis Gustavo que estiveram comigo nesta caminhada auxiliando em todas as etapas.

A todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente durante esta caminhada.

Minha Gratidão!

RESUMO

ARAÚJO, Dayane Aparecida de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2023. **Aquisição de nutrientes e crescimento de plantas de soja inoculadas com fungos endofíticos radiculares.** Orientador: Samuel Vasconcelos Valadares. Coorientador: Olinto Liparini Pereira.

Os solos tropicais são naturalmente pobres em nutrientes. Nestas áreas, as práticas de correção do solo e adubação são fundamentais para a elevação da produtividade agrícola. Há uma elevada diversidade de microrganismos nos trópicos, ainda pouco explorada na agricultura, que também pode contribuir para a elevação da produtividade e utilização do uso de insumos. Neste trabalho, foram avaliados os efeitos de fungos endofíticos dos gêneros *Penicillium*., *Tritirachium*. e *Talaromyces*. sobre o crescimento e aquisição de nutrientes por plantas de soja. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação, utilizando como cultura teste a soja variedade Monsoy 6410, cultivadas em substrato contendo solo e areia (1:1) durante 45 dias. Ao final do ensaio, avaliou-se o crescimento (raízes e parte aérea), a alocação e o conteúdo de nutrientes nas plantas. Houve aumento da aquisição de nutrientes e crescimento das plantas inoculadas com fungos endofíticos. Os tratamentos com *Penicillium* spp e *Talaromyces almestolkiae* foram os que apresentaram maiores efeitos positivos sobre o conteúdo de N, S, Ca, Mg, Cu e B nas plantas, sem efeitos, no entanto, sobre a aquisição de P e K.

Palavras-chave: Promoção de crescimento. Fungos endofíticos. Aquisição de nutrientes. *Glycine max*. *Talaromyces amestolkiae*. *Penicillium* sp.

ABSTRACT

ARAÚJO, Dayane Aparecida de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2023. **Nutrient acquisition and growth of soybean plants inoculated with endophytic root fungi.** Advisor: Samuel Vasconcelos Valadares. Co-advisor: Olinto Liparini Pereira.

Tropical soils are naturally poor in nutrients. In these areas, fertilization practices are essential to increase plant yield. There is a high diversity of microorganisms in the tropics, still largely underexplored. In this study, the effects of endophytic fungi from the genera *Penicillium*, *Tritirachium*, and *Talaromyces* on the growth and nutrient acquisition of soybean plants were evaluated. The experiment was conducted in a greenhouse using soybean as the test plant, grown in a substrate containing soil and sand (1:1) for 45 days. At the end of the experiment, plant growth (roots and shoots), nutrient allocation, and content were assessed. Treatments with *Penicillium* spp. and *Talaromyces almestolkiae* showed the most significant positive effects on the content of N, S, Ca, Mg, Cu, and B in the plants. No effects were observed on the acquisition of P and K.

Keywords: Growth promotion. Endophytic fungi. Nutrient acquisition. *Glycine max*. *Talaromyces almestolkiae*. *Penicillium* sp.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Código de Armazenamento de Culturas Fúngicas da coleção do Laboratório de Micologia - UFV Campus Viçosa. _____	11
Tabela 2 - Características físicas do substrato utilizado no experimento. _____	12
Tabela 3 - Características químicas do substrato utilizado no experimento. _____	12
Tabela 4 - Fontes e doses de nutrientes aplicadas durante o experimento _____	14
Tabela 5 - Conteúdo Total de macronutrientes em plantas de soja inoculadas com fungos endofíticos radiculares. _____	15
Tabela 6 - Conteúdo Total de micronutrientes em plantas de soja inoculadas com fungos endofíticos radiculares. _____	16
Tabela 7 - Conteúdo de macronutrientes em parte aérea de plantas de soja inoculadas com fungos endofíticos radiculares. _____	17
Tabela 8 - Conteúdo de micronutrientes em parte aérea de plantas de soja inoculadas com fungos endofíticos radiculares. _____	18
Tabela 9 - Conteúdo de macronutrientes em raízes de plantas de soja inoculadas com fungos endofíticos radiculares. _____	19
Tabela 10 - Conteúdo de micronutrientes em raízes de plantas de soja inoculadas com fungos endofíticos radiculares. _____	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Massa seca total a), de parte aérea b), e de raízes c), de plantas de soja cultivadas com e sem a inoculação de fungos endofíticos radiculares _____22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.1. Instalação e condução do experimento em casa de vegetação	11
2.2. Análise de dados	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
3.1. Conteúdo de nutrientes	14
3.2. Biomassa da planta	20
3.3. Morfometria das raízes.....	22
CONCLUSÃO	22
REFERENCIAS.....	23

1. INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros são, em sua maioria, muito intemperizados, naturalmente ácidos, ricos em alumínio e pobres em nutrientes (Ker, J.C., 1997; Abreu et al., 2003; Buol., 2009; Cunha et al., 2019; Miotto et al., 2020). Nestes solos, a aplicação de corretivos e fertilizantes é prática fundamental para o cultivo das principais espécies cultivadas no país (Silva et al. 2007; Castro et al., 2013; Rodrigues et al., 2016; Barros et al., 2021).

Atualmente o Brasil ocupa a quarta posição no consumo global de fertilizantes, com cerca de 8% deste mercado (SEAE., 2021). Corretivos e fertilizantes representam também uma considerável parcela do custo de produção das principais culturas cultivadas no país (Rosas., 2012; Garcia et al., 2023). Portanto, o desenvolvimento e aplicação de boas práticas desses insumos é fundamental para garantir maior competitividade à agricultura brasileira.

Microrganismos benéficos podem ser utilizados, conjuntamente a outras práticas, para otimizar o uso de nutrientes na agricultura (Salbego., 2021; Zonta et al., 2021). Efeitos benéficos de sua aplicação têm sido reportados para diversos grupos de culturas, em diferentes condições de cultivo (Tótola & Borges, 2000; Chandanie et al. 2006; Miransari et al., 2009; De Sousa Lima, et al. 2014; Gois, et al. 2019; Bezerra, 2021). Microrganismos benéficos podem produzir fitohormônios (ex.: ácido indolacético e ácido giberélico), carboxilatos, enzimas, sideróforos, entre outros efeitos, influenciando direta e indiretamente a produtividade vegetal e a eficiência de uso dos nutrientes e outros recursos de crescimento pelas plantas, (Yan et al., 2013; Rozpadek et al., 2015; Gaiind & Nain, 2015; Vergara et al., 2017; Li et al., 2018; Morales Rodríguez, 2019; Lan & Wu, 2020; Bezerra, 2021; Sarkar, Sohini et al., 2021).

