

**EFICIÊNCIA DOS FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES EM ARROZ (*ORYZA SATIVA* L.)
INFECTADO COM *CURVULARIA LUNATA*.
EFFICIENCY OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN
RICE (*ORYZA SATIVA* L.) INFECTED WITH *CURVULARIA
LUNATA***

Letycyra Cristina Barbosa Vieira ⁽¹⁾
Antônia Alice Costa Rodrigues ⁽²⁾
Erlen Keila Cândido e Silva ⁽³⁾
Camila Pinheiro Nobre ⁽³⁾
Ivaneide de Oliveira Nascimento ⁽⁵⁾
Gerbeli de Mattos Salgado Mochel ⁽¹⁾ &
Wanderson Lima Cunha ⁽⁶⁾¹

⁽¹⁾ Universidade Estadual do Maranhão

⁽²⁾ Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Universidade Estadual do Maranhão

⁽³⁾ Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão

⁽⁴⁾ Unidade de Estudos de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão

⁽⁵⁾ Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas, Universidade Estadual do Maranhão Região Tocantina

⁽⁶⁾ Departamento de Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas

Resumo

A doença em plantas é considerada como um dos principais fatores limitantes na produção agrícola como a mancha das glumelas causada por *Curvularia lunata*. Na cultura do arroz, ela contribui na redução da produção e na qualidade dos grãos. As formas de controle disponíveis para esse patógeno são de alto custo para a maioria dos produtores. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) podem auxiliar as plantas a tolerarem ataques de patógenos e desenvolverem mecanismos de resistência. Diante disso, este estudo objetivou avaliar o controle de *C. lunata* na cultura do arroz inoculado com FMA, bem como seus benefícios no crescimento e fatores de produção. O experimento foi realizado em casa de vegetação com delineamento experimental inteiramente casualizado considerando os tratamentos: T1 – Testemunha; T2 – Solo + *Rhizophagus clarus*; T3 – Solo + *Claroideoglossum etunicatum*; T4 – Solo + *Gigaspora margarita*; T5 – Solo + *R. clarus* + *C. etunicatum*; T6 – Solo + *C. etunicatum* + *G. margarita*; T7 – Solo + *R. clarus* + *G.*

¹ Autor de contacto: lwanderson8c@gmail.com

margarita e T8 – Solo + *R. clarus* + *C. etunicatum* + *G. margarita*. Avaliaram-se os parâmetros severidade da doença, altura da parte aérea (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), quantidade de grãos (cheios e chochos), comprimento de panículas e colonização micorrízica. A MSPA apenas Solo + *Rhizophagus clarus* e Solo + *R. clarus* + *C. etunicatum* diferiram da testemunha e apresentaram maiores médias. Nos fatores de produção, todos os parâmetros foram significativos, exceto grãos cheios. Os FMA apresentam potencial na redução dos efeitos causados por *C. lunata*, porém é necessita de pesquisas complementares sobre o mecanismo de ação do patógeno, FMA e da planta hospedeira.

Palavras-chave: Micorrizas, Mancha foliar, Solo, Controle alternativo de doenças.

Abstract

Disease in plants as a major limiting factor in agricultural production. In rice culture, it contributes to the reduction of production and grain quality, such as glumela stain caused by *Curvularia lunata*. As forms of control available to this pathogen, are being of high cost to most producers. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can help as plants tolerate pathogen attacks and resistance mechanisms. Therefore, this study aimed to evaluate the control of *C. lunata* in the rice culture inoculated with AMF, as well as its benefits in growth and factors of production. The experiment was carried out in a greenhouse with a completely randomized experimental design considering the treatments: T1 – Witness; T2 – *Rhizophagus clarus*; T3 – *Claroideoglosum etunicatum*; T4 – *Gigaspora margarita*; T5 – *R. clarus* + *C. etunicatum*; T6 – *C. etunicatum* + *G. margarita*; T7 – *R. clarus* + *G. margarita* and T8 – *R. clarus* + *C. etunicatum* + *G. margarita*. The parameters evaluated were disease severity, height of the aerial part (HAP), dry plant shoot mass (DSPM), grain quantity (full and dry grain), panicle length and mycorrhizal colonization. The DSPM only the T2 and T5 differed from the control and presented higher averages. For the factors of production, all parameters were significant, except for full grains. The AMF present potential in the control of *C. lunata*, but complementary research is needed on the mechanism of action of the pathogen, AMF and the host plant.

Keywords: Mycorrhizae, Leaf spot, Soil, Alternative disease control.

Recibido: 22-06-22

Recibido con revisiones: 12-12-22

Aceptado: 12-12-22

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados e consumidos do

mundo. Encontra-se presente em todos os continentes e possui alta produção, em virtude de ser um alimento básico para a maioria da população mundial, fornecendo nutrientes essenciais como vitaminas, proteínas, carboidratos, lipídeos e sais minerais (Naves e Bassinello 2006; Oliveira, 2015).

