

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN – RS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: AGRICULTURA
E AMBIENTE

Juliano Borela Magalhães

**INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS EM FERTILIZANTE
ORGANOMINERAL NO DESENVOLVIMENTO DE *Triticum turgisecale***

Frederico Westphalen, RS
2022

Juliano Borela Magalhães

**INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS EM FERTILIZANTE
ORGANOMINERAL NO DESENVOLVIMENTO DE *Triticum turgisecale***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof.º Dr. Rodrigo Ferreira da Silva

Frederico Westphalen, RS
2022

Magalhães, Juliano Borrelia
INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS EM FERTILIZANTE
ORGANOMINERAL NO DESENVOLVIMENTO DE *Triticum turgideseale*
/ Juliano Borrelia Magalhães.- 2022.
76 p.; 30 cm

Orientador: Rodrigo Ferreira da Silva
Coorientador: Clóvis Orlando da Ros
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós
Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2022

1. Organomineral 2. Inoculação 3. Fungos micorrízicos
Arbusculares 4. Eficiência micorrízica 5. Dependência
micorrízica I. Silva, Rodrigo Ferreira da II. da Ros,
Clóvis Orlando III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFEM. Dados fornecidos pelo
autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca
Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeld. PALLA CEB 10/1728.

Declaro, JULIANO BORRELA MAGALHÃES, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Juliano Borela Magalhães

**INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS EM FERTILIZANTE
ORGANOMINERAL NO DESENVOLVIMENTO DE *Triticum turgisecale***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Aprovado em 26 de agosto de 2022:

Rodrigo Ferreira da Silva, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Vanderlei Rodrigues da Silva, Dr. (UFSM)

Danni Maisa da Silva, Dra. (UERGS)

Frederico Westphalen, RS
2022

DEDICATÓRIA

À minha família, meus pais Júlio e Mirian e minha irmã Gabrielli, pelo carinho, incentivo e apoio incondicional na minha formação pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar e estar ao meu lado em todos os momentos.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente (PPGAAA) pela oportunidade.

Aos meus pais Júlio e Mirian e minha irmã Gabrielli, por todo carinho e atenção e por estarem sempre ao meu lado, me apoiando e incentivando.

Ao meu orientador e professor Rodrigo Ferreira da Silva pelo auxílio e oportunidade. Obrigado pelos conselhos, ensinamentos e pela amizade.

Aos professores Clovis Orlando da Ros e Vanderlei Rodrigues da Silva pela amizade, ensinamentos e por disponibilizarem equipamentos e laboratórios para avaliações.

Aos membros da banca examinadora, Vanderlei Rodrigues da Silva, Danni Maisa Silva e Claudir José Basso, pela disponibilidade e contribuições.

Aos técnicos laboratoriais Andreia da R. Giovenardi, Lucindo Somavilla e Marcela de M. Torchelsen pela orientação, auxílio e concessão de equipamentos para o desenvolvimento de análises.

Aos amigos e colegas de laboratório de Biologia e Microbiologia do solo pela ajuda e apoio na realização deste trabalho: Ana Paula da Silva, Eduardo Canepelle, Sinara Barros, Laura Boff, Carlos Peres, Rafaela, Gabriel.

As amigas construídas durante este período, Luisa, João, Jaqueline, Eduarda, Nicole, Larissa, Victória, Felipe, e aos demais amigos me apoiaram e me incentivaram para chegar até aqui.

Ao demais amigos, professores e funcionários da UFSM/FW.

A todos, muito obrigado!

“Sorte é o que acontece quando a preparação encontra a oportunidade”
(Sêneca)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente
Universidade Federal de Santa Maria

INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS EM FERTILIZANTE ORGANOMINERAL NO DESENVOLVIMENTO DE *Triticum turgisecale*

AUTHOR: Juliano Borela Magalhães

ADVISOR: Rodrigo Ferreira da Silva

A compostagem e granulação de dejetos de animais em propriedades agrícolas e adição de fertilizantes minerais inorgânicos resulta em fertilizante organomineral que associado a fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) podem aumentar a eficiência do efeito nutricional de fertilizantes nos parâmetros morfológicos e fisiológicos da planta. Contudo, ainda se tem a dúvida sobre a possibilidade de se realizar a inoculação durante a granulação do fertilizante organomineral sem que ocorra a perda da viabilidade dos fungos micorrízicos e se o uso do fertilizante organomineral micorizado contribui para o desenvolvimento de triticales. Deste modo, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar métodos de inoculação e o efeito de inóculos micorrízicos em um fertilizante organomineral e sua eficiência relativa em relação ao fertilizante mineral, em *Triticum turgisecale*. Para tal, foram desenvolvidos dois trabalhos científicos, sendo que, no primeiro objetivou-se determinar o efeito de diferentes métodos de inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em fertilizante organomineral no desenvolvimento do triticales; no segundo objetivou-se estudar a eficiência de fertilizantes organomineral micorizado e a dependência micorrízica em parâmetros morfológicos e fisiológicos de triticales. Os resultados evidenciaram que os fungos micorrízicos inoculados no fertilizante organomineral apresentaram boa viabilidade e eficiência, principalmente o inóculo *Rhizoglyphus clarum*. Os métodos de inoculação na GS60 e GS105 para *Rhizoglyphus clarum* e GSA para *Gigaspora margarita* apresentaram melhores respostas em relação ao fertilizante mineral para proteína bruta da parte aérea. O processo de inoculação no fertilizante organomineral contribui para o desenvolvimento do triticales, quando comparado com a não inoculação, aumentando o rendimento de grãos e produção de biomassa, quando inoculado no AGROM e na GS60 para *Rhizoglyphus clarum* e GSA para *Gigaspora margarita*. A inoculação com ambos os inóculos também proporciona maior produção de proteína no grão, parte aérea e total da planta, principalmente com a inoculação na GS60 e GS105 para *Rhizoglyphus clarum* e GSA para *Gigaspora margarita*.

Palavras-chave: Organic Fertilizer. Inoculation. FMAs. Mycorrhizal dependence. Mycorrhizal efficiency.

ABSTRACT

Master dissertation
Graduate Program in Agronomy, Agriculture and Environment
Universidade Federal de Santa Maria

INOCULATION OF MYCORRHIZAL FUNGI IN ORGANOMINERAL FERTILIZER IN THE DEVELOPMENT OF *Triticum turgisecale*

AUTHOR: Juliano Borela Magalhães

ADVISOR: Rodrigo Ferreira da Silva

The composting and granulation of animal manure in agricultural properties and the addition of inorganic mineral fertilizers results in organomineral fertilizer that associated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can increase the efficiency of the nutritional effect of fertilizers on the morphological and physiological parameters of the plant. However, there is still doubt about the possibility of performing the inoculation during the granulation of the organomineral fertilizer without the loss of viability of the mycorrhizal fungi and whether the use of the mycorrhizal organomineral fertilizer contributes to the development of triticale. Thus, the general objective of this work was to evaluate inoculation methods and the effect of mycorrhizal inoculum in an organomineral fertilizer and its relative efficiency in relation to the mineral fertilizer, in *Triticum turgisecale*. To this end, two scientific studies were carried out, the first of which aimed to determine the effect of different methods of inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi in organomineral fertilizer on the development of triticale; the second aimed to study the efficiency of mycorrhizal organomineral fertilizers and the mycorrhizal dependence on morphological and physiological parameters of triticale. The results showed that the mycorrhizal fungi inoculated in the organomineral fertilizer showed good viability and efficiency, especially the inoculum *Rhizoglyphus clarum*. The inoculation methods in GS60 and GS105 for *Rhizoglyphus clarum* and GSA for *Gigaspora margarita* showed better responses in relation to mineral fertilizer for crude protein of the shoot. The inoculation process in the organomineral fertilizer contributes to the development of triticale, when compared to the non-inoculation, increasing grain yield and biomass production, when inoculated in AGROM and GS60 for *Rhizoglyphus clarum* and GSA for *Gigaspora margarita*. Inoculation with both inoculums also provides greater production of protein in the grain, shoots and total plant, mainly with inoculation in GS60 and GS105 for *Rhizoglyphus clarum* and GSA for *Gigaspora margarita*.

Keywords: Organomineral. Inoculation. FMAs. Mycorrhizal dependence. Mycorrhizal efficiency.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM FERTILIZANTES ALTERNATIVOS

Figura 1 - Colonização micorrízica de plantas de triticales cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) inoculados com fungos micorrízicos. 39

CAPÍTULO 2 - DEPENDÊNCIA MICORRÍZICA E EFICIÊNCIA RELATIVA DE MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL EM TRITICALE

Figura 1 - Dependência micorrízica de *Triticum turgisecale* cultivado com fertilizante organomineral inoculado com *Rhizogloium clarum* e *Gigaspora margarita* para proteína bruta da parte aérea, grão e total. 55

Figura 2 - Dependência micorrízica de *Triticum turgisecale* cultivado com organomineral inoculado com *Rhizogloium clarum* e *Gigaspora margarita* para altura da planta, volume radicular, área superficial específica (ASE), peso de mil grãos (PMG) e massa seca da parte aérea (MSPA), radicular (MSR) e total (MST). 56

Figura 3 - Índice de eficiência relativa do fertilizante organomineral inoculado e não inoculado com *Rhizogloium clarum* e *Gigaspora margarita* para volume radicular, peso de mil grãos, área superficial específica, massa seca da parte aérea e radicular de *Triticum turgisecale*. 58

Figura 4 - Índice de eficiência relativa do fertilizante organomineral com cinco métodos de inoculação e sem inoculação de *Rhizogloium clarum* e *Gigaspora margarita* para proteína bruta na parte aérea, proteína bruta no grão e proteína bruta total de *Triticum turgisecale*. 60

Figura 5- Dendrograma da inoculação com cinco métodos (GSA, GS60, GS105, CONV e AGROM) e não inoculação (TEST e NPK) e *Rhizogloium clarum* (1) e *Gigaspora margarita* (2) sob a massa seca da parte aérea, proteína bruta no grão, parte aérea e total de *Triticum turgisecale*. 63

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM

Tabela 1 - Análise física química do solo utilizado.....	27
Tabela 2 - Relação dos fertilizantes utilizados nos tratamentos com adubação.....	28
Tabela 3 – Resumo da análise de variância (Anova) para peso de grãos de triticales pelo teste de Scott-Knott a 5%	30
Tabela 4 - Massa seca da parte aérea (g), massa seca radicular (g), massa seca total (g) e área superficial específica - ASE (cm ²) de triticales cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) inoculados <i>Rhizoglyphus clarum</i> e <i>Gigaspora margarita</i>	31
Tabela 5 - Efeito simples do inóculo (<i>Rhizoglyphus clarum</i> e <i>Gigaspora margarita</i>) na Altura e Diâmetro médio de raízes de triticales cultivado com fertilizante organomineral e comparação com os tratamentos controle sem inoculação (TEST e NPK).	32
Tabela 6 - Teores de nitrogênio e potássio no grão e parte aérea de plantas de triticales cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) inoculados <i>Rhizoglyphus clarum</i> e <i>Gigaspora margarita</i> e efeito simples dos métodos de inoculação no teor de potássio na parte aérea.	34
Tabela 7 - Efeito simples do inóculo (<i>Rhizoglyphus clarum</i> e <i>Gigaspora margarita</i>) no nitrogênio na raiz e fósforo na parte aérea e radicular de triticales cultivado com fertilizante organomineral e comparação com os tratamentos controle sem inoculação (TEST e NPK).	35
Tabela 8 - Teores de proteína bruta no grão e na parte aérea, em percentagens, de plantas de triticales cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) inoculados <i>Rhizoglyphus clarum</i> e <i>Gigaspora margarita</i>	36
Tabela 9 - Teor de potássio no solo com triticales cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) inoculados <i>Rhizoglyphus clarum</i> e <i>Gigaspora margarita</i>	37
Tabela 10 - Teor de fósforo no solo com triticales cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação com <i>Rhizoglyphus clarum</i> e <i>Gigaspora margarita</i> e sem inoculação (TEST – organomineral e NPK - mineral)	38
Tabela 11 - Número de esporos por 50 gramas de solo cultivado com triticales submetido a cinco métodos de inoculação e dois inóculos (<i>Rhizoglyphus clarum</i> e <i>Gigaspora margarita</i>) e dois tratamentos controle sem inoculação (TEST e NPK).....	39