Os fungos endofíticos são conceituados como “todos os organismos que habitam órgãos vegetais que, em algum momento de sua vida, podem colonizar os tecidos internos da planta sem causar danos aparentes ao hospedeiro” (Petrini, O. 1991) e possuem grande potencial de uso agrícola (Singh et al. 2010; Kumar et al. 2012; Meena et al., 2016; Gómez-Muñoz, B. et al. 2017; Lan & Wu, 2020; López, et al. 2020; Patel, et al. 2021; Sarkar, Sohini et al. 2021; Sun et al. 2022). Esses microrganismos, dentre outros efeitos, são capazes de promover alterações na morfologia da raiz, regular a síntese de proteínas transportadoras de nutrientes, produzir metabólitos secundários, acelerar o crescimento das plantas, melhorar a

resistência a estresses bióticos e abióticos e promover a absorção de nutrientes (Yadav et al., 2010; Lugtenberg et al., 2016; Li et al., 2018; Su et al., 2019; Qin et al., 2024). Contudo, uma ampla gama de microrganismos endofíticos e seus efeitos no crescimento e produção vegetal é ainda desconhecida.

Neste trabalho, foram avaliados os efeitos de fungos endofíticos dos gêneros *Penicillium* spp., *Tozetella effusa*, *Mucor* sp, *Tritirachium oryzae* e *Talaromyces amestolkiae* sobre o crescimento e aquisição de nutrientes por plantas de soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nos departamentos de Solos e Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Os microrganismos utilizados neste experimento foram obtidos do Departamento de Fitopatologia da coleção do laboratório de Micologia e Etiologia de Doenças Fúngicas de plantas da UFV – Viçosa (Tabela 1).

Sete isolados fúngicos (não patogênicos e ou fitopatogênicos) foram selecionados com base nos seguintes critérios: velocidade de esporulação dos isolados; produção de esporos em quantidades elevadas e crescimento em menor período de tempo, além da capacidade de multiplicação em substratos que possibilitem produção em larga escala.

Os isolados foram cultivados em placas de Petri com meio CMA e incubados em câmara de BOD, até a esporulação. Após o período de incubação, foram preparadas suspensões de esporos para condução dos ensaios. As suspensões, contendo 1×10^3 esporos/mL, foram obtidas seguindo protocolo proposto por Alfenas et al (2016). Foram adicionados, inicialmente, 10 mL de água destilada e esterilizada sobre a superfície de cada placa de Petri. Posteriormente, foi realizada a raspagem das colônias fúngicas, com auxílio de uma alça de Drigalsky. Após a raspagem para liberação dos esporos, a suspensão foi transferida para um béquer e, sobre a mesma placa, o procedimento foi repetido adicionando-se mais 10 mL de água destilada. Para obtenção de maiores concentrações de esporos, mais de uma placa foi utilizada para o preparo das suspensões de cada isolado (em função das variações na concentração de esporos obtida). O volume de suspensão preparado não ultrapassou 40 mL.

A suspensão resultante de cada isolado foi homogeneizada por três minutos em agitador magnético com auxílio de bailarina e, em seguida, filtrada em uma camada dupla de gaze esterilizada. A contagem do número de esporos/mL foi determinada em microscópio óptico, com auxílio do hemacitômetro de Neubauer. Para o ajuste da concentração, foi aplicada a seguinte equação:

$$V_f = V_i \times C_e / C_d$$

Em que:

V_f = volume final da suspensão (esporos/mL);

C_e = concentração de esporos encontrados na câmara de Neubauer (esporos/mL),

C_d = concentração de esporos desejada (esporos/mL).

A suspensão de esporos foi inicialmente ajustada a 1×10^6 esporos/mL, e utilizada para ajustar as suspensões na concentração final utilizada no ensaio (1×10^3 esporos/mL).

Tabela 1 - Código de Armazenamento de Culturas Fúngicas da coleção do Laboratório de Micologia - UFV Campus Viçosa.

Isolado	Identificação	Código de Armazenamento de Culturas Fúngicas (CCF - UFV)
EHL 103	<i>Penicillium</i> sp.	CCF 669
EHL 29	<i>Penicillium</i> sp.	CCF 667
EHL 22	<i>Thozetella effusa</i>	CCF 871
EHL 30	<i>Talaromyces amestolkiae</i>	CCF 668
EHL 28	<i>Penicillium</i> sp.	CCF 666
EHL 20	<i>Mucor</i> sp.	CCF 779
EHL 23	<i>Tritirachium oryzae</i>	CCF 662

2.1. Instalação e condução do experimento em casa de vegetação

Os sete isolados selecionados foram utilizados para condução de ensaio em casa de vegetação conduzido com plantas de soja (variedade Monsoy M6410). Previamente à instalação do experimento, foi realizada a aplicação de mistura de Carbonato de Cálcio (CaCO_3) e Carbonato de Magnésio (MgCO_3), considerando uma relação molar de 3:1, para elevação da saturação por bases do substrato a 70%, em

todas as unidades experimentais. O material foi aplicado e homogeneizado em todo o volume do vaso. Em seguida, os vasos foram umedecidos e mantidos incubados por um período de 55 dias.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com nove tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram compostos por sete isolados fúngicos, aplicados em unidades experimentais fertilizadas com 50% da dose de macronutrientes (exceto Ca e Mg, fornecidos junto aos carbonatos utilizados para correção de solo, que foram igualmente aplicados em todos os tratamentos) e micronutrientes recomendadas para estudos de casa de vegetação (NOVAIS et al., 1991), e dois tratamentos controle, sem fungos, com 50% e 100% da adubação. Cada unidade experimental foi formada por um vaso de 2 dm³ preenchido com mistura de solo e areia (1:1) esterilizados em autoclave. As características físicas e químicas do substrato (mistura de solo e areia) estão apresentadas na Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 2 - Características físicas do substrato utilizado no experimento.

Características Físicas do solo experimental				
Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila	DS - PR
kg/kg				g/cm ³
0.220	0.079	0.151	0.55	1.22

DS - PR (Densidade do Solo pelo método da proveta)

Tabela 3 - Características químicas do substrato utilizado no experimento.

Características Químicas do solo experimental								
pH H ₂ O	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	t	T
(H ₂ O, 1:2,5)	mg/dm ³		cmol/dm ³					
5.35	4.70	0.28	0.69	0.20	0.20	3.10	1.16	4.06

V	MO	P-rem	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn
%	dag/Kg	mg/L	mg/dm ³					
23.60	0.94	27.9	33.9	0.43	1.31	22.40	57.80	1.21

pH em água - Relação 1:2.5

P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Cd - Pb - Ni - Cr - Extrator Mehlich-1

H + Al - extrator Acetato de Cálcio 0.5 mol/L - pH7.0

t - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

V - Índice de Saturação por Bases

p-rem - Fósforo Remanescente

B - Extrator água quente

Ca²⁺ - Mg²⁺ - Al³⁺ - Extrator KCL - 1mol/L

T - Capacidade de Troca catiônica a ph 7.0

MO - (Mat.Orgânica)= C,Org x 1.724 - Walkley-Black

S - Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético

Foram semeadas cinco sementes de soja em cada vaso. Sobre as sementes foi realizada a inoculação com 1,0 mL da suspensão de esporos contendo 1×10^3 esporos/mL. Para os tratamentos controles foi aplicado 1,0 mL de água destilada e esterilizada. Aos nove dias após a emergência foi realizado o desbaste de plantas de cada vaso, deixando 02 plantas por unidade experimental.