No Maranhão, o arroz apresenta uma relevância no ponto de vista econômico e social, pois gera renda e contribui na segurança alimentar de muitas famílias que chegam a consumir 1,5 kg de arroz por dia, em caso de grupos familiares com até cinco membros (Hoffmann, 2015). Há uma alta produção de arroz no Maranhão (Conab – 2021) podendo ser reduzida devido a fatores bióticos, como patógenos fúngicos (Nganga et al., 2022)

As doenças como fator limitante na produção das culturas agrícolas podem causar perdas (Eash et al., 2019). Na cultura do arroz, essa perda pode ser ainda mais expressiva, pois sofre ataques de patógenos em todas as fases de crescimento e desenvolvimento, com redução da produtividade e da qualidade dos grãos (Lobo, 2004). Em condições de clima favorável com alta pluviosidade, temperatura e umidade, há predominância da *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn Meyer, este é um fungo patogênico da família Pleosporaceae, que causando mancha foliar e mancha nos grãos, levando à redução fotossintética na orizicultura maranhense (Silva et al., 2014).

O controle de *C. lunata* pode ser feito com o uso do controle químico, como fungicida (Imran et al., 2022). Contudo, a utilização excessiva desse método ocasiona impactos negativos ao meio ambiente como redução da microbiota essencial do solo, e não é acessível para maioria dos produtores de arroz maranhenses, que não dispõem de recursos financeiros para adquirir agroquímicos. Por isso, a busca de alternativas sustentáveis com mínimo impacto ambiental e acessível a esses produtores se faz necessário (Silva et al., 2014).

A utilização de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) no controle biológico de doenças fúngicas podem apresentar como uma alternativa, reduzem a tolerância das plantas a ataques de patógenos, que pode ser pela maior produção de metabólitos especializados pela planta, que induzem efeitos antagônicos (Ravnskov et al., 2020; Sanchez et al., 2019; Volpe et al., 2018). Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito de *C. lunata* na cultura do arroz inoculado com FMA, e o benefícios do FMA no crescimento e produção do arroz, tendo em vista que estes microrganismos aumentam a absorção de nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta e aumentam sua resistência a danos ocasionados por fatores bióticos e abióticos.

MATERIAISE MÉTODOS

O estudo foi realizado em vasos de polietileno de 3 Lem casa de vegetação nas

instalações da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), localizado no município de São Luís, Maranhão (2° 31'48" S e 44° 18'10" O). O clima da região é caracterizado como tropical, com inverno seco e verão chuvoso (Geiger, 1954; Mateus & Bolfe, 2014), com média de temperatura de 26 °C.

O experimento foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 8 tratamentos: T1 – sem FMA (controle); T2 – *Rhizophagus clarus*; T3 – *Claroideoglobus etunicatum*; T4 – *Gigaspora margarita*; T5 - *Rhizophagus clarus* + *Claroideoglobus etunicatum*; T6 – *Claroideoglobus etunicatum* + *Gigaspora margarita*; T7 – *Rhizophagus clarus* + *Gigaspora margarita* e T8-*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglobus etunicatum* + *Gigaspora margarita*, com 4 repetições, totalizando 32 unidades experimentais além de 4 plantas por vaso, representando uma repetição.

O solo utilizado nos vasos foi coletado no município de São Luís, Maranhão (2° 31'48" S e 44° 18'10" O), previamente autoclavado por 1 h por dois dias consecutivos, com a finalidade de eliminar qualquer outra influência microbiológica que não a do FMA. Retirou-se uma amostra para realização de análise química e física, o que apresentou textura areia franca no laboratório da UEMA, 11 g dm³ de M.O, pH= 6,5, P= 3,0 mg dm³, K= 1,6 mmolc dm³, Ca= 11 mmolc dm³, Mg= 0 mmolc dm³, H+Al= 40 mmolc dm³, SB= 12,6 mmolc dm³, CTC= 52,6 mmolc dm³, V= 24%. Os tratamentos não receberam qualquer tipo de adubação, para conservar as características do solo maranhense e a irrigação foi realizada diariamente, para manter a umidade do solo.

Os inóculos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) utilizados nos tratamentos foram obtidos através da Coleção de Fungos Micorrízicos Arbusculares da Embrapa Agrobiologia (COFMEA) (Tabela 1) e o inóculo do fungo *C. lunata* através da Micoteca do Laboratório de Fitopatologia da UEMA, registro MGSS-161.

Para cada tratamento foram utilizados 6 g de substrato com esporos de FMA, sendo que os tratamentos que continham mais de um fungo receberam quantidades de inóculo semelhantes até o total de 6 g. Os inóculos foram transferidos no centro de cada vaso, antes do plantio, e em seguida coberto com uma camada fina de solo, após inoculação, realizou-se o plantio com 8 sementes de arroz por vaso, após 8 dias do plantio (DAP), foi realizado o desbaste deixando 4 plantas por vaso em cada repetição.

Tabela 1. Descrição das linhagens de FMA da Coleção de Fungos Micorrízicos Arbusculares cedidos pela Embrapa Agrobiologia (COFMEA).