CAPÍTULO 2 – DEPENDÊNCIA MICORRÍZICA E EFICÊNCIA RELATIVA DE MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL EM TRITICALE

Tabela 1 - Análise física química do solo utilizado.....	49
Tabela 2 - Relação dos fertilizantes utilizados nos tratamentos com adubação.....	51
Tabela 3 - Índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) de triticale cultivado com fertilizante organomineral e controle sem inoculação (TEST e NPK) de <i>Rhizoglo mus clarum</i> e <i>Gigaspora margarita</i>	54
Tabela 4 - Proteína bruta total (%) de <i>Triticum turgisecale</i> cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) de <i>Rhizoglo mus clarum</i> e <i>Gigaspora margarita</i>	54
Tabela 5 - Análise de correlação bivariada de Pearson entre variáveis resposta de <i>Triticum turgisecale</i> cultivado com fertilizante organomineral com cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) de <i>Rhizoglo mus clarum</i> e <i>Gigaspora margarita</i>	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	FERTILIZANTE ORGANOMINERAL	15
2.2	FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES	17
2.3	MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES	18
2.4	TRITICALE.....	20
3	CAPÍTULO 1 - MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM ORGANOMINERAL.....	23
4.1	RESUMO.....	23
4.2	ABSTRACT	23
4.3	INTRODUÇÃO.....	24
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	26
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.6	CONCLUSÃO	40
4.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
4	CAPÍTULO 2: DEPENDÊNCIA MICORRÍZICA E EFICIÊNCIA RELATIVA DE MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL EM TRITICALE.....	46
4.1	RESUMO.....	46
4.2	ABSTRACT	46
4.3	INTRODUÇÃO.....	47
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	49
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.6	CONCLUSÃO	64
4.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
5	DISCUSSÃO	69
6	CONCLUSÃO GERAL	71
7	REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO GERAL

A adubação das culturas é realizada com fertilizantes mineral, que direta ou indiretamente são dependentes de recursos naturais não renováveis, proporcionando assim, certa fragilidade ao sistema agrícola. O esgotamento de recursos naturais no país e a maior necessidade de importação de fertilizantes são os principais motivos para esta fragilidade apresentada na agricultura nacional. Até outubro de 2020 o Brasil apresentou um aumento de 9,9% na importação e redução de 7% na produção de fertilizantes em relação a 2019, com valores de 26,93 milhões e 5,43 milhões de toneladas, respectivamente. Este fato ocorre ininterruptamente desde o ano de 2016 (ANDA, 2021).

Em substituição ao uso de insumos minerais inorgânicos pode se trabalhar como reaproveitamento de subprodutos de propriedades rurais, como o uso de dejetos de animais, principalmente de suínos, como fonte nutricional às plantas. Nesse sentido, o estado do Rio Grande do Sul (RS) possui um rebanho de 5,678 milhões de cabeças de suínos, aproximadamente 14% do rebanho nacional. A região noroeste do estado representa 59,2% da produção estadual (IBGE, 2019). Partindo do pressuposto que um suíno com faixa de peso de 50 a 100 kg produz entre 5,5 e 7,5 L de dejetos líquido diariamente, estima-se que no estado do RS produz-se 37 mil m³ de dejetos líquido de suíno por dia. Parte deste resíduo é utilizado pelos produtores como adubação orgânica nas lavouras. Apesar da utilização dos dejetos de suínos proporcionar o desenvolvimento das culturas, melhorar a qualidade dos solos, seus atributos químicos, físicos e biológicos, reduzindo também a erosão da água nestes locais (BANDEIRA, et al. 2019; FREITAS, et al. 2018; PINTO, et al. 2014; SILVA, et al. 2016; CHERUBIN, et al. 2015), sua eficiência na fertilização do solo é dificultada pelo fato de ser constituído de aproximadamente 97 % de água, necessitando dessa forma, de alternativas que concentrem seu potencial nutritivo.

O fertilizante organomineral é obtido através de resíduos orgânicos, principalmente de dejetos de animais, como suínos, caprinos, ovinos e aves em diferentes misturas com minerais, como MAP, ureia, KCl, fósforo natural (CORRÊA et al., 2019; ARAÚJO, M., et al., 2020). Aplicações deste insumo em sua forma granulada apresenta potencial de aumento significativamente no teor e estoque de carbono orgânico do solo, na produtividade de grãos de milho e trigo e de matéria seca da parte aérea de sorgo e aveia superiores ou equiparáveis, quando comparados ao tratamento com fertilizante mineral sólido (CORRÊA et al., 2019).

Outra forma de potencializar a produção agrícola além do uso de fertilizantes organiminerais pode ser o seu uso associado aos fungos micorrízicos.

Atualmente, a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares é realizada através do substrato utilizado no cultivo armadilha, contendo esporos, hifas e pedaços de raízes colonizadas (ARAÚJO, F., et al., 2020; PINHEIRO et al., 2019), uso de esporos isolados separados anteriormente do cultivo armadilha em laboratório (FREIRE et al., 2020) ou o uso de produto comercial na inoculação e revestimento de sementes (STOFFEL et al., 2020; LLERENA et al., 2016a; LLERENA et al., 2016b). A literatura fornece informações sobre a eficiência da micorrização em relação a tratamentos sem inoculação, na qual a micorrização proporciona ganhos significativos às plantas, independentemente do método de inoculação utilizado (ARAÚJO, F., et al., 2020; FREIRE et al., 2020; STOFFEL et al., 2020). Entretanto, não há informações sobre o comparativo de eficiência entre diferentes métodos de inoculação. Nesse caso, durante o processo da granulação do composto orgânico e posterior mistura com as fontes de nutrientes minerais tem-se a possibilidade do uso da inoculação de microrganismos benéficos. Um ponto a ser observado para tal inoculação, é que no processo entre a granulação até a secagem para a obtenção do produto final, o fertilizante é exposto a temperaturas entre 40° a 104°C (SÁ et al., 2017; COTTA, 2023), temperaturas estas que podem afetar o desenvolvimento, viabilidade e eficiência destes microrganismos na promoção do crescimento das plantas (COSTA et al., 2013).

Neste sentido, foram estabelecidas hipóteses para nortear o desenvolvimento do trabalho, que são: é possível realizar a inoculação no organomineral sem perder a viabilidade dos fungos micorrízicos; o uso de organomineral micorizado contribui para o desenvolvimento de triticales. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar métodos de inoculação e o efeito de inóculos micorrízicos em um fertilizante organomineral e sua eficiência relativa em relação ao fertilizante mineral, em *Triticum turgisecale*. Visando atender o objetivo foram desenvolvidos dois trabalhos científicos, sendo que no primeiro trabalho objetivou-se avaliar a viabilidade de métodos de inoculação e inóculos de fungos micorrízicos arbusculares em fertilizante organomineral na produção de triticales; no segundo trabalho objetivou-se determinar a eficiência relativa de fertilizantes organomineral micorizado e a dependência micorrízica em parâmetros morfológicos e fisiológicos de triticales.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FERTILIZANTE ORGANOMINERAL

O Brasil demonstra uma enorme dependência de fontes de nutrientes do mercado externo. Pois, importa 55% do fósforo, 65% do nitrogênio e 96% do potássio que necessita na agricultura, totalizando no ano de 2020, cerca de 81% do volume de fertilizantes entregues ao mercado nacional (ANDA, 2021). Desse modo, o estudo de fontes alternativas de nutrientes pode contribuir tanto para a questão ambiental, como para o setor agrícola do país.

Em relação às fontes alternativas de nutrientes às plantas, o setor da suinocultura pode auxiliar nesta demanda, pois a produção de suínos é uma grande fonte de resíduos, que apresenta elevado volume de água residuária, produzindo em média 5 a 10 L de dejetos por suíno ao dia (MATOS, 2007). A incorporação destes dejetos no solo contribui para a melhoria da sua qualidade física, química e biológica. O uso de dejetos líquido de suínos, quando em curto prazo, tem efeito positivo sobre a produtividade das culturas, contudo em médio prazo, devido a diferença entre a composição química dos dejetos e a exigência nutricional das plantas, pode ocorrer um acúmulo de nutrientes no ambiente (DIESEL et al., 2002). Assim é necessário o cuidado para que os nutrientes adicionados ao solo através dos dejetos, não apresentem quantidades superiores às que serão absorvidas pelas plantas, resultando na contaminação do solo e águas superficiais.

Porém, estes dejetos são comumente utilizados em seu estado líquido, o que resulta em uma menor concentração de nutrientes, devido à alta quantidade de água utilizada na limpeza das instalações (JÚNIOR; ORRICO; JÚNIOR et al., 2009). Deste modo, evidencia-se um aumento na demanda por tecnologias que favoreçam um maior aproveitamento destes resíduos em locais afastados de fonte geradora e que possibilitem a maior concentração dos nutrientes no fertilizante produzido (KUNZ et al. 2005).

Este aumento na concentração dos nutrientes no material, também pode ser realizada através da compostagem da sua fração sólida (RICO et al., 2006), com sua separação ocorrendo através da suspensão dos sólidos, sendo assim, separado da parte líquida em estações de tratamento de dejetos, resultando em um produto com menor área de superfície de contato e estruturas mais difíceis para a decomposição (SANTOS et al., 2014). A literatura ainda descreve outro sistema de compostagem, o qual dispensa esta separação da fração sólida e o dejetos líquido é incorporado a substratos (maravalha, serragem, ou cama de aviário), resultando em uma redução significativa do volume final do dejetos, além do aumento no percentual de matéria seca do composto (PRA et al., 2008). O processo de granulação de organominerais pode ser obtido através da compostagem de materiais orgânicos diversos, estes podendo ter a adição do mineral e homogeneização em misturadores, e posteriormente granulados em granulador de disco, com posterior secagem em estufas com circulação de ar forçada (SÁ et al., 2017).

Deste modo, visando a utilização de uma fonte alternativa de nutrientes para as plantas ao fertilizante mineral e o reaproveitamento do volume das águas residuais da suinocultura, tem sido realizada a granulação desses resíduos com a adição de fertilizantes minerais, e sua posterior utilização como adubos organominerais (BENITES et al., 2010).

Assim, cria-se a oportunidade de uma maior exploração dos fertilizantes organominerais pelo mercado agrícola, que podem ser utilizados como uma alternativa ao uso intensivo dos fertilizantes minerais na produção agrícola e uma melhor destinação dos resíduos da produção da suinocultura e avicultura, através do manejo destes materiais, visando uma posterior reutilização dos mesmos na agricultura, através do emprego de técnicas de compostagem ou tratamento físico (secagem e trituração do resíduo) e enriquecimento com fertilizantes minerais (BENITES et al., 2010). Em trabalhos realizados, o organomineral granulado apresentou maior eficiência agrônômica como fonte de P que fertilizante mineral MAP em relação a produção de matéria seca em plantas de milho (SÁ et al., 2017), bem como proporcionou ao milho maior teor de nutrientes em relação ao mineral (ARAÚJO, M., et al., 2020), além de resultar em aumento significativamente superior no estoque e teor de carbono orgânico total do solo, proporcionando produtividade de grãos de milho e trigo e matéria seca da parte aérea de sorgo e aveia superiores e próximas ao tratamento com mineral sólido (CORRÊA et al., 2019).