As fontes e doses dos nutrientes aplicados durante a condução do experimento são apresentadas na Tabela 4. O fósforo (P) foi aplicado em dose única, incorporado em todo o volume de solo, um dia antes da semeadura das plantas. Os demais nutrientes foram aplicados em doses parceladas (igualmente divididas) aos 7, 14, 21 e 28 dias após o semeio. Após a emergência, as plantas foram cultivadas por 45 dias. Durante esse período a irrigação foi realizada diariamente, com água desmineralizada.

Ao final do experimento, foi realizado o corte da parte aérea das plantas, à altura do coleto. Em seguida, o material vegetal foi encaminhado para determinação de matéria seca, após secagem em estufa de circulação forçada de ar (60 °C).

As raízes foram delicadamente separadas do solo, utilizando água corrente. O sistema radicular das duas plantas de cada unidade experimental foi então separado e uma das raízes foi encaminhada para secagem e pesagem. O sistema radicular da segunda planta, de cada unidade experimental, foi acondicionado em frasco de vidro contendo álcool 30% para conservação, e mantido sob refrigeração em câmara fria a 4 °C. Este material foi posteriormente utilizado para quantificação do comprimento radicular (CR), área projetada das raízes (APR), superfície total de raízes (STR) e área de raízes finas (< 2 mm) (RF) utilizando sistema com Scanner EPSON® LA2400, que foram tratadas por meio do sistema de análise de imagens WinRHIZO PRO 2009 (Regent Instruments, model: WinRHIZO Pro 2009, Québec, Canada).

Após a secagem, todo o material vegetal foi moído em moinhos tipo Willey, com peneira de 1 mm e digeridas em solução nitroperclórica (4:1) (Sarruge; Haag, 1974), seguida de determinação de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B em espectrofotometria de emissão ótica em plasma induzido (ICP-OES) (710 ICP – OES, Agilent Technologies, Califórnia, EUA). O teor de N foi determinado pelo método Kjeldahl, após a digestão sulfúrica do material vegetal (Bremner e Mulvaney, 1982).

Tabela 4 - Fontes e doses de nutrientes aplicadas durante o experimento

Nutriente	50% da dose recomendada (mg kg ⁻¹)*	Fonte Reagente P.A
N	50	NH ₄ H ₂ PO ₄
P	150	KH ₂ PO ₄
K	75	K ₂ SO ₄
S	20	**
Cu	0.665	(CuSO ₄) 5H ₂ O
Zn	2	(ZnSO ₄) 7H ₂ O
B	0.405	H ₃ BO ₃
Fe	0.775	(FeCl ₃) 6H ₂ O
Mn	1.83	(MnCl ₂) 4H ₂ O
Mo	0.075	(NaMoO ₄) 2H ₂ O

*baseado em Novais et al. (1991)

**aplicado com os sulfatos de K , Cu, Zn.

2.2. Análise de dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$). Para avaliação das premissas da ANOVA, de normalidade e aditividade dos resíduos, foram aplicados os testes de Shapiro-Wilk e Oneillmathews. As médias foram comparadas pelo teste LSD. Quando as pressuposições da anova não foram atendidas, os dados foram transformados, utilizando a transformação $\ln(x)$. O tratamento dos dados foi realizado usando o Programa R 4.3.0 (R Core Team, 2023).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Conteúdo de nutrientes

Os tratamentos com fungos endofíticos alteraram a aquisição de nutrientes pelas plantas. O tratamento EHL 103 (*Penicillium* sp.) seguido do tratamento EHL 30 (*Talaromyces amestolkiae.*), foram os que apresentaram maiores efeitos positivos.

O tratamento EHL 103 promoveu incremento de aproximadamente 93,5% do conteúdo total de N nas plantas, 58,41% de S, 46,01% de Ca e 54,68% de Mg, comparativamente ao controle com mesma adubação (Tabela 5). Incrementos menores foram encontrados quando comparado ao Controle 100%.

No tratamento EHL 30, observou-se o maior incremento percentual de K (44,07%) e Mg (38,85%), seguido de S (44,47%), Ca (41,0%) e P (6,98%), em relação ao controle com a mesma adubação. Comparando os resultados com o controle contendo 100% da adubação, os incrementos foram de 37,44% para K e 21,82% para Mg.

Tabela 5 - Conteúdo Total de macronutrientes em plantas de soja inoculadas com fungos endofíticos radiculares.

Conteúdo TOTAL de macronutrientes						
Tratamentos	N		P		K	
	mg/vaso		.....g/vaso			
EHL 103	100.71	a	2.17	b	36.77	bc
Controle 100%	78.99	bc	2.56	a	42.36	bc
EHL 29	83.45	b	2.21	b	41.97	bc
EHL 22	65.21	cd	2.06	b	37.88	bc
EHL 30	62.51	d	2.30	ab	58.22	a
EHL 28	63.61	d	2.05	b	48.69	ab
EHL 20	61.94	d	2.08	b	37.56	bc
Controle 50%	52.05	d	2.15	b	40.41	bc
EHL 23	58.15	d	2.05	b	33.99	c
QM	130.75		0.0489		118.41	
CV	16.42%		10.14%		25.92%	
p-valor	0.5114949		0.06947884		0.946896	

Conteúdo TOTAL de macronutrientes						
Tratamentos	S		Ca		Mg	
	.....g/vaso .....		.....g/vaso .....		.....g/vaso	
EHL 103	6.59	a	34.97	a	15.05	a
Controle 100%	5.12	bc	32.75	ab	11.09	cde
EHL 29	5.37	b	31.66	abc	12.28	bcd
EHL 22	5.09	bc	31.27	abc	12.79	bc
EHL 30	6.01	ab	33.77	ab	13.51	ab
EHL 28	5.04	bc	28.33	bcd	11.34	bcde
EHL 20	4.02	c	26.49	cd	10.28	de
Controle 50%	4.16	c	23.95	d	9.73	e
EHL 23	4.08	c	24.54	d	9.25	e
QM	0.7593		20,868		28490	
CV	17.25%		15.35%		14.42%	
p-valor	0.4934029		0.6159843		0.7000584	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ($p < 0.05$).

Tabela 6 - Conteúdo Total de micronutrientes em plantas de soja inoculadas com fungos endofíticos radiculares.

Conteúdo TOTAL de micronutrientes								
Tratamentos	Cu		B		Mn		Zn	
.....mg/vaso								
EHL 103	13.73	abc	129.31	ab	540.94	ns	4.29	bcd
Controle 100%	16.15	a	140.24	a	411.35	ns	4.62	a
EHL 29	12.77	bc	105.08	bc	531.65	ns	4.29	bcd
EHL 22	13.53	abc	116.20	ab	595.91	ns	4.29	bcd
EHL 30	15.55	ab	116.62	ab	728.71	ns	4.46	ab
EHL 28	13.28	abc	105.26	bc	627.60	ns	4.09	d
EHL 20	10.64	c	57.97	d	427.67	ns	4.06	d
Controle 50%	12.34	c	63.34	d	448.62	ns	4.16	cd
EHL 23	10.88	c	84.51	cd	413.01	ns	4.17	cd
QM	5.96		452.6		37881		0.030059	
CV	18.49%		20.84%		37.07%		4.06%	
p-valor	0.1178122		0.1690361		0.048158		0.2593472	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ($p < 0.05$).