Table 1. Description of AMF strains from the Arbuscular Mycorrhizal Fungi Collection provided by Embrapa Agrobiologia (COFMEA).

| Código COFMEA | Código Original | Espécie |
|------------------|--------------------|--|
| A1 | CNPAB 001 | <i>Gigaspora margarita</i> W.N. Becker & I.R. Hall (1976) |
| A44 | Inóculo 51 | <i>Claroideoglossum etunicatum</i> (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & Schuessler (2010) |
| A5 | CNPAB 005 | <i>Rhizophagus clarus</i> (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) C. Walker & Schuessler (2010) |

A inoculação do patógeno foi realizada aos 21 DAP, via pulverização com uma suspensão contendo esporos do fungo. A suspensão utilizada foi obtida através do cultivo do fungo em meio BDA (batata-dextrose-ágar), incubados a 27°C, com 12 hora de dia e noite. Após o período de 7 dias de incubação a suspensão foi preparada na concentração de 1×10^5 conídios mL⁻¹ em água destilada e autoclavada, em seguida as plantas foram cobertas com saco plástico transparentes, simulando uma câmara úmida, por 48 h.

Os parâmetros de severidade da doença foram avaliados aos 7, 14 e 21 DAI, sendo: número de folhas, número de folhas saudáveis, número de folhas doentes, % de folhas doentes, área foliar com lesão, tamanho da lesão em centímetros, medidas com régua e obtendo % de severidade da doença.

O desenvolvimento da planta foi avaliado pelos seguintes parâmetros: altura da planta, aos 39, 46 e 53 DAP e matéria seca da parte aérea (MSPA), número total de grãos, tamanho da panícula, % de grãos cheios, % de grãos chochos e % de colonização micorrízica ao final do experimento.

A determinação da % de colonização radicular seguiu a metodologia de clareamento de Philips e Hayman (1970) modificado por Koske & Gemma, (1989) e Grace e Stribley (1991) a contagem dos esporos e a % seguiu a metodologia de Giovannetti & Mosse, (1980).

Os resultados foram submetidos a análise de variância no programa estatístico Assistat (Francisco & Carlos, 2016). As médias calculadas das 4 repetições, e com os parâmetros que foram normais para o teste Lilliefors, aplicou-se o teste de Tukey a 5 %, por outro lado, aquelas não normais foram submetidas ao teste não paramétrico Mann-Whitney. Os parâmetros colonização micorrízica e porcentagem de folhas doentes aos 14 DAI foram transformados para, respectivamente, arcoseno (x) e $\arcsen \sqrt{x/100}$ de acordo com (Silva; Azevedo, 2016).

RESULTADOS

Para o parâmetro % de colonização radicular os tratamentos apresentaram diferença estatística entre si, sendo o tratamento com *C. etunicatum* + *G. margarita* apresentou maior % de colonização com aproximadamente 100% de suas raízes colonizadas e o tratamento *G. margarita* foi o que apresentou menor % de

colonização, com 73 % de suas raízes colonizadas, aproximadamente, levando em consideração apenas os tratamentos que receberam inoculação de FMA (Tabela 2). A altura da planta apresentou diferença estatística entre os tratamentos apenas aos 53 DAP, sendo o tratamento com *R. clarus* + *C. etunicatum*, apresentou maior altura (20,93 cm), diferenciando-se estatisticamente dos tratamentos com *C. etunicatum*, *G. margarita*, *C. etunicatum* + *G. margarita*, *R. clarus* + *G. margarita*, *R. clarus* + *C. etunicatum* + *G. margarita*, de média 18,20 cm de altura (Tabela 2). Em relação à MSPA os tratamentos *R. clarus* e *R. clarus* + *C. etunicatum*, apresentaram maior produção de biomassa seca, com 2,75 e 2,78 g respectivamente, os tratamentos controle e com *G. margarita* os que apresentaram a menor produção de biomassa seca, ambos com aproximadamente 2,00 g de MSPA (Tabela 2).

Tabela 2. Altura da parte aérea (ALT), Matéria seca da parte aérea (MSPA) e colonização radicular (CR) na presença ou ausência de FMA em arroz da variedade BRS Primavera.

Table 2. Shoot height (ALT), shoot dry matter (MSPA) and root colonization (CR) in the presence or absence of AMF in BRS Primavera rice.