2.2 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Outro fator que pode contribuir para a maior absorção de nutrientes e para o melhor desenvolvimento das plantas é a promoção da associação micorrízica com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). Estes microrganismos apresentam grande biodiversidade, sendo classificados de acordo com critérios estruturais, funcionais e taxonômicos, destacando-se dois tipos principais: ectomicorrizas e endomicorrizas (PARODI & PEZZANI, 2011). Nestas últimas, a simbiose consiste em uma interação interespecífica entre uma grande variedade de fungos pertencentes ao filo *Glomeromycota* com as raízes da maioria das plantas terrestres (SMITH & READ, 2008; BRUNDRETT, 2008). Tal filo é composto atualmente por 4 ordens com 11 famílias e 17 gêneros (SCHÜBLER & WALKER, 2010). Aproximadamente 80% das espécies de plantas formam micorrizas arbusculares através da associação com as FMAs (GOIS et al., 2019).

Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são fungos de solo que realizam interações simbióticas com as raízes de plantas - necessitam das raízes das plantas para obter o carbono provido por elas e assim completar seu ciclo de vida, formando hifas no interior das células das

raízes, chamadas de arbúsculos, que favorecem a absorção de água e nutrientes, além de aumentar a tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos (CRISTINO et al., 2019; DOUDS & MILLNER, 1999). O processo de colonização das plantas inicia-se com a germinação dos esporocarpos, desenvolvendo as hifas formadoras de apressórios necessárias para a adesão à planta hospedeira, os arbúsculos e vesículas são formados após a associação com a planta (GOIS et al., 2019). Os arbúsculos são estruturas efêmeras, que promovem a transferência de nutrientes entre os simbioses e as vesículas são estruturas responsáveis por armazenar energia para os fungos simbióticos (HEIJDEN et al., 2015; JALONEN et al., 2013). Porém, o incremento significativo principalmente em biomassa nas plantas nem sempre é atingido através da colonização micorrízica, pois tal efeito depende da interação entre a planta hospedeira e os FMAs (GOIS et al., 2019).

Um manejo adequado desta simbiose nos cultivos agrícolas coloca-se como uma prática promissora, em termos ecológicos, econômicos e ambientais, pois atua contribuindo na redução de perdas de nutrientes especialmente, no caso de gramíneas, que exigem a aplicação de altas doses de fertilizantes para o seu adequado desenvolvimento (CARNEIRO et al., 2010).

Em relação aos cereais de inverno, o triticale (*Triticum turgisecale*) se apresenta como uma gramínea mais micotrófica que o trigo (BRITO et al., 2007). A literatura evidencia que a utilização de fungos micorrízicos em associação ao triticale proporciona redução significativa na necessidade de doses de nitrogênio, maior rendimento na produção da massa seca e de proteína bruta da forragem com menores doses de N, evidenciando maior eficiência desta pela planta, resultando em uma diminuição na necessidade de adubos minerais para a produção (LLERENA et al., 2016a; LLERENA et al., 2016b).

Trabalhos realizados demonstram o potencial benéfico da associação entre fungos micorrízicos e fertilizantes organominerais para o rendimento de grãos e produção de biomassa das plantas (ANDRADE et al., 2021; ARAÚJO, F., et al., 2020), entretanto, mesmo com tal potencial para aplicação agrícola, existem escassos relatos na literatura em relação a um processo produtivo eficiente de inoculante de FMAs (STOFFEL et al., 2020), sendo assim, se faz necessário estudar a viabilidade da utilização destes dois insumos produzidos conjuntamente, resultando em fertilizante organomineral já biologicamente ativo com fungos micorrízicos e se estes sobrevivem ao processo de produção e secagem, mantendo-se viáveis e efetivos após o processo.

2.3 MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Os atuais métodos de inoculação de FMAs se baseiam na utilização de esporos, hifas, uso de raízes colonizadas, substratos e produtos comerciais para a inoculação e revestimento da semente (ARAÚJO, F., et al., 2020; FREIRE et al., 2020, STOFFEL et al., 2020; LLERENA et al., 2016a), possibilitando aumento na biomassa, rendimento de grãos, teores de proteína e aumento na eficiência da planta em assimilar nutrientes, como P e N (LLERENA et al., 2016a; LLERENA et al., 2016b).

Entretanto, para se obter maior eficácia na escolha dos FMAs, que serão inoculados para formar a simbiose com as plantas de interesse, é necessária a realização de estudos que determinem qual é a melhor combinação entre as espécies de FMA com plantas de interesse, pois, entre as diferentes espécies de fungos micorrízicos, há diferentes níveis de eficácia apresentada pelos mesmos, diferindo de acordo com a espécie de planta hospedeira a ser inoculada, que também possui uma dependência micorrízica variável (CARVALHO et al., 2022; FREIRE et al., 2020). Além disso, não há informações na literatura sobre eficiência entre diferentes métodos de inoculação utilizados, apenas em relação a tratamentos não inoculados, que demonstram efeitos positivos do uso de FMAs para as culturas.

A inoculação de 100 esporos por planta, realizada através da utilização de inóculo composto por areia, argila expandida, fragmentos de raízes inoculadas e esporos de FMA *Rhizoglyphus clarus* associada ao uso de fertilizante organomineral peletizado proporcionou maior crescimento da parte aérea e sistema radicular, maiores teores de fósforo às mudas de café, em relação aos demais tratamentos, incluindo a adubação mineral através de fosfato monoamônio - MAP - (ARAÚJO, F., et al., 2020). O inoculante comercial micorrízico, obtido através de sistema híbrido de produção de propágulos de FMAs em cultivos armadilhas, utilizado na inoculação de sementes de milho em cinco localidades com condições edafoclimáticas diferentes, em concentração de 2.500.000 propágulos ha⁻¹, aumenta a produção de biomassa, absorção de fósforo e produtividade de grãos em diferentes localidades, especialmente naquelas com solos originalmente com níveis baixos ou médios de P (STOFFEL et al., 2020).

No processo para a obtenção do fertilizante organomineral granulado, existem fases em que pode-se fazer uso da inoculação de microrganismos benéficos, porém, desde o processo da granulação até a secagem para a obtenção do produto final, as temperaturas nas quais o fertilizante fica exposto podem variar entre 40° a 104°C, devido a variações nos equipamentos de secagem e na produção industrial (SÁ et al., 2017; COTTA, 2023), apresentando potencial de prejudicar o desenvolvimento, viabilidade e eficiência destes microrganismos em promover o crescimento das plantas (COSTA, F., et al., 2013). Contudo, na literatura não existem estudos

sobre a eficiência entre diferentes métodos de inoculação utilizados atualmente, encontrando-se apenas estudos sobre a eficiência da micorrização em relação à tratamentos controles, nos quais, a inoculação destes fungos proporciona às plantas ganhos significativos em relação às sem inoculação, independentemente do método de inoculação utilizado (ARAÚJO et al., 2020; FREIRE et al., 2020; LLERENA et a., 2016a; LLERENA et al., 2016b; PINHEIRO et al., 2019; STOFFEL et al., 2020).

A interação micorrízica com plantas cultivadas é variável de acordo com as espécies vegetais e fúngicas envolvidas, podendo ser mensurada através da dependência micorrízica de atributos medidos nas plantas em decorrência da simbiose (MENDONÇA et al., 2019; FREIRE et al., 2020), sendo classificada em plantas excessivamente dependentes de associação micorrízica (> 75%), com alta dependência (50 a 75%), com dependência moderada (25 a 50%) e dependência marginal ou não responsiva à inoculação microbiana (<25%) (MACHINESKI, BALOTA e SOUZA, 2011). A planta *Musa* spp. (cv. Grand naine) quando cultivada sem aplicação de P apresentou dependência negativa da planta para *Gigaspora albida* e *Gigaspora margarita*, e dependência positiva com a aplicação de 50 mg de P kg⁻¹ de solo, diferença que não foi observada com a inoculação de *Claroideoglossum etunicatum* e *Glomus clarum*, com dependência micorrízica positiva das plantas independente da aplicação de P (RUI et al., 2021). A massa seca de plântulas de jatobazeiro (*Hymenaea courbaril* L.) tem sua dependência (DM) e eficiência micorrízica (EM) reduzida com o aumento das doses de adubação fosfatada, com reduções de 30% e 60%, respectivamente (CARVALHO et al., 2022). Evidenciando variável resposta dos FMAs em relação a diferentes espécies vegetais e manejos das culturas.

2.4 TRITICALE

A hibridação entre o trigo e o centeio ainda em 1875 resultou em um novo cereal de inverno denominado triticale (*Triticum turgisecale*), que combina características de interesse de ambas as plantas progenitoras, apresentando um teor mais elevado de proteína em relação ao milho e um teor de fibra inferior ao encontrado no farelo de trigo (TACHIBANA et al., 2010). O objetivo da combinação desse grão é complementar a rusticidade do centeio com a qualidade do trigo, aumentando a adaptabilidade às condições brasileiras (BAIER & NEDEL, 1985). Uma das principais destinações deste cereal é a produção de rações animais, principalmente em relação a substituição parcial ou total do milho (TACHIBANA et al., 2010; PRADO et al., 2000).

No Brasil, o triticale pode ser cultivado em regiões não favoráveis a outros cereais de inverno, ou seja, áreas de solos ácidos, arenosos, e apresenta uma boa resistência a doenças, além de um rendimento de grãos elevado (TACHIBANA et al., 2010). Ainda segundo os autores, o período de colheita no Brasil coincide com o final da entressafra do milho, favorecendo a utilização do triticale em dietas para animais em substituição a outros alimentos energéticos. O Brasil é o terceiro maior produtor do grão no continente americano, com 34,1 mil toneladas produzidas no ano de 2019, (FAOSTAT, 2019), destinando aproximadamente 12,96 mil hectares para o cultivo deste cereal. O estado do Paraná possui a maior produção com 18,9 mil kg ha⁻¹ em uma área cultivada de 6,7 mil hectares, seguido do RS com 2,7 mil hectares e 6,4 mil kg ha⁻¹ do grão produzidas no ano de 2019 (IBGE, 2019), assim, observa-se um potencial de crescimento deste cereal no país, principalmente em relação à área plantada.

Outra opção que pode ser conciliada com a de produção de grãos é a da realização de cortes para a produção de forragem ou silagem, como também o uso da área com triticale para pastagens de elevado valor nutritivo e de excelente valor proteico (GARCÍA et al, 2020; LEÃO et al., 2016; LEHMEN et al., 2014; FEROLLA et al., 2008). A literatura cita rendimento de matéria seca em triticale de 8733 kg de MS ha⁻¹ aos 119 dias após semeadura (GARCÍA et al., 2020). O triticale apresenta capacidade de proporcionar teores estatisticamente iguais em proteína bruta, menor valor de fibra e maior digestibilidade quando comparados com o cultivo de trigo, centeio e aveia, com um rendimento de forragem de 10 mil kg na produção de massa seca por hectare, sendo, juntamente com o trigo, os cereais de inverno indicados para a ensilagem (LEHMEN et al., 2014). Tais trabalhos demonstram o potencial de produtividades a serem alcançadas por esta planta para o setor agrícola e agropecuário brasileiro.

A utilização de fertilizantes orgânicos pode ser uma alternativa para produção do triticale. Neste sentido, em alguns trabalhos se observou que adubo orgânico sólido proporcionou rendimento de grãos compatível com aquele alcançado com fertilizantes minerais e o uso de orgânico líquido proporcionando produção de matéria seca superior a ambos (CORRÊA et al., 2019); observou-se também que o organomineral possibilita à planta melhor aproveitamento do P aplicado, proporcionando maior teor de nutrientes na planta em relação a adubação mineral (ARAÚJO, M., et al., 2020).

Outro fator que tem a capacidade de aumentar a produtividade desta cultura, tanto em rendimento de grãos como na matéria seca de parte aérea, é a utilização de microrganismos associados ao seu cultivo, principalmente as micorrizas (BRITO et al., 2007). Nesse sentido, a utilização de fungos micorrízicos aumenta a eficiência da produção de forragem à base de triticale e também, o uso das doses de nitrogênio nesta cultura pode ser reduzida, sem afetar os

indicadores de qualidade, obtendo-se produtividades acima de 5,6 mil kg de MS ha⁻¹ (LLERENA et al., 2016a).