Na massa da parte aérea, observamos um incremento no conteúdo de N (11,88% e 83,16%), Ca (5,52% e 42,67%) e Mg (12,21% e 40,44), no tratamento EHL 103, quando comparado ao controle 100% e ao controle com a mesma adubação, respectivamente (Tabelas 7 e 8). Entre os tratamentos com inoculação fúngica, o EHL 103 apresentou os maiores conteúdos de N e Mg. Para o conteúdo de Ca, os tratamentos que apresentaram maiores efeitos positivos foram EHL 103 e EHL 30, seguidos por EHL 29, EHL 28 e EHL 22, que não diferiram do controle de 100%. Esses resultados indicam que, mesmo sob uma condição nutricional restrita a 50% da recomendação para experimentos em casa de vegetação, a ação dos microrganismos foi capaz de melhorar a absorção de nutrientes, igualando os valores ao controle sem restrição nutricional.

Em relação ao acúmulo de S, os tratamentos com inoculação fúngica não diferiram entre si, porém tiveram valores significativamente maiores que o controle com a mesma adubação. Para o conteúdo de P não houve diferença significativa para os tratamentos com mesma adubação.

Para K não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, resultado semelhante foi encontrado por Gómez-Muñoz, B. et al. (2017) ao avaliarem os efeitos de *Penicillium bilaii* no crescimento do milho e na absorção de P do solo e lodo de esgoto, onde relataram que não houve diferença significativa entre os tratamentos para as concentrações de S e K na parte aérea, e nem efeito da inoculação isolada do fungo sobre os níveis de P.

Tabela 7 - Conteúdo de macronutrientes em parte aérea de plantas de soja inoculadas com fungos endofíticos radiculares.

Conteúdo de macronutrientes em Matéria Seca de Parte Aérea						
Tratamentos	N		P		K	
	mg/vaso		.....mg/vaso			
EHL 103	76.47	a	6.89	b	28.43	ns
Controle 100%	68.35	a	11.20	a	38.33	ns
EHL 29	66.91	ab	7.66	b	38.49	ns
EHL 22	50.24	c	6.55	b	34.24	ns
EHL 30	50.52	c	7.88	b	51.09	ns
EHL 28	52.89	bc	6.51	b	44.01	ns
EHL 20	48.67	c	6.67	b	35.11	ns
Controle 50%	41.75	c	7.10	b	36.10	ns
EHL 23	46.38	c	6.67	b	30.76	ns
QM	125.07		28,072		116.59	
CV	20.04%		22.35%		28.80%	
p-valor	0.3090338		0.09758142		0.8245314	

Conteúdo de macronutrientes em Matéria Seca de Parte Aérea						
Tratamentos	S		Ca		Mg	
	.....mg/vaso					
EHL 103	3.94	a	31.53	a	10.94	a
Controle 100%	4.01	a	29.88	ab	9.75	ab
EHL 29	4.03	a	29.40	ab	10.42	ab
EHL 22	3.63	ab	29.07	ab	10.20	ab
EHL 30	4.03	a	31.28	a	10.37	ab
EHL 28	3.63	ab	26.29	abc	9.08	abc
EHL 20	2.96	b	24.73	bc	8.71	bc
Controle 50%	2.83	b	22.10	c	7.79	c
EHL 23	3.04	b	22.84	c	7.52	c
QM	0.40233		21,479		21,656	
CV	17.79%		16.88%		15.58%	
p-valor	0.1869228		0.7319464		0.2727737	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ($p < 0.05$).

Tabela 8 - Conteúdo de micronutrientes em parte aérea de plantas de soja inoculadas com fungos endofíticos radiculares.

Conteúdo de micronutrientes em Matéria seca de Parte Aérea								
Tratamentos	Cu		B		Mn		Zn	
	.....mg/vaso							
EHL 103	7.13	ns	101.65	ab	339.71	ns	47.91	ns
Controle 100%	9.02	ns	121.64	a	274.05	ns	59.50	ns
EHL 29	8.72	ns	86.30	bc	371.83	ns	56.34	ns
EHL 22	7.93	ns	96.18	abc	369.45	ns	51.57	ns
EHL 30	9.32	ns	90.95	bc	423.11	ns	53.87	ns
EHL 28	7.52	ns	84.97	bc	359.50	ns	44.65	ns
EHL 20	6.91	ns	43.73	d	277.09	ns	43.68	ns
Controle 50%	7.87	ns	47.94	d	258.06	ns	42.02	ns
EHL 23	7.10	ns	71.60	cd	283.51	ns	51.80	ns
QM	23,693		485.12		13618		106.13	
CV	19.37%		26.61%		35.53%		20.54%	
p-valor	0.4054955		0.9194244		0.159641		0.1698458	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ($p < 0.05$).

Com base no conteúdo de nutrientes na massa seca das raízes (Tabelas 9 e 10), o tratamento EHL 103 destacou-se pelo maior efeito positivo, apresentando incrementos expressivos nos conteúdos de N (127,94% e 135,24%), K (106,95% e 144,57%), S (136,61% e 100,76%), Ca (19,86% e 85,95%) e Mg (209,77% e 113,47%) em comparação ao controle 100% e ao controle com a mesma adubação, respectivamente. Para o conteúdo de P (4,95% e 9,14%), no entanto, não houve diferença entre os tratamentos.

O tratamento EHL 30, inoculado com *Talaromyces amestolkiae*, apresentou o segundo maior acúmulo de nutrientes, especialmente K (76,67% e 108,80%), S (76,79% e 50%) e Mg (136,09 % e 62,69%) em comparação ao controle 100% e ao controle de mesma adubação, respectivamente. Para Mg todos os tratamentos com fungos endofíticos foram superiores estatisticamente aos controles. Para P não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Os fungos dos gêneros *Penicillium*, *Aspergillus* e *Trichoderma* estão entre os microrganismos mais estudados quanto ao efeito sobre a aquisição de P e K pelas plantas (Meena et al., 2016). Os mecanismos utilizados pelos microrganismos promotores de crescimento podem estar associados ao aumento da disponibilidade de nutrientes na interface solo-raiz, bem como ao aumento da capacidade da planta em absorver nutrientes (PII et al. 2015). Entre outros efeitos, esses microrganismos podem produzir carboxilatos, enzimas e reguladores de crescimento.

Tabela 9 - Conteúdo de macronutrientes em raízes de plantas de soja inoculadas com fungos endofíticos radiculares.