| Tratamento | ALT (cm) | | | MSPA* (g) | C R * (%) |
|---|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | 39 DAP* | 46 DAP** | 53 DAP** | | |
| T1 – Testemunha | 17,48 a | 17,73 a | 19,68 abc | 2,02 c | 0,00 d |
| T2 - Solo + <i>R. clarus</i> | 17,44 a | 18,35 a | 20,36 ab | 2,75 a | 90,33 b |
| T3 - Solo + <i>C. etunicatum</i> | 16,14 a | 17,65 a | 19,20 c | 2,32 abc | 94,00 b |
| T4 - Solo + <i>G. margarita</i> | 16,09 a | 18,00 a | 18,98 bc | 1,97 c | 73,33 c |
| T5 - Solo + <i>R. clarus</i> + <i>C. etunicatum</i> | 17,38 a | 18,98 a | 20,93 a | 2,78 a | 93,83 b |
| T6 - Solo + <i>C. etunicatum</i> + <i>G. margarita</i> | 16,18 a | 17,27 a | 19,04 bc | 2,52 ab | 99,67 a |
| T7 - Solo + <i>R. clarus</i> + <i>G. margarita</i> | 16,52 a | 17,05 a | 19,27 bc | 2,36 abc | 95,00 b |
| T8 - Solo + <i>R. clarus</i> + <i>C. etunicatum</i> + <i>G. margarita</i> | 15,30 a | 16,02 a | 18,20 c | 2,15 bc | 95,33 b |

Nota: Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si. * Teste Tukey com $\alpha = p < 0,05$ ** Teste não-paramétrico Mann-Whitney.
 Note: Means followed by the same letter, in the columns, do not differ significantly from each other. * Tukey test with $\alpha = p < 0.05$ ** Non-parametric Mann-Whitney.

Os tratamentos *R. clarus*, *C. etunicatum* e *C. etunicatum* + *G. margarita*, apresentaram maiores médias para o tamanho de panícula, com 15,89; 15,69 e 16,27 cm e os tratamentos s/FMA e com *G. margarita* as menores médias, 13,31 e 13,24 cm respectivamente. Já para o número total de grão, os tratamentos com *R. clarus* e *R. clarus*+*C. etunicatum* foram os que apresentaram maior produção de grãos, com aproximadamente 37 e 38 grãos, respectivamente, e todos os tratamentos diferenciando-se do tratamento s/FMA exceto *G. margarita*, que apresentou 22,68 grãos e a testemunha foi menor, com média de 21,0 grãos

aproximadamente (Tabela 3).

Tabela 3. Tamanho da panícula (TP), grãos cheios (GC), total de grãos (TG) e colonização radicular (CR) na presença ou ausência de FMA em arroz da variedade BRS Primavera.

Table 3. Panicle size (TP), full grains (GC), total grains (TG) and root colonization (CR) in the presence or absence of AMF in rice of the BRS Primavera variety.

| Tratamento | Tamanho da panícula (cm) | Total grãos | de Grãos cheios (%) |
|--|--------------------------|-------------|---------------------|
| T1 – Testemunha | 13,31 b | 21,29 d | 71 a |
| T2 - <i>R. clarus</i> | 15,89 a | 37,29 a | 45 b |
| T3 - <i>C. etunicatum</i> | 15,69 a | 28,92 bc | 47 ab |
| T4 - <i>G. margarita</i> | 13,24 b | 22,68 cd | 71 a |
| T5 - <i>R. clarus</i> + <i>C. etunicatum</i> | 15,15 ab | 38,36 a | 37 b |
| T6 - <i>C. etunicatum</i> + <i>G. margarita</i> | 16,27 a | 32,33 ab | 54 ab |
| T7 - <i>R. clarus</i> + <i>G. margarita</i> | 15,40 ab | 29,75 bc | 57 ab |
| T8 - <i>R. clarus</i> + <i>C. etunicatum</i> + <i>G. margarita</i> | 15,11 ab | 28,81 bc | 55 ab |

Nota: Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey, $p < 0,05$).

Note: Means followed by the same letter, in the columns, do not differ significantly from each other (Tukey, $p < 0.05$).

Para grãos cheios os resultados encontrados foram inversos para grãos chochos, sendo o tratamento s/FMA e com *G. margarita* os que apresentaram maiores % de preenchimento de grão, com aproximadamente 15 e 16 % respectivamente, diferenciando-se estatisticamente dos tratamentos com *R. clarus* e *R. clarus*+*C. etunicatum*, que apresentaram menor preenchimento de grãos, com aproximadamente 17 e 14 %, respectivamente (Tabela 3).

Em relação aos parâmetros de controle da mancha foliar não foi constatado diferença significativa, sendo que os tratamentos com FMA não diferenciaram do tratamento controle (Figura 1)