3 CAPÍTULO 1 - MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM ORGANOMINERAL

4.1 RESUMO

Há no Brasil alta demanda para correta finalidade dos dejetos oriundos do setor suinícola, sendo uma alternativa o seu uso como fertilizante, principalmente após compostagem e formulação com adição de fertilizantes minerais. Fungos micorrízicos arbusculares são fungos que estabelecem simbioses com plantas de interesse agrícola e são capazes de aumentar a eficiência das plantas na assimilação de nutrientes, como P e N, absorção de água e incrementos em acúmulo de biomassa e teor de proteína na planta. O objetivo deste estudo foi determinar o efeito de diferentes métodos de inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em fertilizante organomineral no desenvolvimento do tritcale (*Triticum turgisecale*). O delineamento foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial $(5 \times 2) + 2$, sendo cinco métodos de inoculação do fertilizante organomineral (na granulação seca ao ar ambiente (GSA); na granulação com secagem a 60°C (GS60°C); granulação com secagem a 105°C (GS105°C); após a granulação com recobrimento dos grânulos com óleo mineral (AGROM) e convencional (CONV) com 30 esporos no momento da semeadura), dois inóculos micorrízicos (*Rhizoglosum clarum* e *Gigaspora margarita*) e dois tratamentos controle (fertilizante mineral – NPK e organomineral sem inoculação – TEST), com 6 repetições. Ao final do ciclo da cultura foram realizadas avaliações de altura de planta (AP), área superficial específica, peso de mil grãos e diâmetro médio das raízes, massa seca da parte aérea, radicular e total, análises químicas do solo e dos tecidos da planta, teor de proteína bruta da parte aérea e do grão. Os métodos de inoculação com maiores temperaturas de secagem dos organominerais diminuíram o potencial de produção da planta em massa seca, com maior sensibilidade para *Gigaspora margarita*, que apresentou maior produção de massa seca com os métodos de inoculação CONV e GSA, já para *Rhizoglosum clarum* o método AGROM e GS60°C proporcionaram as plantas a maior massa seca total. O método AGROM com *Gigaspora margarita* apresentou valores inferiores para proteína bruta no grão em relação ao fertilizante mineral, não diferindo de GS60°C, os demais métodos de inoculação proporcionaram maior produção de proteína bruta no grão. Com *Rhizoglosum clarum*, o método GSA apresentou valores de proteína bruta no grão inferior aos demais métodos, que não diferiram entre si. Para a proteína total na parte aérea, destaca-se o GS105°C com teor de proteína bruta superior ao mineral e ao método GS60°C com *Gigaspora margarita*, não diferindo dos demais métodos testados, como também não diferindo ao mesmo método de inoculação com *Rhizoglosum clarum*.

Palavras-chave: Fungos micorrízicos. Organomineral. Inoculação. *Triticum turgisecale*.

4.2 ABSTRACT

There is a high demand in Brazil for the correct purpose of manure from the swine sector, an alternative is its use as a fertilizer, especially after composting and formulation with the addition of mineral fertilizers. Arbuscular mycorrhizal fungi are fungi that establish symbioses with plants of agricultural interest and are able to increase the efficiency of plants in the assimilation of nutrients, such as P and N, water absorption and increases in biomass accumulation and protein content in the plant. The aim of this study was to determine the effect of different

methods of inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi in organomineral fertilizer on the development of triticale (*Triticum turgisecale*). The design was completely randomized in a factorial arrangement $(5 \times 2) + 2$, with five methods of inoculation of the organomineral fertilizer (in room air-dried granulation (GSA); in granulation with drying at 60°C (GS60°C); granulation with drying at 105°C (GS105°C); after granulation with mineral oil (AGROM) and conventional oil (CONV) coating with 30 spores at sowing time), two mycorrhizal inoculum (*Rhizogloium clarum* and *Gigaspora margarita*) and two control treatments (mineral fertilizer - NPK and organomineral without inoculation - TEST), with 6 repetitions. At the end of the crop cycle, plant height (AP), specific surface area, thousand-grain weight and average root diameter, shoot, root and total dry mass, chemical analyzes of the soil and plant tissues were performed, crude protein content of shoot and grain. The inoculation methods with higher drying temperatures of the organominerals reduced the plant production potential in dry mass, with greater sensitivity for *Gigaspora margarita*, which presented higher dry mass production with the CONV and GSA inoculation methods, while for *Rhizogloium clarum* the AGROM method and GS60°C provided the plants with the highest total dry mass. The AGROM method with *Gigaspora margarita* showed lower values for crude protein in the grain in relation to the mineral fertilizer, not differing from GS60°C, the other inoculation methods provided higher production of crude protein in the grain. With *Rhizogloium clarum*, the GSA method showed lower crude protein values in the grain than the other methods, which did not differ from each other. For the total protein in the shoot, the GS105°C stands out with a higher crude protein content than the mineral and the GS60°C method with *Gigaspora margarita*, not differing from the other tested methods, as well as not differing from the same inoculation method with *Rhizogloium clarum*.

Keywords: Mycorrhizal fungi. Organomineral. Inoculation. *Triticum turgisecale*.

4.3 INTRODUÇÃO

O Brasil detém um rebanho suíno que gera até 111,03 bilhões de litros de dejetos anualmente no país (LOCATELLI, J., et al., 2019), elevando a demanda por formas ambientalmente adequadas de utilização, o uso destes dejetos como fertilizante pode se apresentar como uma forma adequada de aproveitamento e reutilização dos mesmos (BATISTA et al., 2014). Nesse sentido, sua transformação em fertilizante orgânico granulado aumenta a concentração de nutrientes após o processo de compostagem (RICO et al., 2006), havendo também a possibilidade de ajustar a sua formulação com adição de fertilizantes minerais inorgânicos, resultando em um fertilizante organomineral (BENITES et al., 2013), facilitando a logística e aplicação do mesmo, quando comparado ao dejetos líquido.

O triticale (*Triticum turgisecale*) é uma das espécies de plantas de cobertura mais utilizadas na região oeste do Paraná (ALBRECHT et al., 2018). Além disso, em decorrência dos valores mais elevados de proteína que o milho, teor de fibra inferior ao farelo do trigo (TACHIBANA et al., 2010), maior eficiência hídrica em relação ao sorgo e milho (MCGOVERIN et al., 2011), se consolidou como alternativa de matéria prima para nutrição

animal, como forrageira (BUMBIERIS JÚNIOR et al., 2010), silagem e grãos, além de ser utilizada na dieta humana em alimentos, bebidas e como cereal complementar (OLIVEIRA, et al., 2021; SUCU & CIFCI, 2016; ZHU, 2018).

A cultura do triticale é altamente responsiva ao uso de fertilizantes (LALEVIĆ et al., 2019), mas, sob a utilização de orgânicos e organominerais também responde positivamente no rendimento de grãos, apresentando resultados compatíveis com o uso de fertilizantes minerais (CORRÊA et al., 2019), cujo efeito também foi encontrado no teor de proteína do grão (HOSPODARENKO & LIUBYCH, 2021). A aplicação de organomineral a base de dejetos de suíno em cultivo de aveia preta proporciona maior rendimento de matéria seca, quando comparado a fertilizante líquido fosfatado mineral (FERNANDES et al., 2015).

Além dos efeitos positivos do fertilizante organomineral na melhoria da fertilidade do solo, através de sua fonte orgânica (FREITAS et al., 2018; CHERUBIN et al., 2015), o enriquecimento com organismos benéficos, como microrganismos promotores de crescimento de plantas pode potencializar o efeito de resíduos orgânicos sobre aspectos tanto agrícolas como ambientais (SOUSA et al., 2018). Desta maneira, uma alternativa para este enriquecimento pode vir da formação de micorrizas com a cultura, resultando na redução de perdas de nutrientes, importante para gramíneas, que são responsivas a adubação e dependem de altas doses para um adequado desenvolvimento (CARNEIRO et al., 2010; LALEVIĆ et al., 2019). Além disso, o triticale (*Triticum turgisecale*) se apresenta como gramínea mais micotrófica que o trigo (BRITO et al., 2007). A utilização de fungos micorrízicos em associação ao triticale proporciona redução significativa de doses de fertilização nitrogenada, maior rendimento na produção da massa seca e níveis de proteína bruta da forragem com menores doses de N, apresentando aumento na eficiência da planta na assimilação de nutrientes, tanto de N como P (LLERENA et al., 2016a; LLERENA et al., 2016b).

As formas de inoculação de fungos micorrízicos arbusculares se dá por meio do uso de substrato inóculo contendo esporos, hifas e pedaços de raízes colonizadas juntamente com o substrato utilizado no cultivo armadilha (ARAÚJO et al., 2020; PINHEIRO et al., 2019), uso de esporos isolados separados anteriormente do cultivo armadilha em laboratório (FREIRE et al., 2020) ou o uso de produto comercial na inoculação e revestimento de sementes (STOFFEL et al., 2020; LLERENA et al., 2016a; LLERENA et al., 2016b). No processo da granulação do composto orgânico e posterior mistura com as fontes de nutrientes minerais, há fases que permitem o uso da inoculação de microrganismos benéficos, porém, desde o processo da granulação até a secagem para a obtenção do produto final, as temperaturas nas quais o fertilizante fica exposto podem variar entre 40° a 104°C (SÁ et al., 2017; COTTA, 2023), tais

temperaturas podem afetar o desenvolvimento, viabilidade e eficiência destes microrganismos em promover o crescimento das plantas posteriormente (COSTA, F., et al., 2013). Além disso, não há informações na literatura sobre a eficiência entre diferentes métodos de inoculação utilizados tendo-se resultados apenas da eficiência da micorrização em relação à tratamentos controles, os quais demonstram os ganhos significativos às plantas com a inoculação destes fungos em relação às sem inoculação, independentemente do método de inoculação utilizado (ARAÚJO et al., 2020; FREIRE et al., 2020; LLERENA et a., 2016a; LLERENA et al., 2016b; PINHEIRO et al., 2019; STOFFEL et al., 2020).

Entretanto, não tem se evidenciado trabalhos que tratem da resposta de diferentes formas de inoculação de fungos micorrízicos em fertilizantes organominerais granulados. Neste sentido, é persistente a indagação sobre a sobrevivência e eficiência do inóculo de fungos micorrízicos durante a produção destes fertilizantes, de sua capacidade de colonização e esporulação quando posteriormente aplicada às culturas agrícolas, em especial o triticales. Deste modo, objetivou-se determinar o efeito de diferentes métodos de inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em fertilizante organomineral no desenvolvimento do triticales.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre os meses de julho a outubro de 2021, em casa de vegetação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus de Frederico Westphalen, RS, localizado a 27°23'26" latitude sul, 53°25'43" longitude oeste e a 461,30 m de altitude.

O solo utilizado no experimento foi caracterizado como um Latossolo Vermelho (SANTOS, 2018), coletado em área de produção agrícola na camada de 0-20 cm, com textura de 79% de argila, ao qual foi misturado areia média na proporção de 35% (v/v), objetivando-se textura final de 46% de argila, para facilitar a limpeza das raízes. Determinou-se a textura do solo e a análise química foi realizada conforme metodologia da EMBRAPA (2017), cujo valores podem ser observados na Tabela 1. Posteriormente, foi adicionado calcário dolomítico (PRNT 100%) ao substrato, para elevar o pH em água à 6,0, conforme recomendação para cultura do triticales (SBCS, 2016). Após, a mistura foi acondicionada em vasos com capacidade para 5 litros que foram mantidos em casa de vegetação sob sistema automático de nebulização com lâmina de 7 mm, por 45 dias, a fim de possibilitar a estabilização das propriedade físico-químicas do solo.

Tabela 1 - Análise física química do solo utilizado.

-----Atributo-----							
Argila*	pH _{água}	MO	P	K	Ca	Mg	Al+H
%	1:1	%	--mg dm ⁻³ --		---Cmol _c dm ⁻³ ---		
46%	5,3	1,0	4,6	27,5	1,7	1,0	4,9

* Teor de argila determinado pelo método da pipeta, Embrapa (2017).