Conteúdo de macronutrientes em Matéria Seca de Raiz						
Tratamentos	N		P		K	
	mg/vaso		.....g/vaso			
EHL 103	24.23	a	1.91	ns	8.34	a
Controle 100%	10.63	c	1.82	ns	4.03	c
EHL 29	16.54	b	1.41	ns	3.48	c
EHL 22	14.98	bc	1.34	ns	3.64	c
EHL 30	11.99	bc	2.16	ns	7.12	ab
EHL 28	10.72	c	1.69	ns	4.68	bc
EHL 20	13.26	bc	1.32	ns	2.45	c
Controle 50%	10.30	c	1.75	ns	3.41	c
EHL 23	11.77	bc	1.19	ns	3.23	c
QM	16,611		0.43658		45,096	
CV	29.48%		40.45%		47.34%	
p-valor	0.3294285		0.7361395		0.9207039	

Conteúdo de macronutrientes em Matéria Seca de Raiz						
Tratamentos	S		Ca		Mg	
	.....g/vaso					
EHL 103	2.65	a	3.44	a	4.12	a
Controle 100%	1.12	c	2.87	ab	1.33	d
EHL 29	1.35	bc	2.26	bcd	1.86	cd
EHL 22	1.46	bc	2.20	cd	2.60	bc
EHL 30	1.98	ab	2.52	bc	3.14	ab
EHL 28	1.41	bc	2.04	cd	2.26	bcd
EHL 20	1.06	c	1.77	d	1.57	cd
Controle 50%	1.32	bc	1.85	cd	1.93	cd
EHL 23	1.04	c	1.71	d	1.49	cd
QM	0.28755		0.26593		0.8057	
CV	36.07%		22.47%		39.81%	
p-valor	0.8785723		0.1025591		0.3737585	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ($p < 0.05$).

Tabela 10 - Conteúdo de micronutrientes em raízes de plantas de soja inoculadas com fungos endofíticos radiculares.

Conteúdo de micronutrientes em Matéria Seca de Raiz								
Tratamentos	Cu		B		Mn		Zn	
	.....mg/vaso							
EHL 103	1.88	ab	27.66	a	5.23	ns	25.68	bc
Controle 100%	1.92	a	18.59	bc	4.89	ns	44.04	a
EHL 29	1.39	bc	18.78	bc	4.10	ns	17.81	c
EHL 22	1.71	abc	20.02	abc	5.33	ns	22.15	bc
EHL 30	1.82	ab	25.67	ab	5.60	ns	32.08	b
EHL 28	1.57	abc	20.28	abc	5.37	ns	15.75	c
EHL 20	1.31	c	14.23	c	4.81	ns	14.44	c
Controle 50%	1.49	abc	15.39	c	5.22	ns	24.83	bc
EHL 23	1.26	c	12.91	c	4.81	ns	14.16	c
QM	0.102286		37,674		0.30584		84.32	
CV	20.01%		31.83%		10.75%		39.18%	
p-valor	0.05616557		0.108342		0.48185		0.1387828	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ($p < 0.05$).

3.2. Biomassa da planta

Os tratamentos com fungos endofíticos promoveram incremento na massa seca das plantas (Figura 1. a. b. c).

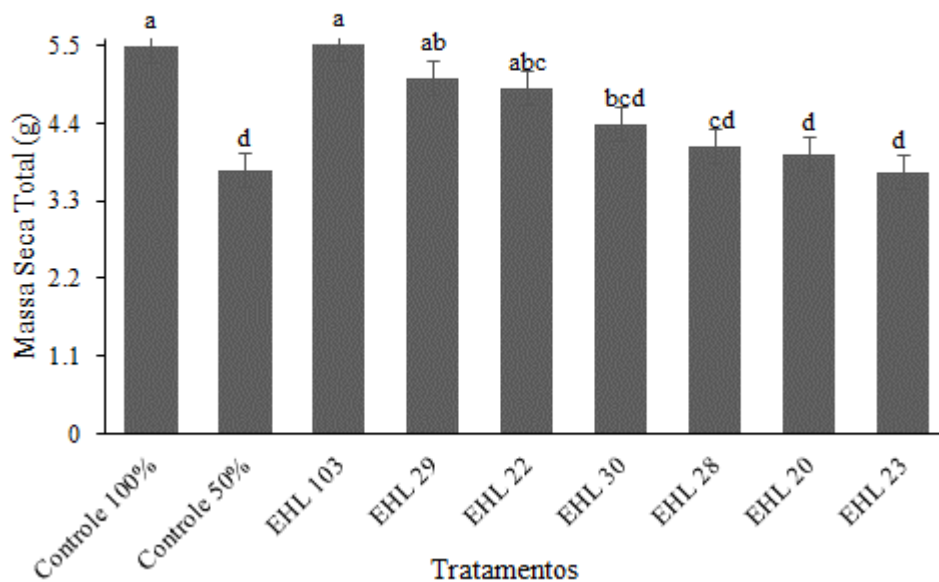
O tratamento EHL 103 (*Penicillium sp.*) destacou-se dos demais tratamentos com inoculação fúngica, apresentando maior promoção de crescimento das plantas. Além disso, foi superior ao controle submetido à mesma adubação, mas não diferiu significativamente do controle com 100% da adubação (Figura 1a, b, c). Os tratamentos EHL 29 e EHL 22 (*Penicillium sp.* e *Tozetella effusa*, respectivamente) também apresentaram respostas positivas para as mesmas variáveis analisadas.

O gênero fúngico *Talaromyces* é pouco explorado na literatura quanto à promoção de crescimento em plantas. No entanto, ele é amplamente conhecido por sua capacidade de produzir metabólitos secundários, como ácidos orgânicos de baixa massa molar, e sideróforos. Além disso, apresenta capacidade de solubilizar fosfatos, o que também ocorre com fungos do gênero *Penicillium* (Lan & Wu, 2020; López et al., 2020; Patel et al., 2021).

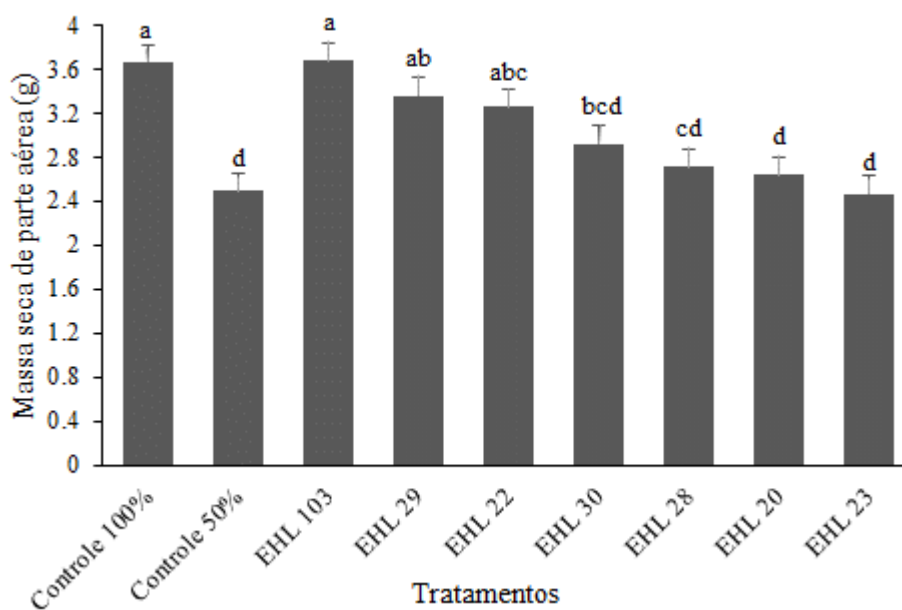
A produção de fito-hormônios (como ácido indolacético e ácido giberélico), o aumento na aquisição de água, a produção de ácidos orgânicos e sideróforos, a solubilização de fósforo e a capacidade de ação entomopatogênica e nematogênica também contribuem para a maior resistência das plantas a fatores bióticos e abióticos. Esses benefícios criam condições ideais para o

desenvolvimento pleno das plantas (Hamayun et al., 2009a; Ramesh et al., 2015; Qiang et al., 2019; Rajini et al., 2020; Wang et al., 2020; Poveda et al., 2021).