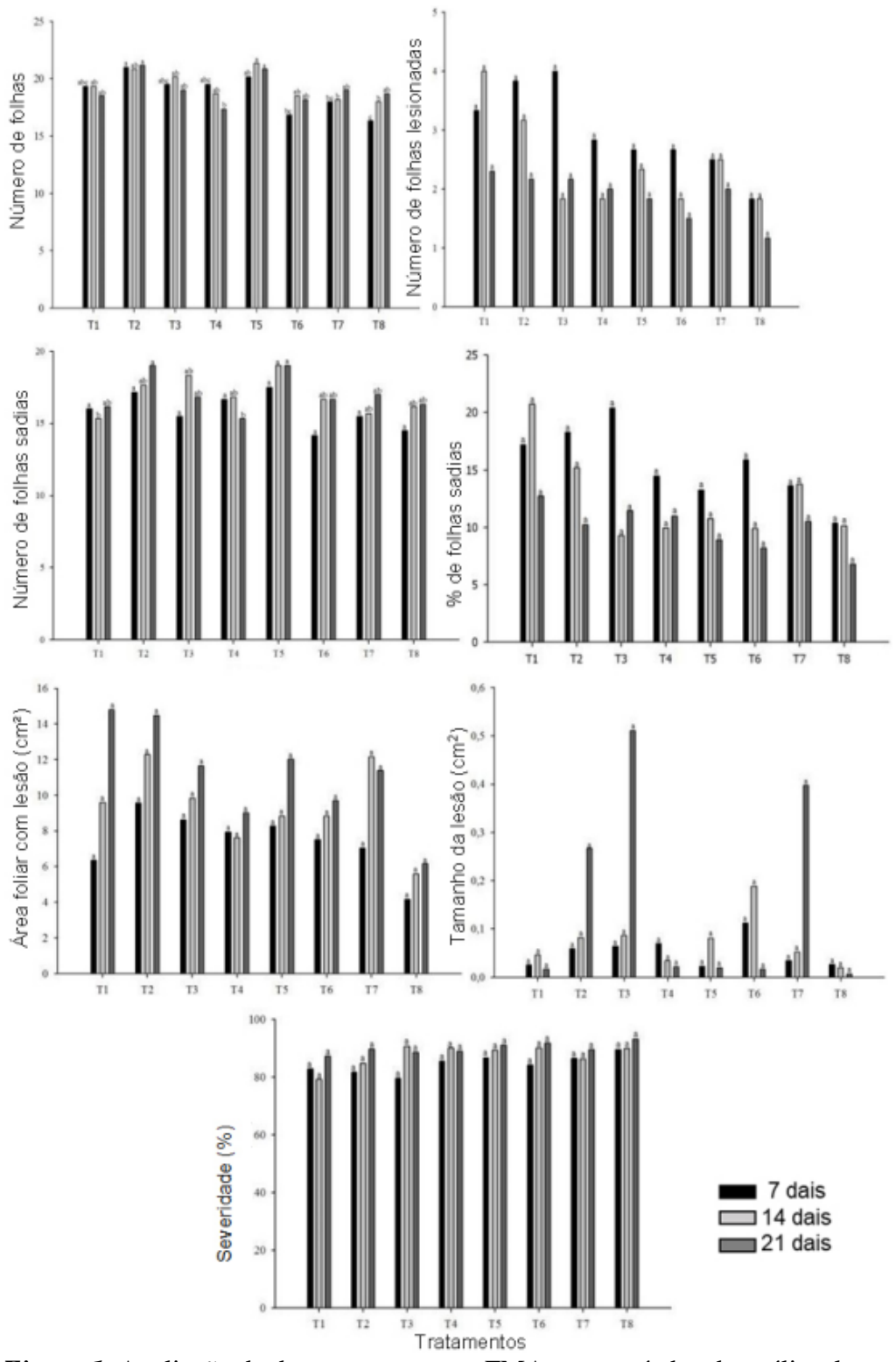


Figura 1. Avaliação da doença com e sem FMA, nos períodos de análise, letras

iguais não se diferenciaram nível de $p < 0,05$. T1 – Testemunha; T2 – Solo + R. clarus; T3 – Solo + C. etunicatum; T4 – Solo + G. margarita; T5 – Solo + R. clarus + C. etunicatum; T6 – Solo + C. etunicatum + G. margarita; T7 – Solo + R. clarus + G. margarita e T8 – Solo + R. clarus + C. etunicatum + G. margarita.

Figure 1. Evaluation of the disease with and without AMF, in the periods of analysis, equal letters did not differ at $p < 0.05$ level. T1 – Witness; T2 – Soil + R. clarus; T3 – Soil + C. etunicatum; T4 – Soil + G. margarita; T5 – Soil + R. clarus + C. etunicatum; T6 – Soil + C. etunicatum + G. margarita; T7 – Soil + R. clarus + G. margarita and T8 – Soil + R. clarus + C. etunicatum + G. margarita.

DISCUSSÃO

Os fungos micorrizicos arbusculares (FMA) estudados *C. etunicatum*, *G. margarita* e *R. clarus*, apresentaram elevada afinidade com as raízes da planta de arroz, uma vez que todos os tratamentos que receberam inoculação de FMA apresentaram a porcentagem de colonização acima de 70%, mostrando que os três fungos, realizam simbiose com a planta de arroz da variedade estudada. Os FMA possuem elevada capacidade de se associarem a raízes de gramíneas (Brundrett & Tedersoo, 2018), bem como, as raízes de arroz (Souza et al. 2011), o que justifica a elevada porcentagem de colonização radicular da planta pelos fungos.