Fonte: Autor (2022).

A semeadura foi realizada com 15 sementes da cultivar BRS Saturno por vaso, as quais foram previamente desinfetadas com hipoclorito de sódio a 2% por 15 min e depois lavadas em água corrente. O desbaste das plantas ocorreu 10 dias após a semeadura, deixando-se onze plantas por vaso. A irrigação das plantas foi realizada por meio de nebulização com lâmina de 7 mm.

O delineamento foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial (5 x 2) + 2, sendo cinco métodos de inoculação do fertilizante organomineral (na granulação seca ao ar ambiente (GSA); na granulação com secagem a 60°C (GS60°C); granulação com secagem a 105°C (GS105°C); após a granulação com recobrimento dos grânulos com óleo mineral (AGROM) e convencional (CONV) com 30 esporos no momento da semeadura), dois inóculos micorrízicos (*Rhizoglyphus clarum* e *Gigaspora margarita*) e dois tratamentos controle (fertilizante mineral – NPK e organomineral sem inoculação - TEST), com 6 repetições. A temperatura de secagem a 60°C corresponde ao processo padrão de secagem de fertilizantes, porém, se tratando de equipamentos industriais e produções em larga escala, há a possibilidade de menor controle desta temperatura, chegando a valores superiores, assim, justifica-se a escolha da temperatura de 105°C para simular como um processo sem o controle desta temperatura pode ocasionar nos fungos inoculados.

O fertilizante mineral foi composto por ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. O fertilizante orgânico foi proveniente do Sistema de Tratamento de Águas Residuárias de Suinocultura (Sistars), instalado no setor de suinocultura da UFSM, campus de Frederico Westphalen, RS (sistema submetido ao registro de patente). A fração sólida separada por decantação e após desaguamento, juntamente com a fração sólida separada por peneiramento, foram compostadas conjuntamente por 45 dias. Após esse período, a fração compostada foi peneirada e submetida à granulação (processo submetido ao registro de patente), tendo sido feita, previamente a granulação, a aferição d pH do composto para pH 7. O fertilizante organomineral foi composto pela mistura de grânulos dos fertilizantes minerais com o fertilizante orgânico.

A formulação foi adequada à necessidade da cultura do triticale (SBCS, 2016), sendo utilizados para o balanceamento do fertilizante organomineral adubos minerais simples (cloreto de potássio – KCl); para o fósforo foi mantida apenas a quantidade fornecida pelo fertilizante orgânico, visando não elevar o teor de fósforo no solo ao nível ótimo para o crescimento da planta, pois resultaria em redução do efeito da simbiose micorrízica (LIMA, 2020). A formulação dos fertilizantes e seus componentes podem ser visualizados na Tabela 2.

Os tratamentos com Fertilizante Mineral (FM) receberam a quantidade total de 460,29 kg ha⁻¹ e os tratamentos com a utilização do Fertilizante Organomineral receberam 1401,73 kg ha⁻¹, segundo as recomendações do manual da SBCS (2016) para a cultura do triticale. A adubação de cobertura com a quantidade restante de N recomendada foi realizada entre os estádios de alongamento e perfilhamento do triticale através da aplicação de ureia (SBCS, 2016).

Tabela 2 - Relação dos fertilizantes utilizados nos tratamentos com adubação.

Fertilizante	Formulação			Componentes
	N	P	K	
Mineral	4	19	22	Ureia + Super Fosfato Triplo + Cloreto de Potássio
Organomineral	1,4	5,4	7,86	Fração Sólida de Dejetos + Cloreto de Potássio

Fonte: Autor (2022).

Ao final do ciclo da cultura foram realizadas as seguintes avaliações: altura de planta (AP), sendo aferida entre o colo até a folha bandeira, com auxílio de régua milimétrica; área superficial específica e diâmetro médio ponderado das raízes; massa seca da parte aérea, radicular e total, análises químicas do solo e dos tecidos da planta, teor de proteína bruta da parte aérea e do grão e rendimento de grãos.

As raízes foram separadas do solo por meio de lavagem com água corrente usando-se peneiras com malha de 0,5 mm. Após a lavagem, as raízes foram fotografadas e com as imagens radiculares foi determinada a área superficial específica (ASE) e seu diâmetro médio ponderado com auxílio do software Safira 2.0 (JORGE & SILVA, 2010). A planta foi dividida em parte aérea, raízes e grãos, que foram colocados em sacos de papel e levadas para estufa a 65°C até apresentarem peso constante, sendo determinada então a massa seca da parte aérea e radicular da planta, com a massa total sendo obtida através da soma de ambas. Posteriormente, parte aérea, raiz e grão foram moídos em moinho tipo Willey com peneira de malha 10 mesh para a determinação dos teores de macronutrientes (N, P e K) através da digestão sulfúrica conforme,

metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), e leitura em destilação por arraste de vapor (para Nitrogênio) e fotômetro de chamas (Fósforo e Potássio). A proteína bruta foi obtida através da metodologia de Galvani & Gaertner (2006), através da multiplicação da quantidade de nitrogênio do tecido em percentagem pelo o fator de transformação do nitrogênio em proteína, o qual, segundo os autores, é utilizado pelo fato de que, convencionalmente, amostras de alimentos para animais, como plantas forrageiras, por exemplo, a proteína bruta (PB) é expressa pelo fator 6,25, considerando que a maioria das proteínas contém nas suas moléculas aproximadamente 16% de nitrogênio, resultando na Equação 1:

$$PB = NT \times F_N \quad (1)$$

onde: PB representa o teor de Proteína Bruta em percentagem; NT representa o teor de nitrogênio da amostra em percentagem; F_N representa o fator 6,25.

A colonização micorrízica nas raízes foi avaliada por meio da técnica de clarificação e coloração de raízes com Azul de Trypan 0,05%, para visualização em microscópio e lupa de estruturas intercelulares de micorrizas (BRUNDRETT et al., 2008). A porcentagem de colonização micorrízica foi estimada em 5 repetições por planta pelo método da placa quadriculada (GIOVANNETTI & MOSSE, 1980).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando houve interação significativa desdobrou-se o fator de variação inóculo dentro do fator fertilizantes e quando não significativa, desdobrou-se os efeitos simples de cada fator de variação, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de significância. Os diferentes tratamentos também foram comparados aos tratamentos adicionais organomineral e mineral testemunha pelo teste de Dunnet a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas com os softwares Microsoft Office Excel® e R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser observado na tabela 3, para o rendimento de grãos não foi observada diferenças significativas em relação aos fungos utilizados, muito menos aos métodos de inoculação destes. Assim, evidencia-se a capacidade que organomineral produzido tem em proporcionar às plantas de triticale produtividade de grãos equivalente ao fertilizante mineral, entretanto a inoculação dos fungos micorrízicos não proporcionaram efeitos superiores ao não inoculado (Tabela 3). A aplicação de fertilizante orgânico através do uso de dejetos de suíno proporciona, no caso da injeção em subsuperfície produtividade de grãos superiores ao uso de

fertilizante mineral e o uso da aplicação deste em superfície proporciona rendimento de grãos equivalentes ao uso de NPK na sua forma mineral (DAMIAN et al., 2018).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância (Anova) para peso de grãos de triticales pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Fonte de Variação	PMG*
Inóculo	0,73 ^{ns}
Método de inoculação	8,47 ^{ns}
Interação	6,7 ^{ns}
Testemunhas	4,55 ^{ns}
Testemunhas x Tratamentos	2,55 ^{ns}
CV %	11,9%

*significativo a 5% ^{ns} não significativo.

Fonte: Autor (2022).

Os resultados evidenciaram interação significativa entre os fatores de variação método e inóculo para massa seca da parte aérea, radicular, massa seca total e área superficial específica radicular (Tabela 4). A massa seca da parte aérea das plantas de triticales foi menor no tratamento inoculado com *Gigaspora margarita* com grânulo seco a 60°C (GS60°C), que não diferiu do seco a 105 °C, apresentando redução de 33,33% em relação ao controle NPK, enquanto os demais tratamentos foram equivalentes ao NPK e TEST, e também, a inoculação com *Rhizoglossus clarum* no recobrimento com adição de óleo mineral (AGROM) o aumentou a massa seca parte aérea em 25,93% em relação ao *Gigaspora margarita* (Tabela 4). As respostas encontradas nesta variável podem estar relacionadas a maior sensibilidade do gênero *Gigaspora* à exposição em temperaturas mais elevadas (COSTA, F., et al., 2013), a qual a inoculação na formação do grânulo do fertilizante não se mostrou eficiente em proteger os esporos do fungo da mesma forma que os demais métodos de inoculação. Resposta semelhante, no que se refere aos demais tratamentos, foram encontradas em outros trabalhos, em que a adubação com organomineral sólido apresentou incrementos em matéria seca equivalentes ao uso de fertilizantes minerais (CORRÊA et al., 2019; FERNANDES et al., 2015).

O método inoculação por recobrimento com óleo mineral (AGROM) com inoculação de *Rhizoglossus clarum* proporcionou maior massa seca radicular, sendo inclusive maior que o controle NPK e 50,07% superior ao inoculado com *Gigaspora margarita*, porém com a inoculação GSA, o inóculo *Gigaspora margarita* foi significativamente maior que *Rhizoglossus clarum* (Tabela 4). Esse efeito positivo também foi encontrado na literatura, onde plantas sob tratamento com composto, inoculado com FMA, apresentaram maiores biomassa que as não

inoculadas (ANDRADE et al., 2021). Tais dados corroboram com a natureza destes fungos, caracterizados por desenvolverem uma relação mutualística entre a raiz da planta hospedeira e o micélio do fungo (BRUNDRETT, 2009), contribuindo para incrementos em comprimento, volume e massa seca de raiz, aumentando a absorção de água e nutrientes pela planta (ZHAO et al., 2015; AGUEGUE et al., 2017; SILVA, et al., 2018).

Tabela 4 - Massa seca da parte aérea (g), massa seca radicular (g), massa seca total (g) e área superficial específica - ASE (cm²) de triticales cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) inoculados *Rhizogloium clarum* e *Gigaspora margarita*.

Método	MSPA (g)				MSR (g)			
	Inóculo				Inóculo			
	<i>R. clarum</i>		<i>G. margarita</i>		<i>R. clarum</i>		<i>G. margarita</i>	
GSA	11,67	Aa ¹	13,00	Aa	6,67	Bb	10,00	Aa
GS60 ^o c	12,33	Aa	8,00	Bb*	9,00	Ba	7,67	Aa
GS105 ^o c	11,33	Aa	9,00	Ba	7,67	Ba	7,33	Aa
AGROM	13,33	Aa	10,67	Ab	11,00	Aa*	7,33	Ab
Convencional	10,50	Aa	11,33	Aa	8,67	Ba	8,67	Aa
TEST	11,17				7,83			
NPK	12,00				7,00			
CV %	19,31				24,69			
Método	MST (g)				ASE (cm ²)			
	Inóculo				Inóculo			
	<i>R. clarum</i>		<i>G. margarita</i>		<i>R. clarum</i>		<i>G. margarita</i>	
GSA	18,33	Bb	23,00	Aa	65,96	Ca	59,89	Ba
GS60 ^o c	21,33	Aa	15,67	Bb	167,32	Aa ⁺⁺	100,89	Ab
GS105 ^o c	19,00	Ba	16,33	Ba	150,61	Aa ⁺⁺	76,53	Bb
AGROM	24,33	Aa ⁺⁺	18,00	Bb	120,93	Ba ⁺	109,24	Aa
CONV	19,17	Ba	20	Aa	71,85	Cb	115,11	Aa
TEST	18,92				70,58			
NPK	19,00				92,47			
CV %	15,70				19,71			

¹médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05) de probabilidade de erro. Médias seguidas de + e * diferem dos tratamentos controle TEST e NPK, respectivamente pelo teste de Dunnet (p<0,05) de probabilidade de erro.

Fonte: Autor (2022).