a)



b)



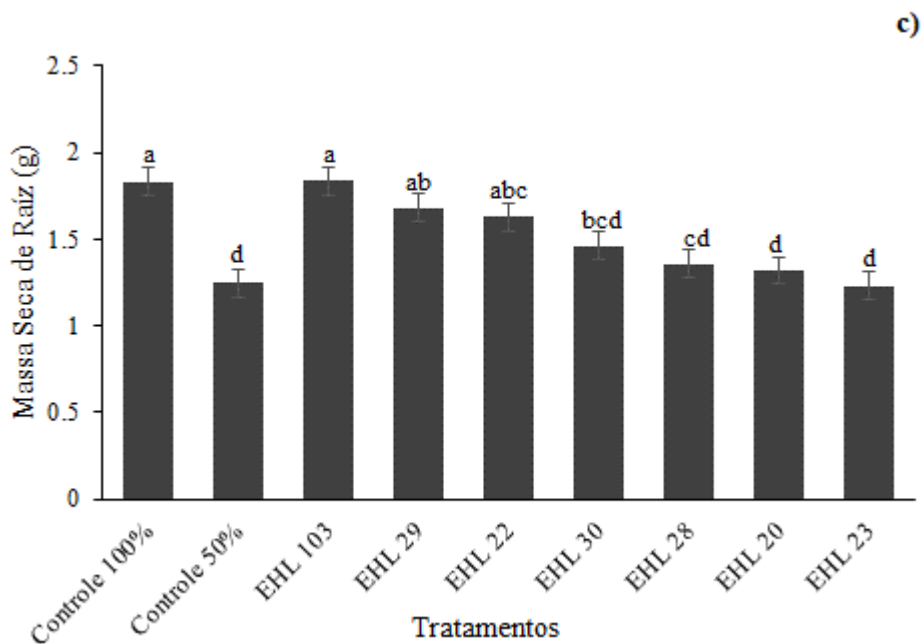


Figura 1 – Massa seca total a), de parte aérea b), e de raízes c), de plantas de soja cultivadas com e sem a inoculação de fungos endofíticos radiculares

3.3. Morfometria das raízes

Para os dados morfométricos de raízes não foram obtidos resultados significativos para nenhuma das variáveis analisadas, acredita-se que o volume de solo explorado no vaso assim como o tamanho do recipiente tenha limitado a resposta desta variável.

CONCLUSÃO

Dois isolados foram identificados com potencial efeito para melhoria da aquisição de nutrientes e promoção de crescimento de plantas de soja, sendo eles pertencentes aos gêneros *Penicillium* spp. e *Talaromyces amestolkiae*.

REFERENCIAS

- ABREU JR, Cássio Hamilton; MURAOKA, Takashi; LAVORANTE, André Fernando. Relações entre acidez e propriedades químicas de solos brasileiros. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 2, p. 337-343, 2003.
- ALFENAS, A. C. et al. **Produção, determinação e calibração da concentração de inóculo em suspensão**. ALFENAS, AC; MAFIA, RG Métodos em Fitopatologia, v. 2, p. 107-121, 2016.
- ALMARIO, J., JEENA, G., WUNDER, J., LANGEN, G., ZUCCARO, A., COUPLAND, G., et al. Root-associated fungal microbiota of nonmycorrhizal *Arabis alpina* and its contribution to plant phosphorus nutrition. *PNAS* 114, E9403–E9412. 2017
- ALVES, N. M., GUIMARÃES, L. H. S., PICCOLI, R. H., & CARDOSO, P. G. Production and Partial Characterization of an Extracellular Phytase Produced by *Muscodor* sp. under Submerged Fermentation. *Advances in Microbiology*, 06(01), 23-32. 2016.
- ASERI, G. K., JAIN, N., & TARAFDAR, J. C. Hydrolysis of Organic Phosphate Forms by Phosphatases and Phytase Producing Fungi of Arid and Semi Arid Soils of India. *Environ. Sci.*, 8. 2009.
- BALOTA, E.L; MACHINESKI, O; STENZEL, N.M.C. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. **Bragantia**, v. 70, p. 166-175, 2011.
- BARROS, Maicon Martins; RIBEIRO, Roberto Carlos da Conceição. Fertilização e correção de solos utilizando resíduos de rochas ornamentais: estado da arte. 2021.
- BEZERRA, Gabrielle Alves. Isolamento e seleção de microrganismos de cana-de-açúcar com potencial de promoção de crescimento vegetal. 2021.
- BREMNER JM, MULVANEY CS. Total nitrogen. In: Page AL. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy; 1982. p. 595-624.
- BUOL, Stanley W. Soils and agriculture in central-west and north Brazil. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 697-707, 2009.
- CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. **Geoderma**, v. 195, p. 234-242, 2013.
- CASTRO, N. R., SILVA, A. F., & GILIO, L. **DESEMPENHO E INTER-RELAÇÕES DO SETOR DE FERTILIZANTES:: UMA ANÁLISE SEGUNDO A ÓTICA DE INSUMO-PRODUTO**. Planejamento E Políticas Públicas, (56).2021
- CHANDANIE, W. A.; KUBOTA, M.; HYAKUMACHI, M. Interactions between plant growth promoting fungi and arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and induction of

systemic resistance to anthracnose disease in cucumber. **Plant and soil**, v. 286, n. 1, p. 209-217, 2006.

COSTA, T. A.; PINTRO, J. C.; SILVA, E. S.; DA COSTA, S. M. G. Influência da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, da acidez do solo e de fontes de fósforo no crescimento do milho. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 24, n. 5, p. 1583-1590, 2002.

CUNHA, Gabriel Octávio de Mello et al. Nutritional efficiency and nutrient accumulation of maize cultivated in soils with high Al-KCl content. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 16, p. 107, 2019.

DE SOUSA LIMA, F; DA SILVA SOUSA, C. Crescimento e nutrição de mudas de clones de eucalipto inoculadas com fungos micorrízicos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, p. 110-118, 2014.

EMBRAPA, FertBrasil - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/caravana-embrapa-fertbrasil/sobre-a-caravana> Acesso em: 18 Fevereiro 2022.