Em relação aos parâmetros de desenvolvimento da planta, os tratamentos que receberam FMA se destacaram em relação a testemunha sem fungo, onde para altura e produção de biomassa, as plantas inoculadas com FMA chegaram a apresentar um incremento de 6% e 27%, respectivamente, em relação a testemunha. Esse efeito positivo no desenvolvimento das plantas, pode ter ocorrido devido haver uma maior eficiência na absorção de nutrientes proporcionada pelos FMA (Sawers et al., 2017), uma vez que as plantas não receberam adubação. Isso mostra que os FMA, mesmo em situação de solo de baixa fertilidade, conseguem absorver nutrientes e disponibilizar para as plantas, refletindo em um melhor desenvolvimento e produção de biomassa (Ouzounidou et al., 2015; Sawers et al., 2017; Surendirakumar et al., 2019).

Plantas inoculadas com FMA tendem a apresentar melhor desenvolvimento e produtividade, mesmo quando submetida a estresse abiótico e em solos de baixa fertilidade natural, pois através das hifas fúngicas, as plantas aumentam sua capacidade exploratória do solo na captação de água e nutrientes (Ouzounidou et al., 2015; Surendirakumar et al., 2019) chemical composition and growth responses of chia plants (*Salvia hispanica* L.

Em relação à produtividade, as plantas que foram inoculadas com FMA, apresentaram melhores respostas quando comparadas as sem fungo para os parâmetros tamanho de panícula e total de grãos. As plantas inoculadas com *C.*

etunicatum + *G. margarita* apresentaram tamanho de panícula 21% maior que as plantas testemunhas e as com *R. clarus* + *C. etunicatum* 45% a mais de grãos. O efeito da simbiose planta-fungo reflete não apenas no desenvolvimento das plantas, mas também em sua produtividade, o tamanho a panícula e o número de grãos de arroz são afetados diretamente pela absorção de nutrientes e água, com esses resultados pode-se inferir que plantas de arroz inoculadas com FMA possuem melhores condições de desenvolvimento e de produção, mesmo em condições adversas (Ravnskov et al., 2020).

Entre os FMA estudados o *G. margarita*, foi o que apresentou menor resposta, apesar de apresentar uma colonização radicular acima de 70%, essa baixa eficiência pode ser decorrente da compatibilidade genética entre fungo (Li et al., 2019) Fof and the copy number of Actinomyces genes were determined by a quantitative real-time polymerase chain reaction. The Shannon–Wiener index for microbial communities was determined by their terminal restriction fragment length polymorphism profiles. Structural equation modelling was used to establish the relationships between the disease index and abiotic/biotic variables. Results: Earthworms and AM fungi could individually or interactively prevent the infection of strawberry plants by Fof. Earthworms significantly decreased the copy number of Fof in the soil. The AM fungi increased the copy number of Actinomycetes and bacterial diversity and decreased the disease index of Fusarium wilt. Correlation analysis indicated that the root Ca and shoot Mg contents and the number of AM gene copies in plant roots had a significant negative correlation with the disease index of Fusarium wilt and the number of gene copies of Fof in plant roots. Conclusions: The addition of earthworms and AM fungi to soil is a promising biological control method for the prevention of Fusarium wilt in strawberries and acts via an increase in the soil organic matter content, regulation of the soil environment, and improved root (P, Ca, Mg and Fe e a planta hospedeira ou mesmo tempo do experimento insuficiente para que houvesse uma resposta a inoculação do FMA.

Embora a planta tenha tido melhor desempenho vegetativo quando inoculada com FMA, eles não apresentaram bom resposta quanto ao preenchimento dos grãos, onde o tratamento controle apresentou menor proporção de grãos chochos, chegando a mais de 50% menos que o tratamento com *R. clarus* + *C. etunicatum*. Essa deficiência do preenchimento dos grãos pode ter ocorrido devido a incidência da *C. lunata* que causa falta de preenchimento do grãos (Limtong et al., 2020; Zhou et al., 2021) a species only recently cultivated in China, is an invaluable resource for rice breeding and basic research. In June 2019, a leaf spot disease on wild rice (*O. rufipogon* ‘Haihong-12’, uma vez que o FMA não controlou a doença, podendo ter ocorrido também devido as espécies de FMA utilizadas não serem eficiente em relação ao controle da doença, pois diferentes espécies tem benefícios distintos para a planta (Jeffries et al., 2007; Ravnskov et al., 2020).

Nos resultados de Ravnskov et al., 2020 em *Pythium ultimum* o FMA da espécie *Claroideoglossum claroideum* não foram eficientes para o desenvolvimento da