A inoculação com *Rhizogloium clarum* em recobrimento com adição de óleo mineral (AGROM) também possibilitou maior massa seca total que os demais métodos de inoculação testados, sendo 28,6% maior que o controle TEST, 28,05% que o controle NPK e 35,17% que a inoculação com *Gigaspora margarita* como inóculo, contudo, o inóculo *Gigaspora margarita* foi significativamente maior nos métodos de inoculação GSA e convencional (Tabela 4). A diferença na resposta dos inóculos pode ser em decorrência da variação na sensibilidade dos fungos micorrízicos a temperaturas elevadas, reduzindo sua capacidade de esporulação,

colonização e com isso seus efeitos positivos às plantas (COSTA, F., et al, 2013). Desse modo, os métodos GSA e convencional de inoculação são mais adequados para o *Gigaspora margarita*, enquanto o recobrimento com adição de óleo mineral (AGROM) se mostrou mais efetivo para o *Rhizogloium clarum* para promoção de massa seca total de triticales.

A área superficial específica das raízes (ASE) variou conforme o inóculo e método de inoculação, porém a inoculação com *Rhizogloium clarum* proporcionou 80,95% e 62,88% maior ASE que o controle NPK com a granulação seca a 60 (GS60°C) e a 105°C (GS105°C), respectivamente, e também foi maior ao controle TEST com a inoculação no GS60°C, GS105°C e AGROM, com incrementos de 137,06%, 113,39% e 71,34%, respectivamente (Tabela 4). Plantas com maior área superficial específica de raízes ampliam sua capacidade em absorver água e nutrientes do solo através do processo de difusão (COSTA, S., et al., 2019), que se caracteriza por ser extremamente lento e responsável pela movimentação do fósforo, zinco e cobre no solo (VALADARES; MESCOLOTTI; CARDOSO, 2016). Assim, esse efeito dos fungos micorrízicos arbusculares torna-se importante na absorção de água e principalmente no aproveitamento dos nutrientes de baixa mobilidade no solo, como é o caso do fósforo.

Não houve interação significativa entre inóculo e método para a altura e diâmetro do colo, sendo evidenciado apenas efeito simples significativo para inóculo (Tabela 5). A altura das plantas foi maior com a inoculação de *Rhizogloium clarum*, sendo equivalente aos tratamentos controle TEST e NPK (Tabela 5). Costa, S., et al (2019), verificaram que, a utilização de fungos micorrízicos proporcionam incrementos em altura à duas cultivares de oliveira testadas, em especial com a inoculação do fungo *Acaulospora srobiculata*, apresentando resultados compatíveis aos obtidos com o controle, sem inoculação.

Tabela 5 - Efeito simples do inóculo (*Rhizogloium clarum* e *Gigaspora margarita*) na Altura e Diâmetro médio de raízes de triticales cultivado com fertilizante organomineral e comparação com os tratamentos controle sem inoculação (TEST e NPK).

Inóculo	Altura (cm)¹	Diam. Raiz (mm)
<i>R. clarum</i>	74,47 A	1,25 B⁺*
<i>G. margarita</i>	70,85 B	1,61 A
TEST	75,35	1,60
NPK	74,50	1,81
CV %	9,14	15,68

¹médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05) de probabilidade de erro. Médias seguidas de ⁺ e * diferem dos tratamentos controle TEST e NPK, respectivamente pelo teste de Dunnet (p<0,05) de probabilidade de erro.

Fonte: Autor (2022).

A inoculação com *Rhizogomus clarum* proporcionou menor diâmetro médio ponderado de raiz em relação aos tratamentos controle, TEST e NPK e também ao *Gigaspora margarita*, com redução de 21,88%, 30,94% e 22,36%, respectivamente (Tabela 5). Essa redução no diâmetro médio de raiz com a utilização do inóculo *Rhizogomus clarum* é favorável às plantas, pois, com raízes mais finas, as plantas apresentam maior capacidade de absorver água e nutrientes por difusão (GURGEL et al., 2020).

O teor de nitrogênio no grão do tratamento inoculado com *Gigaspora margarita* em recobrimento e adição de óleo mineral (AGROM) foi significativa menor em 15,68% em relação ao teor obtido com uso do controle NPK, contudo os demais tratamentos foram equivalentes aos dois controles e em relação aos métodos, observa-se que as inoculações com *Gigaspora margarita* na granulação com secagem a temperatura ambiente (GSA) e *Rhizogomus clarum* na granulação com secagem a 60°C (GS60°C) e em recobrimento com adição de óleo mineral (AGROM) resultaram em grãos com os maiores teores de nitrogênio (Tabela 6). Tais resultados corroboram com os de Llerena et al. (2016a), que testando diferentes doses de nitrogênio aplicadas ao cultivo de triticales inoculado e não inoculado com a espécie micorrízica *Glomus cubense* sp., verificaram que a associação micorrízica permite redução significativa de doses de fertilização nitrogenada, maior rendimento na produção da massa seca e níveis de proteína bruta da forragem com menores doses de N, evidenciando uma promoção na eficiência da planta na assimilação de nutrientes, principalmente de N.

A inoculação do organomineral com *Gigaspora margarita* na granulação com secagem a 105°C proporcionou as plantas maior teor de nitrogênio na parte aérea, sendo 24,79% maior ao obtido com o NPK e 22,53% em relação ao Controle TEST sem inoculação, não diferindo da inoculação com *Rhizogomus clarum* (Tabela 6). Esses resultados indicam que a micorrização promoveu melhor aproveitamento do nutriente favorecido pela maior área de contato solo-planta (LOCATELLI et al., 2002) devido a maior ASE proporcionado pelo fungo (Tabela 4).

Tabela 6 - Teores de nitrogênio e potássio no grão e parte aérea de plantas de triticale cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) inoculados *Rhizoglosum clarum* e *Gigaspora margarita* e efeito simples dos métodos de inoculação no teor de potássio na parte aérea.

Método	Ngrão (g Kg ⁻¹) ¹				NPA (g/Kg)			
	<i>R. clarum</i>		<i>G. margarita</i>		<i>R. clarum</i>		<i>G. margarita</i>	
GSA	26,86	Bb	30,99	Aa	9,01	Aa	9,38	Ba
GS60°C	31,00	Aa	28,09	Bb	10,10	Aa	8,21	Bb
GS105°C	31,31	Aa	29,49	Aa	9,90	Aa	10,89	Aa**
AGROM	30,32	Aa	26,65	Bb*	9,42	Aa	10,25	Aa
CONV	29,94	Aa	30,59	Aa	8,92	Aa	9,68	Aa
TEST	29,38				8,889			
NPK	30,829				8,728			
CV %	6,68				8,80			
Método	Kgrão (g Kg ⁻¹)				KPA (g Kg ⁻¹)			
	<i>R. clarum</i>		<i>G. margarita</i>		<i>R. clarum</i>		<i>G. margarita</i>	
GSA	8,06	Aa	8,36	Aa	20,78	A**		
GS60°C	7,86	Aa	8,43	Aa	17,80	B		
GS105°C	8,43	Aa	7,93	Aa	19,04	A		
AGROM	8,67	Aa	7,86	Aa	17,28	B		
CONV	9,31	Aa	6,31	Bb	16,89	B		
TEST	7,74				16,00			
NPK	7,93				16,77			
CV %	12,2				11,9			

¹médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$) de probabilidade de erro. Médias seguidas de + e * diferem dos tratamentos controle TEST e NPK, respectivamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$) de probabilidade de erro.

Fonte: Autor (2022).

Ainda na tabela 6, pode-se observar que os teores de potássio no grão (Kgrão) foram significativamente menores somente no método convencional inoculado com *Gigaspora margarita*, sendo porém maior nos demais tratamentos não diferindo entre si e entre os tratamentos adicionais (TES e NPK) (Tabela 6).

Em relação ao efeito simples dos métodos de inoculação dos fungos micorrízicos sobre o teor de potássio na parte aérea, observa-se que a inoculação na granulação seca em temperatura ambiente (GSA) proporcionou maior teor de potássio na parte aérea das plantas (KPA) de triticale em relação ao fertilizante organomineral e mineral, com um teor e 29,88% e 23,96%, respectivamente, mais elevado que os controles (TEST e NPK), não diferindo da granulação seca a 105°C (GS105°C) (Tabela 6). Os incrementos encontrados na planta em relação ao nitrogênio e potássio corroboram com os resultados encontrados por Channabasava, Lakshman e Muthukumar (2015), onde a inoculação micorrízica aumenta os níveis destes

elementos na biomassa de *Paspalum scrobiculatum*, além de elevar também a concentração de cálcio, magnésio e sódio.

O teor de nitrogênio na raiz apresentou diferença significativa entre os inóculos, sendo 26,67% maior quando inoculado com *Gigaspora margarita* (Tabela 7). A relação entre N e a inoculação micorrízica já foi observada em outros trabalhos, em que o maior acúmulo de N ocorreu em plantas inoculadas com fungos micorrízicos (SOUZA et al., 2012; GANDINI et al., 2015), pois plantas micorrizadas podem apresentar metabolismo modificado e alteração nos níveis de nutrientes em seus tecidos (GERLACH et al., 2015).

A inoculação com *Rhizogloium clarum* proporcionou às plantas teor de fósforo na parte aérea 27,10% e 20,09% maior em relação ao controle NPK e a inoculação com *Gigaspora margarita*, respectivamente (Tabela 7). A inoculação com *Gigaspora margarita* apresentou teor de fósforo na parte aérea compatível com a adubação mineral, mesmo tendo em sua formulação porcentagens de fósforo inferiores que o mesmo (Tabela 2). Este fato corrobora com o encontrado por Andrade et al. (2021), em que, o composto orgânico enriquecido com FMA proporcionou à parte aérea do trigo aumento na concentração de P em comparação aos compostos sem a utilização de FMA.

Tabela 7 - Efeito simples do inóculo (*Rhizogloium clarum* e *Gigaspora margarita*) no nitrogênio na raiz e fósforo na parte aérea e radicular de triticales cultivado com fertilizante organomineral e comparação com os tratamentos controle sem inoculação (TEST e NPK).

Inóculo	Nraiz (g Kg ⁻¹) ¹		Ppa (g Kg ⁻¹)		Praiz (g Kg ⁻¹)	
<i>R. clarum</i>	9,172	B	0,849	A*	1,840	B
<i>G. margarita</i>	11,618	A	0,707	B	2,754	A*
TEST	10,26		0,684		2,630	
NPK	11,588		0,668		0,981	
CV %	18,41		17,43		41,16	

¹médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05) de probabilidade de erro. Médias seguidas de + e * diferem dos tratamentos controle TEST e NPK, respectivamente pelo teste de Dunnet (p<0,05) de probabilidade de erro.

Fonte: Autor (2022).

O teor de fósforo radicular foi maior com a inoculação de *Gigaspora margarita* em relação ao *Rhizogloium clarum*, sendo também maior que o controle NPK, enquanto *Rhizogloium clarum* não diferiu do NPK (Tabela 7). As micorrizas são responsáveis pela solubilização e aumento na absorção de P pela planta, pela ação de fosfatases produzidas pelos fungos que atuam na mineralização de P orgânico do solo (ALVES et al., 2006). De acordo com Lima (2020), a absorção pelo sistema raízes e hifas de FMAs é eficiente em promover o

crescimento de plantas e a contribuição do micélio extrarradicular destes fungos para com a produção de massa seca e absorção de P das plantas aumenta na medida que este nutriente é fixado pelos solos. A utilização de FMA aumenta a eficiência de triticales em assimilar o fósforo (LLERENA et al., 2016a).

Os valores de proteína bruta no grão evidenciaram interação significativa entre o método de inoculação e inóculo micorrízico (Tabela 8). A inoculação com *Gigaspora margarita* em recobrimento com adição de óleo mineral (AGROM) não diferiu da granulação com secagem a 60°C (GS60°C) e foi significativamente menor que a inoculação com *Rhizoglyphus clarum* e apresentou valor 13,55% inferior ao tratamento NPK, enquanto que a inoculação de *Rhizoglyphus clarum* na granulação com secagem a temperatura ambiente (GSA) também induziu menores percentuais de proteína bruta no grão com a inoculação com *Gigaspora margarita*, os demais métodos foram equivalentes aos controles NPK e TEST (Tabela 8).