FERNANDES, Josimar Gurgel; DE CARVALHO, Eric Xavier. **SOLOS: ESTUDOS, POTENCIALIDADES E USO**. 2021. Livro on-line disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Edivan-Souza/publication/358807755_SOLOS_ESTUDOS_POTENCIALIDADES_E_USO_Editores/links/621699dab85f8c427cd60ef5/SOLOS-ESTUDOS-POTENCIALIDADES-E-USO-Editores.pdf

GAIND, S., & NAIN, L. Soil-Phosphorus Mobilization Potential of Phytate Mineralizing Fungi. *Journal of Plant Nutrition*, 38(14), 2159-2175. <https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1014561>. 2015

GARCÍA Castellanos, Begoña; GARCÍA García, Benjamín; GARCÍA García, José. Economic and environmental effects of replacing inorganic fertilizers with organic fertilizers in three rainfed crops in a semi-arid area. **Sustainability**, v. 15, n. 24, p. 16897, 2023.

GARGOVA, S., ROSHKOVA, Z., & VANCHEVA, G. Screening of fungi for phytase production. *Biotechnology techniques*, 11(4), 221-224. 1997.

GOIS, Larissa De Souza et al. EXOTIC ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI AND NATIVE DARK SEPTATE ENDOPHYTES ON THE INITIAL GROWTH OF *Paspalum millegrana* GRASS. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 607-615, 2019.

GÓMEZ-MUÑOZ, B. et al. *Penicillium bilaii* effects on maize growth and P uptake from soil and localized sewage sludge in a rhizobox experiment. *Biology and Fertility of Soils*, v. 53, p. 23-35, 2017.

GRIEBELER, Adriana Maria et al. **Estratégias para o enriquecimento de áreas ripárias em processo de restauração no extremo sul do bioma Mata Atlântica**. 2019.

HIRUMA, K., GERLACH, N., SACRISTÁN, S., NAKANO, R. T., HACQUARD, S., KRACHER, B., et al. Root endophyte *Colletotrichum tofieldiae* confers plant fitness benefits that are phosphate status dependent. *Cell* 165, 464–474. 2016

HOYSTED, G., JACOB, A. S., KOWAL, J., GIESEMANN, P., BIDARTONDO, M. I., DUCKETT, J. G., et al. Mucoromycotina fine root endophyte fungi form nutritional mutualisms with vascular plants. *Plant Physiol.* 181, 565–577. 2019.

KAPRI, A., & TEWARI, L. Phosphate solubilization potential and phosphatase activity of rhizospheric *Trichoderma* spp. *Brazilian Journal of Microbiology*, 41(3), 787-795. 2010.

KER, João Carlos. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, 1997.

KHAN, Abdul Latif et al. Fungal endophyte *Penicillium janthinellum* LK5 can reduce cadmium toxicity in *Solanum lycopersicum* (Sitiens and Rhe). *Biology and fertility of soils*, v. 50, p. 75-85, 2014.

KUMAR V, SARMA MVRK, SAHARAN K, SRIVASTAVA R, KUMAR L, SAHAI V et al (2012) Effect of formulated root endophytic fungus *Piriformospora indica* and plant growth promoting rhizobacteria fluorescent pseudomonads R62 and R81 on *Vigna mungo*. *World J Microb Biot* 28:595–603.

KUŹNIAR, A.; WŁODARCZYK, K.; WOLIŃSKA, A. Agricultural and other biotechnological applications resulting from trophic plant-endophyte interactions. *Agronomy* 2019, 9, 779.

LAN, D.; WU, B. Chemistry and Bioactivities of Secondary Metabolites from the Genus *Talaromyces*. *Chemistry & Biodiversity*, 2020.

LEITE, Caroline Aparecida Moreira et al. Índice de velocidade de emergência (IVE) de genótipos de soja sob influência do vigor e inoculação em solo argiloso e areia comercial. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. esp., p. 244-253, 2018.

LI, X., ZHOU, J., XU, R. S., MENG, M., Yu, X., and DAI, C. C. Auxin, cytokinin, and ethylene involved in rice N availability improvement caused by endophyte *Phomopsis liquidambari*. *J. Plant Growth Regul.* 37, 128–143. 2018.

LÓPEZ, Julián E. et al. *Aspergillus tubingensis* and *Talaromyces islandicus* solubilize rock phosphate under saline and fungicide stress and improve *Zea mays* growth and phosphorus nutrition. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v. 20, p. 2490-2501, 2020.

LUGTENBERG, Ben JJ; CARADUS, John R.; JOHNSON, Linda J. Fungal endophytes for sustainable crop production. **FEMS microbiology ecology**, v. 92, n. 12, p. fiw194, 2016.

MACEDO, Paulo Eduardo França de. Promoção do crescimento de plantas mediada por *Clonostachys rosea*. 2011.

MEENA, V. S.; BAHADUR, I.; MAURYA, B. R.; KUMAR, A.; MEENA, R. K.; MEENA, S. K.; VERMA, J. P. Potassium-solubilizing microorganism in evergreen agriculture: an overview. In: MEENA, V. S.; MAURYA, B. R.; PRAKASH VERMA, J.; MEENA, R. S. (ed.). Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture. New Delhi: Springer, 2016.

MEHMOOD, A., HUSSAIN, A., IRSHAD, M., HAMAYUN, M., IQBAL, A., and KHAN, N. In vitro production of IAA by endophytic fungus *Aspergillus awamori* and its growth promoting activities in *Zea mays*. *Symbiosis* 77, 225–235. 2019.

MIOTTO, Alcione et al. Soil acidity and aluminum speciation affected by liming in the conversion of a natural pasture from the Brazilian Campos Biome into no-tillage system for grain production. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 66, n. 2, p. 138-151, 2020.

MIRANSARI, M. et al. Effects of soil compaction and arbuscular mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.) nutrient uptake. *Soil and Tillage Research*, v. 103, n. 2, p. 282-290, 2009.

NOVAIS, R. F., J. C. L. NEVES, and N. F. Barros. 1991. **Ensaio em ambiente controlado. In Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**, eds. A. J. Oliveira, W. E. Garrido, J. D. Araújo, and S. Lourenço, 189–254. Brasília, Embrapa - SEA.

OLIVEIRA, Hend Pereira de. **Produção e avaliação de fertilizantes fosfatados enriquecidos com *Trichoderma harzianum*: efeitos no crescimento inicial de plantas de milho** – Viçosa, MG, 2021. (dissertação eletrônica (52 f.): il.).

OLIVEIRA-PAIVA, C. A. et al. Microrganismos solubilizadores de fósforo e potássio na cultura da soja. 2022.

OZIMEK, E.; HANAKA, A. Mortierella Species as the Plant Growth-Promoting Fungi Present in the Agricultural Soils. *Agriculture* 2021, 11, 7.

PATEL, Dhavalkumar et al. Talaromyces pinophilus strain M13: a portrayal of novel groundbreaking fungal strain for phytointensification. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, n. 7, p. 8758-8769, 2021.