planta com patógeno bem como para o controle, como observado nos nossos resultados, além disso, os FMA podem auxiliar a planta contra patógenos aéreos, pois melhora a absorção de nutriente, possibilitando uma melhor resposta da planta infectada com patógenos aéreos (Comby et al., 2017). No trabalho de Oyewole et al., (2017) mostrou que alguns FMA são eficientes no controle de *Macrophomina phaseolina*, e melhorar o desenvolvimento de plantas infectadas, também demonstrando que algumas espécies de FMA não foram eficiente em controlar o patógeno. Demonstrando que há uma variação no efeito benéfico dos FMA em planta infectada, e isso depende do patógeno empregado e da cultura havendo ou não resposta benéfica dos FMA em planta infectada (Oyewole et al., 2017; Ravnskov et al., 2020), e o patógeno faz com que ocorra redução no desenvolvimento do arroz e redução do preenchimento do grão e taxa fotossintética, impossibilitando a melhora da planta mesmo com nutrição ideal (Eash et al., 2019; Limtong et al., 2020; Lobo, 2004; Zhou et al., 2021) desta forma, o patógeno impede a ação dos FMA (Oyewole et al., 2017; Ravnskov et al., 2020), mas o desenvolvimento do arroz em associação com FMA apresentar efeito benéficos , devido a melhor absorção de nutrientes (Ouzounidou et al., 2015; Siqueira e Franco, 1988; Souza et al. 2011; Surendirakumar et al., 2019). Os resultados encontrados neste trabalho reportam a necessidade de estudos complementares sobre o mecanismo de ação do patógeno em planta associadas com FMA, para esclarecimento dos processos que geram tolerância e resistência a mancha foliar e mancha dos grãos provocadas por *C. lunata* e redução dos efeitos benéficos dos FMA.

CONCLUSÃO

Os fungos micorrizicos arbusculares (FMA) apresentaram alta taxa de colonização demonstrando afinidade simbiótica com plantas de arroz da variedade BRS Primavera. E os FMA possibilitaram melhora desenvolvimento do arroz. Mas alguns tratamentos não foram significativos como *G. margarita*.

A associação entre *R. clarus* e *C. etunicatum* foi o tratamento com maior potencialidade para a redução dos efeitos causados pela mancha foliar, e melhor desenvolvimento da planta infectada.

Os tratamentos não diferiram da testemunha aos 39, 46 e 53 DAP para o parâmetro ALT, mostrando que no estágio vegetativo a colonização micorrízica ainda não produz benefícios ao crescimento das plantas de arroz. Na MSPA apresentou resultados significativos e os tratamentos com fungos *R. clarus*, solteiro ou associado com *C. etunicatum* os com melhores resultados.

REFERÊNCIAS

- Brundrett, M. C., & Tedersoo, L. (2018). Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*, 220(4), 1108–1115. <https://doi.org/10.1111/nph.14976>
- Comby, M., Mustafa, G., Magnin-Robert, M., Randoux, B., Fontaine, J., Reignault, Ph., & Lounès-Hadj Sahraoui, A. (2017). Arbuscular Mycorrhizal Fungi as Potential Bioprotectants Against Aerial Phytopathogens and Pests. *Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants*, 195–223. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4115-0_9
- Conab - Companhia nacional de abastecimento, 2021. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 7. URL <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>
- Eash, L., Fonte, S. J., Sonder, K., Honsdorf, N., Schmidt, A., Govaerts, B., & Verhulst, N. (2019). Factors contributing to maize and bean yield gaps in Central America vary with site and agroecological conditions. *Journal of Agricultural Science*, 157(4), 300–317. <https://doi.org/10.1017/S0021859619000571>
- Francisco, de A. S. e S., & Carlos, A. V. de A. (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, 11(39), 3733–3740. <https://doi.org/10.5897/ajar2016.11522>
- Geiger, R. Landolt-Börnstein – Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik, alte Serie Vol. 3, Ch. Klassifikation der Klimatenach W. Köppn. Springer, Berlin, p. 603-607, 1954. <https://www.springer.com/series/282>
- Giovannetti, M., & Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84(3), 489–500. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>
- Grace, C. & STRIBLEY, D. P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research*, Cambridge, v. 95, n. 10, p. 1160-1162, 1991. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80005-1](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80005-1)
- Hoffmann, R. (2015). A agricultura familiar produz 70% dos alimentos consumidos no Brasil? *Segurança Alimentar e Nutricional*, 13(1), 417. <https://doi.org/10.20396/san.v21i1.1386>
- Jeffries, P., Robinson-Boyer, L., Rice, P., Newsam, R. J., & Dodd, J. C. (2007). Ultrastructure of spore development in *Scutellospora heterogama*. *Mycorrhiza*, 17(5), 395–403. <https://doi.org/10.1007/s00572-007-0112-y>
- Koske, R. E., & Gemma, J. N. (1989). A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research*, 92(4), 486–488. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(89\)80195-9](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(89)80195-9)
- Li, N., Wang, C., Li, X., & Liu, M. (2019). Effects of earthworms and arbuscular mycorrhizal fungi on preventing *Fusarium oxysporum* infection in the strawberry plant. *Plant and Soil*, 443(1–2), 139–153. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04224-5>
- Limtong, S., Into, P., & Attarat, P. (2020). Biocontrol of Rice Seedling Rot

Disease Caused by *Curvularia lunata* and *Helminthosporium oryzae* by *Epiphytic yeasts* from Plant Leaves. *Microorganisms* 2020, Vol. 8, Page 647, 8(5), 647. <https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS8050647>

Lobo, V. L. da S. Tratamento de sementes para o controle da Brusone nas Folhas em Arroz. *Comunicado técnico*, Santo Antônio do Goiás, n. 77, dez. 2004. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/213607/1/comt77.pdf>.