Tabela 8 - Teores de proteína bruta no grão e na parte aérea, em percentagens, de plantas de triticales cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) inoculados *Rhizoglyphus clarum* e *Gigaspora margarita*.

Método	PBGrão (%)				PBPA (%)			
	<i>R. clarum</i>		<i>G. margarita</i>		<i>R. clarum</i>		<i>G. margarita</i>	
GSA	16.78	Bb	19.37	Aa	5.63	Aa	5.86	Aa
GS60°C	19.37	Aa	17.56	Bb	6.31	Aa	5.13	Bb
GS105°C	19.57	Aa	18.43	Aa	6.18	Aa	6.80	Aa**
AGROM	18.95	Aa	16.65	Bb*	5.88	Aa	6.41	Aa
CONV	18.71	Aa	19.12	Aa	5.57	Aa	6.05	Aa
TEST			18.32				5.55	
NPK			19.26				5.45	
CV %			6.69				8.80	

¹médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05) de probabilidade de erro. Médias seguidas de + e * diferem dos tratamentos controle TEST e NPK, respectivamente pelo teste de Dunnet (p<0,05) de probabilidade de erro.

Fonte: Autor (2022).

Na parte aérea das plantas, a inoculação com os fungos micorrízicos proporcionou ao triticales maiores porcentagens de proteína bruta na parte aérea, com destaque para a inoculação com *Gigaspora margarita* na granulação seca a 105°C (GS105°C) que foi 22,53% superior ao controle TEST e 24,79% superior ao NPK (Tabela 8), não diferindo dos métodos de inoculação GSA, AGROM e CONV e da inoculação com *Rhizoglyphus clarum* que proporcionou 23,08% mais proteína bruta na parte aérea em relação a *Gigaspora margarita* no método GS60°C (Tabela 8). Tais valores encontrados para proteína na parte aérea se aproximam daqueles

encontrados por Lehmen et al (2014), na qual trabalhando com diferentes culturas de inverno, observaram teor de proteína bruta de 7,9% para a cultura do triticale.

Os resultados encontrados neste trabalho para o percentual do teor de proteína bruta no grão e na parte aérea de triticale corroboram com Hospodarenko & Liubych (2021), onde o tratamento com organomineral proporcionou teor de proteína bruta equivalente ao tratamento mineral e aumento de 7-12% em relação ao fertilizante orgânico. Já Llerana et al. (2016b), observou através dos níveis de proteína bruta, que a inoculação de fungos micorrízicos conjuntamente com biofertilizante em dosagem reduzida de fertilização mineral proporcionou às plantas uma qualidade de forragem de triticale igual a obtida com a dose máxima do tratamento mineral.

O teor de potássio no solo foi maior com a inoculação de *Gigaspora margarita* na granulação e seco a 60°C (GS60°C), apresentando teor de potássio 94,79% e 75,59%, respectivamente, superiores aos tratamentos controle (NPK e TEST sem inoculação) (Tabela 9). Este incremento proporcionado pelo FMA também foi obtido em outros trabalhos, sendo observados incrementos de 129% no teor de potássio foliar (VITORAZI FILHO et al., 2017) e 61,41% no teor de potássio na massa seca da parte aérea (GOMES JÚNIOR et al., 2018) ambos os incrementos em relação ao tratamento sem inoculação.

Tabela 9 - Teor de potássio no solo com triticale cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) inoculados *Rhizogloinus clarum* e *Gigaspora margarita*.

Método	Ksolo (g/dm ³) ¹			
	<i>R. clarum</i>		<i>G. margarita</i>	
GSA	23,7	Aa	28,8	Ba
GS60°c	27,9	Ab	56,1	Aa⁺*
GS105°c	40,5	Aa	28,5	Ba
AGROM	25,8	Aa	32,1	Ba
CONV	34,5	Aa	31,2	Ba
TEST			31,95	
NPK			28,8	
CV %			30,74	

¹médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05) de probabilidade de erro. Médias seguidas de ⁺ e * diferem dos tratamentos controle TEST e NPK, respectivamente pelo teste de Dunnet (p<0,05) de probabilidade de erro.

Fonte: Autor (2022).

Os inóculos micorrízicos induziram menores teores de fósforo no solo que o fertilizante mineral, e a inoculação com *Rhizogloinus clarum* foi menor também ao fertilizante organomineral (Tabela 10). Porém, as inoculações proporcionaram às plantas teores de fósforo

radicular e na parte aérea iguais ou superiores aos teores encontrados com as plantas cultivadas com o fertilizante mineral (Tabela 7). Entre inóculos testados, a *Gigaspora margarita* se mostrou superior ao *Rhizoglyphus clarum*, apresentando aumento de 101,60%. Destaca-se também que o fertilizante orgânico teve em sua formulação percentagens de fósforo inferiores ao tratamento mineral (Tabela 2).

Tabela 10 - Teor de fósforo no solo com triticale cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação com *Rhizoglyphus clarum* e *Gigaspora margarita* e sem inoculação (TEST – organomineral e NPK - mineral) .

Inóculo	Psolo (g/kg)¹	
<i>R. clarum</i>	0,815	B⁺*
<i>G. margarita</i>	1,643	A*
TEST	1,392	
NPK	2,452	
CV %	22,45	

¹médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05) de probabilidade de erro. Médias seguidas de ⁺ e * diferem dos tratamentos controle TEST e NPK, respectivamente pelo teste de Dunnet (p<0,05) de probabilidade de erro.

Fonte: Autor (2022).

Analisando-se o número de esporos verifica-se que ambos os fungos inoculados apresentaram esporulação elevada, pois foi adicionada nos vasos um total de 30 esporos para cada tratamento contendo 5kg de solo, resultando em valores variando de 16 a 35 esporos por 50 gramas de solo e evidencia-se que o fungo *Rhizoglyphus clarum* possibilitou maior esporulação nos métodos de inoculação convencional e por recobrimento com adição de óleo mineral, enquanto o *Gigaspora margarita* foi maior com a inoculação na granulação seca a temperatura ambiente (GSA) (Tabela 11). A maior esporulação proporcionada pelos métodos sem acréscimos de temperatura sob os inóculos, pode ser explicada por pela razão de que, dependendo da espécie, a esporulação dos FMAs é reduzida quando estes fungos são cultivados em ambientes com temperaturas acima de 32°C ou 36°C (COSTA, F., et al., 2013; PLOUZNIKOFF; DECLERCK; CALONNE, 2016), causando danos as células de sobrevivência e diminuindo o posterior desenvolvimento dos mesmos (COSTA, F., 2013).

Tabela 11 - Número de esporos por 50 gramas de solo cultivado com triticales submetido a cinco métodos de inoculação e dois inóculos (*Rhizoglyphus clarum* e *Gigaspora margarita*) e dois tratamentos controle sem inoculação (TEST e NPK).

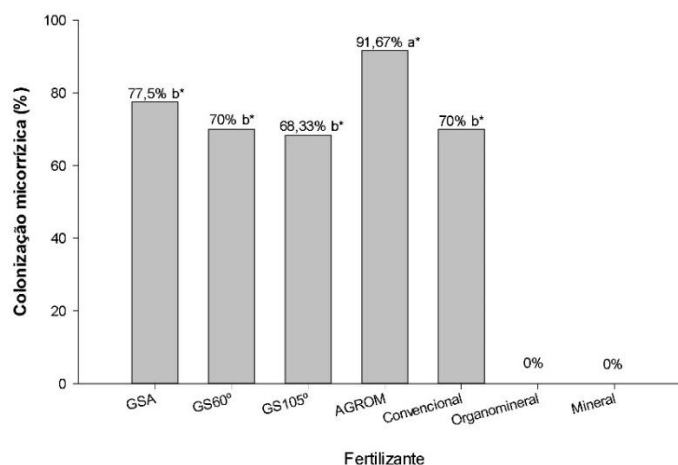
Método	<i>R. clarum</i>	<i>G. margarita</i>
	----- Esporos/ 50g solo -----	
GSA	25,00 Bb ⁺ *	34,00 Aa ⁺ *
GS60°c	27,00 Ba ⁺ *	25,00 Bb ⁺ *
GS105°c	22,00 Ba ⁺ *	27,00 Ba ⁺ *
AGROM	32,00 Aa ⁺ *	16,00 Cb ⁺ *
CONV	35,00 Aa ⁺ *	29,00 Bb ⁺ *
TEST		0,00
NPK		0,00
CV %	13,585	

¹médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$) de probabilidade de erro. Médias seguidas de ⁺ e * diferem dos tratamentos controle TEST e NPK, respectivamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$) de probabilidade de erro.

Fonte: Autor (2022).

A porcentagem de colonização micorrízica evidenciou apenas efeito simples significativo do método de inoculação, os quais proporcionaram colonização média acima de 68%, com destaque para a inoculação após a granulação com recobrimento e óleo mineral (AGROM) com 91,67% das raízes colonizadas (Figura 1). Os valores de colonização micorrízica não deve ser utilizado como único parâmetro ou garantia de eficiência, pois certas espécies de FMAs podem ser altamente infectantes, mas ineficientes em fornecer nutrientes à planta, não favorecendo seu crescimento (CARVALHO et al., 2022).

Figura 1 - Colonização micorrízica de plantas de triticales cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) inoculados com fungos micorrízicos.



¹médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem no modo de produção do organomineral pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$) de probabilidade de erro. ² médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem no organomineral inoculado pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$) de probabilidade de erro. Médias seguidas de * e + diferem dos tratamentos adicionais mineral e organomineral, respectivamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$) de probabilidade de erro.

Fonte: Autor (2022).

Os resultados encontrados neste trabalho em relação as variáveis micorrízicas corroboram com dados da literatura, onde a exposição a temperaturas mais elevadas de produção do organomineral inoculado e a sensibilidade dos fungos micorrízicos a estes ambientes, acabou reduzindo sua capacidade de esporulação e colonização (COSTA, F., et al., 2013).

Com base nas discussões em relação aos resultados encontrados e da literatura citada, verifica-se que a resposta positiva para os tratamentos com temperatura de secagem do fertilizante a 60 e 105°C deve ser atribuída a questão da maior velocidade na diminuição da umidade dos grânulos dos fertilizantes evitando uma germinação antecipada dos esporos, fato que não ocorreu com a temperatura de secagem em temperatura ambiente, consumindo energia dos fungos, diminuindo posteriormente sua eficiência na associação com a planta, resposta evidenciada nos tratamentos com a utilização de *Rhizoglyphus clarum*.

4.6 CONCLUSÃO

A inoculação de *Rhizoglyphus clarum* é mais eficiente que *Gigaspora margarita* em estimular a produção de massa seca e teor de proteína bruta em triticale, com exceção do método de inoculação na granulação e secagem em temperatura ambiente.

O fungo *Gigaspora margarita* apresentou maior responsividade em relação ao método de inoculação, sendo mais sensível naquelas com aumento de temperatura, evidenciando os métodos de inoculação na granulação e secagem em temperatura ambiente e inoculação convencional como os melhores para este fungo.

Assim para a inoculação com *Rhizoglyphus clarum* recomenda-se a inoculação na granulação com temperatura de secagem a 60°C e para *Gigaspora margarita* a inoculação na granulação e secagem a temperatura ambiente.

4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUEGUE, M. R. et al. **Arbuscular mycorrhizal fertilization of corn (*Zea mays* L.) cultivated on ferrous soil in southern benin.** Journal of Agricultural Studies, v. 5, p. 99-115, 2017.

ALBRECHT, L.P. et al. **Desempenho das culturas de outono e inverno em sistema plantio direto no oeste do Paraná.** Acta Scientiarum, v.40, e34999, p.1-9, 2018. Disponível em:

<Disponível em: <https://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.34999> >. Acesso: 20 mar. 2020. doi: 10.4025/actasciagron.v40i1.34999.