PETRINI, O.. Fungal endophytes in tree leaves. In: *Microbial Ecology of Leaves* (eds. J.H. Andrews and S.S. Hirano) Springer, New York 179-197. (1991).

POVEDA, Jorge et al. Endophytic fungi as direct plant growth promoters for sustainable agricultural production. *Symbiosis*, v. 85, n. 1, p. 1-19, 2021.

QIN, Xiangyu et al. Insight of endophytic fungi promoting the growth and development of woody plants. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 44, n. 1, p. 78-99, 2024.

RAJINI SB, NANDHINI M, UDAYASHANKAR AC, NIRANJANA SR, LUND OS, PRAKASH HS (2020) Diversity, plant growth-promoting traits, and biocontrol potential of fungal endophytes of *Sorghum bicolor*. *Plant Pathol* 69:642–654.

RODRIGUES, Marcos et al. Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savanna. **Science of the Total Environment**, v. 542, p. 1050-1061, 2016.

RODRÍGUEZ MORALES, J. Aislamiento y caracterización de microorganismos mineralizadores de fósforo orgánico y su efecto en el crecimiento vegetal en dos tipos de suelo. Escuela de Biociencias. UNC. 2019

ROMÃO-DUMARESQ, A. S.; DOURADO, M. N.; FÁVARO, L. C. L.; MENDES, R.; FERREIRA; ARAÚJO, W. L.; Diversity of cultivated fungi associated with conventional and transgenic sugarcane and the interaction between endophytic *Trichoderma virens* and the host plant. *Plos One*, v. 11, n. 7, p. 1-28, 2016.

ROOPESH, K., RAMACHANDRAN, S., NAMPOOTHIRI, K. M., SZAKACS, G., & PANDEY, A. Comparison of phytase production on wheat bran and oilcakes in solid-state fermentation by *Mucor racemosus*. *Bioresource Technology*, 97(3), 506-511. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.02.046>. 2006.

ROSAS, F. Uso de fertilizantes por cultura no nível do país (1990-2010). *American Journal of Agricultural Economics*. 2012.

ROZPADEK, P., WEŻOWICZ, K., NOSEK, M., WAŻNY, R., TOKARZ, K., LEMBICZ, M., et al. The fungal endophyte *Epichloë typhina* improves photosynthesis efficiency of its host orchard grass (*Dactylis glomerata*). *Planta* 242, 1025–1035. 2015.

SALBEGO, Lourenço. Associação da adubação biológica e química na cultura do milho. 2021.

SARKAR, SOHINI et al. Fungal endophyte: An interactive endosymbiont with the capability of modulating host physiology in myriad ways. *Frontiers in Plant Science*, v. 12, p. 701800, 2021.

SARKAR, Sohini et al. Fungal endophyte: An interactive endosymbiont with the capability of modulating host physiology in myriad ways. *Frontiers in Plant Science*, v. 12, p. 701800, 2021.

SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. **Análise química de plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 56p. 1974.

SEAE – **Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. Produção nacional de fertilizantes** - Portal Gov.br. <https://www.gov.br/assuntos/estudos-estrategicos>. Disponível em: https://www.gov.br/planalto/ptbr/assuntos/assuntosestrategicos/documentos/estudos-estrategicos/sae_publicacao_fertilizantes_v10.pdf . Acesso em: 02/2023.

SHARMA, S. B.; SAYYED, R. Z.; TRIVEDI, M. H.; GOBI, T. A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus*, v. 2, article 587, 2013

SILVA, André Rogério Matos da et al. Doses crescentes de corretivo na formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Acta Amazonica*, v. 37, p. 195-200, 2007.

SILVA, Roberta Lane de Oliveira et al. Fungos endofíticos em *Annona* spp.: isolamento, caracterização enzimática e promoção do crescimento em mudas de pinha (*Annona squamosa* L.). *Acta Botanica Brasilica*, v. 20, p. 649-655, 2006.

SINGH, G.; BISWAS, D. R.; MARWAHA, T. S. Mobilization of potassium from waste mica by plant growth promoting rhizobacteria and its assimilation by maize (*Zea mays*) and wheat (*Triticum aestivum* L.): a hydroponics study under phytotron growth chamber. *Journal of Plant Nutrition*, v. 33, p. 1236-1251, 2010.

STEFFEN, Gerusa Pauli Kist; MALDANER, Joseila. **Metodologia para multiplicação de *Trichoderma* sp. em substratos orgânicos**. Porto Alegre: SEAPDR/DDPA, 2019. 22 p. (Boletim Técnico: pesquisa e desenvolvimento, 1).

SU, C. L., ZHANG, F., SUN, K., ZHANG, W., and DAI, C. C. Fungal endophyte *Phomopsis liquidambari* improves iron and molybdenum nutrition uptake of peanut in consecutive monoculture soil. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 19, 71–80. 2019.

SUN, Xiao-Rui et al. Identificação e classificação precisas de uma nova espécie de fungo benéfico *Talaromyces* do solo da rizosfera de pinheiro Masson. *Journal of Fungi*, v. 8, n. 2, pág. 155, 2022.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1995. 118 p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).

TÓTOLA, M. R.; BORGES, A. C. Growth and nutritional status of Brazilian wood species *Cedrella fissilis* and *Anadenanthera peregrina* in bauxite spoil in response to arbuscular mycorrhizal inoculation and substrate amendment. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 31, n. 4, p. 257-265, 2000.

VERGARA, C., ARAUJO, K. E. C., ALVES, L. S., DE SOUZA, S. R., SANTOS, L. A., Santa-Catarina, C., et al. Contribution of dark septate fungi to the nutrient uptake and growth of rice plants. *Braz. J. Microbiol.* 49, 67–78. 2018.

VERGARA, C., ARAUJO, K. E. C., URQUIAGA, S., SCHULTZ, N., DE CARVALHO BALIEIRO, F., MEDEIROS, P. S., et al. Dark septate endophytic fungi help tomato to acquire nutrients from ground plant material. *Front. Microbiol.* 8:2437. 2017.

WANG, Jianfeng et al. Effect of *Epichloë gansuensis* endophyte on the nitrogen metabolism, nitrogen use efficiency, and stoichiometry of *Achnatherum inebrians* under nitrogen limitation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 66, n. 16, p. 4022-4031, 2018.

YADAV, V., KUMAR, M., DEEP, D. K., KUMAR, H., SHARMA, R., TRIPATHI, T., et al. A phosphate transporter from the root endophytic fungus *Piriformospora indica* plays a role in phosphate transport to the host plant. *J. Biol. Chem.* 285, 26532–26544. 2010.

YAN, N., WANG, X. Q., XU, X. F., GUO, D. P., WANG, Z. D., ZHANG, J. Z., et al. Plant growth and photosynthetic performance of *Zizania latifolia* are altered by endophytic *Ustilago esculenta* infection. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 83, 75–83. 2013.

ZONTA, Everaldo; STAFANATO, Juliano Bahiense; PEREIRA, Marcos Gervasio. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá. Brasília: Embrapa, p. 263-303, 2021.