Mateus Batistella, É., & Luis Bolfe, L. E. V. D. de C. V. L. S. A. (2014). *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Monitoramento por Satélite RELATÓRIO FINAL-Produto 4*. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite; São Luis, MA: Embrapa Cocais, 2014. <http://www.cnpm.embrapa.br>

Naves, M. M. V. e Bassinello, P. Z. Importância na nutrição humana. In: SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A (Eds.). *A cultura do arroz no Brasil*. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006 http://biblioteca.conab.gov.br/phl82/pdf/2015_Cultura_do_arroz.pdf.

Nganga, E. M., Kyallo, M., Orwa, P., Rotich, F., Gichuhi, E., Kimani, J. M., Mwongera, D., Waweru, B., Sikuku, P., Musyimi, D. M., Mutiga, S. K., Ziyomo, C., Murori, R., Wasilwa, L., Correll, J. C., & Talbot, N. J. (2022). Foliar Diseases and the Associated Fungi in Rice Cultivated in Kenya. *Plants*, 11(9), 1264. <https://doi.org/10.3390/plants11091264>

Oliveira Neto, A. A. de (Org.). *Perspectivas de diversificação e de investimentos na produção de arroz, trigo e feijão: estudo preliminar*. *Compêndio de estudos*, Brasília, v. 1, 2016. <http://www.conab.gov.br/>

Ouzounidou, G., Skiada, V., Papadopoulou, K. K., Stamatis, N., Kavvadias, V., Eleftheriadis, E., & Gaitis, F. (2015). Effects of soil pH and arbuscular mycorrhiza (AM) inoculation on growth and chemical composition of chia (*Salvia hispanica* L.) leaves. *Revista Brasileira de Botânica*, 38(3), 487–495. <https://doi.org/10.1007/s40415-015-0166-6>

Oyewole, B. O., Olawuyi, O. J., Odebode, A. C., & Abiala, M. A. (2017). Influence of Arbuscular mycorrhiza fungi (AMF) on drought tolerance and charcoal rot disease of cowpea. *Biotechnology Reports*, 14, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2017.02.004>

Ravnskov, S., Cabral, C., & Larsen, J. (2020). Mycorrhiza induced tolerance in *Cucumis sativus* against root rot caused by *Pythium ultimum* depends on fungal species in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Biological Control*, 141(August 2019), 104133. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104133>

Sanchez, A. D., Ousset, M. J., & Sosa, M. C. (2019). Biological control of *Phytophthora* collar rot of pear using regional *Trichoderma* strains with multiple mechanisms. *Biological Control*, 135(April), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.05.012>

Sawers, R. J. H., Svane, S. F., Quan, C., Grønlund, M., Wozniak, B., Gebreselassie, M. N., González-Muñoz, E., Chávez Montes, R. A., Baxter, I., Goudet, J., Jakobsen, I., & Paszkowski, U. (2017). Phosphorus acquisition

efficiency in arbuscular mycorrhizal maize is correlated with the abundance of root-external hyphae and the accumulation of transcripts encoding PHT1 phosphate transporters. *New Phytologist*, 214(2), 632–643.

<https://doi.org/10.1111/nph.14403>

Silva, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr. J. Agric. Res*, 11(39), p.3733-3740, 2016. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>

Silva, M. S. B. dos S. et al. Sanidade de sementes de arroz, biocontrole, caracterização e transmissão de *Curvularia lunata* em semente-plântula de arroz. *Rev. Ceres*, Viçosa, 61(4), p. 511-517, jul/ago, 2014,

<https://doi.org/10.1590/0034-737X201461040009>.

Surendirakumar, K., Pandey, R. R., & Muthukumar, T. (2019). Influence of indigenous arbuscular mycorrhizal fungus and bacterial bioinoculants on growth and yield of *Capsicum chinense* cultivated in non-sterilized soil. *Journal of Agricultural Science*, 157(1), 31–44. <https://doi.org/10.1017/S0021859619000261>

SOUZA, F. A. de et al. Micorrizas Arbusculares: perspectivas para aumento da eficiência de aquisição de fósforo (P) em Poaceae - Gramíneas. Documentos, Sete Lagoas, MG, n. 134, 2011.

Volpe, V., Chitarra, W., Cascone, P., Volpe, M. G., Bartolini, P., Moneti, G., Pieraccini, G., Di Serio, C., Maserti, B., Guerrieri, E., & Balestrini, R. (2018). The Association With Two Different Arbuscular Mycorrhizal Fungi Differently Affects Water Stress Tolerance in Tomato. *Frontiers in Plant Science*, 9(October). <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01480>

Zhou, H. K., Liu, Y. L., Tang, J. R., Zhong, F. T., & Li, Y. (2021). First Report of Leaf Spot Caused by *Curvularia lunata* on Wild Rice in China.

<https://doi.org/10.1094/PDIS-01-21-0147-PDN>, 105(10), 103.

<https://doi.org/10.1094/PDIS-01-21-0147-PDN>