ALVES, L. **Solubilização de nutrientes contidos em rochas por fungos ectomicorrízicos**. 2006. 115 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ANDRADE, F. C. et al. **Enrichment of organic compost with beneficial microorganisms and yield performance of corn and wheat**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 25, n. 5, 2021.

ARAÚJO, F. H. V. et al. **Effects of mycorrhizal association and phosphate fertilization on the initial growth of coffee plants**. Revista Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 50, 2020.

BANDEIRA, D. H. et al. **Impact of pig slurry application on soil and water losses: Comparison with a historical series**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.23, n.6, p.425-431, 2019.

BATISTA, R. O. et al. **O efeito da água residuárias da suinocultura no desenvolvimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla***. Ciência Florestal, v. 24, n. 1, p. 127-135, 2014.

BENITES, V. D. M. et al. **Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil**. In: Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: workshop internacional y taller nacional valorización de residuos, oportunidad para la innovación, 2013, Pucón, Chile. Anais... Chile: CIDGRO, 2013.

BRITO, I. et al. **Efeito da mobilização do solo nas micorrizas arbusculares de cereais de Inverno**. Revista de Ciências Agrárias. vol. 30. 2007.

BRUNDRETT, M. C. **Mycorrhizal Associations: the web resource**. 2008. Disponível em: <mycorrhizas.info>. Acesso em: ago. 2021.

BRUNDRETT, M. C. **Mycorrhizal association and other means of nutrition of vascular plantas: understanding the global diversity of host plantas by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis**. Plant and Soil, v. 320, p. 37-77, 2009.

BUMBIERIS JÚNIOR, V.H. et al. **Estabilidade aeróbia de silagem de tritcale em cultura única ou em misturas com aveia e/ou leguminosas**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, n. 11, p. 2349-2356, 2010.

CARNEIRO, R. F. V. et al. **Doses de fósforo e inoculação micorrízica no cultivo de estilosantes em solo sob condições naturais**. Animal Science Archives, vol. 59, n 227, 2010.

CARVALHO, L. G. V. de. et al. **Jatobazeiro seedlings associated with arbuscular mycorrhizal fungi**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 44, n. 2, 2022.

CHANNABASAVA, A.; LAKSHMAN, HC; MUTHUKUMAR, T. **Micorrizorremediação de cinzas volantes através de *Paspalum scrobiculatum* L., inoculado com *Rhizophagus fasciculatus***. Comptes Rendus Biology, v. 338, n. 1, pág. 29-39, 2015.

CHERUBIN, M. R.; et al. **Qualidade física, química e biológica de um latossolo com diferentes manejos e fertilizantes.** R. Bras. Ci. Solo, 39:615-625, 2015.

CORRÊA, J. C. et al. **Carbon fractions and stock in response to solid and fluid organomineral fertilizers in highly fertile soils.** Pesq. agropec. bras. vol. 54. 2019.

COSTA, F. A.; et al. **In vitro culture of *Gigaspora decipiens* and *Glomus clarum* in transformed roots of carrot: the influence of temperature and pH.** Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá, v. 35, n.3, p. 315-323, 2013.

COSTA, S. M. L.; MELLONI, R. **Relação de fungos micorrízicos arbusculares e rizobactérias no crescimento de mudas de oliveira (*Olea europaea*).** Ciência Florestal, v. 29, n.1, p. 169-180, 2019.

COTTA, S. P. M. et al. **Thermo-resistant enzyme-producing microorganisms isolated from composting.** Brazilian Journal of Biology, v. 83, 2023.

DAMIAN, J. M.; MURARO, D. S.; BASSO, C. J.; SILVA, A. N. da; PINTO, M. A. B.; SANTI, A. L. **Strategies for fertilization with pig and cattle slurry in wheat crop.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 22, n.4, 2018.

DELLAI, A.; SILVA, R. F.; ANDREAZZA, R. **Ectomicorriza no crescimento de *Eucalyptus saligna* em solo contaminado com cobre.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 624-631, 2018.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** – 3. ed. rev. e ampl. - Brasília, DF: Embrapa, 2017.

FERNANDES, D. M. et al. **Fósforo na solução do solo em resposta à aplicação de fertilizantes fluidos mineral e organomineral.** Irriga, Botucatu, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p. 14-27, 2015.

FREIRE, J. M. et al. **Symbiotic efficiency of inoculation with nitrogen-fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in *Tachigali vulgaris* seedlings.** Revista Árvore, v. 44, 2020.

FREITAS, J. A. S. et al. **Soil carbon and physical-mechanical properties after successive applications of swine and poultry organic waste.** Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 48, n. 4, p. 390-398, 2018.

GALVANI, F.; GAERTNER, E. **Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006. 9p. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/812198/1/CT63.pdf> >. Acesso em: 14 jun. 2022.

GANDINI, A. M. M. et al. **Crescimento e nutrição de mudas enraizadas de eucalipto promovidas por fungos ectomicorrízicos em viveiros comerciais.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 39, p. 1554-1565, 2015.

GERLACH, N. et al. **An integrated functional approach to dissect systemic responses in maize to arbuscular mycorrhizal symbiosis.** *Plant, Cell & Environment*, v. 38, n. 8, pág. 1591-1612, 2015.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. **An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots.** *New Phytologist*, Cambridge, v.84, n.3, p.489-500, 1980.

GOMES JÚNIOR, G. A. et al. **Absorption of nutrients by soursop seedlings in response to mycorrhizal inoculation and addition of organic compost.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 48, n. 3, 2018.

GURGEL, A. L. C. et al. **Compactação do solo: Efeitos na nutrição mineral e produtividade de plantas forrageiras.** *Revista Científica Rural*, 22(1): 13-29, 2020.

HOSPODARENKO, H.; LIUBYCH, V. **Influence of long-term fertilization on yield and quality of spring Triticale grain.** *Annual 27th ISC Research for rural development*, v. 36, 2021.

IBGE. **Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção dos produtos das lavouras temporárias do Brasil, as Grandes Regiões e as unidades da Federação.** *Produção Agrícola Municipal*. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 22 de jul. de 2021.

JORGE, L. A. C.; SILVA, D. J. C. B. **Safira: Manual de utilização.** São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2010.

LALEVIĆ, D. et al. **Effect of cultivar and increased nitrogen quantities on some productive traits of triticale.** *Agriculture & Forestry*. 65(4), 127–136, 2019. DOI: 10.17707/AgricultForest.65.4.11.

LEHMEN, R. I. et al. **Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno.** *Revista Ciência Rural*, v. 44, n. 7, 2014.

LIMA, R. L. F. de A. **Micorrizas arbusculares e absorção de fósforo em função da capacidade de fixação de fósforo do solo e da competição com a microbiota.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.13, n.3, 2020, p. 1062-1079.

LLERENA, R. R. P.; CAÑIZARES, P. J. G.; CARREÑO, F. S. **Uso combinado de Ecomic®, Fitomas-e® y fertilizantes minerales en la producción de forraje para la alimentación animal a base de triticale (x. Triticosecale Wittmack), cv INCA TT-7.** *Cultivos Tropicales*, v. 37, n. 4, p. 76-83. 2016b.

LLERENA, R. R. P. et al. **Producción de forraje a base de triticale (X. triticosecale Wittmack) en suelo Nitisol Ferrálico Lítico, con dosis variables de nitrógeno e inoculación con hongos micorrízicos arbusculares.** *Cultivos Tropicales*, v. 37, n. 2, p. 22-32. 2016a.

LOCATELLI, L. M. VITOVSKI, C. A.; LOVATO, P. E.. **Sistema radicular de porta-enxertos micropropagados de macieira colonizados com fungos micorrízicos arbusculares.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n. 9, p. 1239-1246, 2002.

LOCATELLI, J. L. et al. **Uso de dejetos líquidos de suínos permite reduzir a adubação mineral na cultura do milho?** Revista de Ciências Agrárias, 42(3): 628-637, 2019.

MCGOVERIN, C. M. et al. **Uma revisão dos usos de triticale e o efeito do ambiente de crescimento na qualidade dos grãos.** Jornal da Ciência da Alimentação e Agricultura, v. 91, p. 1155-1165, 2011.

OLIVEIRA, A. M. et al. **Triticale silage replaces sorghum silage in finishing of Braford heifers.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 73, n. 5, 2021.

PINHEIRO, E. M. et al. **Arbuscular mycorrhizal fungi in seedling formation of barbados cherry (*Malpighia emarginata* D. C.).** Revista Caatinga, v 32, n. 2, 2019.

PINTO, M. A. et al. **Aplicação de dejetos líquidos de suínos e manejo do solo na sucessão aveia/milho.** Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 44, n. 2, p. 205-212, 2014.

PLOUZNIKOFF, K.; DECLERCK, S.; CALONNE, M. **Mitigating Abiotic Stresses in Crop Plants by Arbuscular Mycorrhizal Fungi.** Belowground Defence Strategies in Plants, p.341-400, 2016.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.** Vienna, Austria, 2020. Available from <Available from <http://www.R-project.org/> > Acessado: 30 de junho de 2022.

RICO, J. L. et al. **Characterization of solid and liquid fractions of dairy manure with regard to their component distribution and methane production.** Bioresource Technology, v.98, n.5, p.971-979, 2006.

SÁ, J. M. e. et al. **Agronomic and P recovery efficiency of organomineral phosphate fertilizer from poultry litter in sandy and clayey soils.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 52, n. 9, 2017.

SANTOS, H. G. dos. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA SANTOS, J. K.; SANTANA, M. D. F.; LARA, T. S. **Responsividade de plantas de milho à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares da rizosfera e ipê amarelo.** Revista Agroecossistemas, v. 10, n. 1, p. 253-264, 2018.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – NÚCLEO REGIONAL SUL. Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Manual de Calagem e Adubação para os Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 11. ed. Porto Alegre, 2016, 376p.

SOUSA, L. B. de. et al. **Evolução da disponibilidade de nutrientes na fase de maturação da compostagem utilizando proporções de diferentes resíduos inoculados com *Beijerinckia indica***. Acta Scientiarum Agronomy, p.1-7, v.40, 2018.

SOUZA, E. L. de. et al. **Efeito da inoculação com isolados de fungos ectomicorrízicos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. Revista Ciência Florestal, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 251-261, 2012.

STOFFEL, S. C. G. et al. **Yield increase of corn inoculated with a commercial arbuscular mycorrhizal inoculant in Brazil**. Revista Ciência Rural, v. 50, n. 7, 2020.

SUCU, E.; ÇIFCI, E. A. **Efeitos de linhas e inoculantes no valor nutritivo e custos de produção de silagens de triticale**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.45, p.355-364, 2016. Disponível em: <Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902016000700001> >. Acesso: 20 de março de 2020. doi: 10.1590/S1806-92902016000700001.

TACHIBANA, L. et al. **Substituição do milho pelo triticale na alimentação de tilápias-domílo**. Revista Brasileira Zootecnia. vol. 39. 2010.

TEDESCO, M. J et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. Ed. Porto Alegre: Departamento de solos da UFRGS. 1995.

VALADARES, R. B. S.; MESCOLOTTI, D. L. C.; CARDOSO, E. J. B. N. **Micorrizas**. In: CARDOSO, E. J.B. N.; ANDREOTE, F. D. Microbiologia do solo. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.

VITORAZI FILHO, J. A. et al. **Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate fertilization on star fruit tree seedlings**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 12, n. 1, 2017.

ZANGARO, W. et al. **Interações entre fungos micorrízicos arbusculares e gramíneas exóticas afetam diferencialmente o estabelecimento de plântulas de espécies lenhosas de sucessão precoce e tardia**. Ecologia do Solo Aplicada, v.124, p.394-406, 2018.

ZHAO, R. et al. **Arbuscular mycorrhizal fungi affect the growth, nutrient uptake and water status of maize (*Zea mays* L.) grown in two types of coal mine spoils under drought stress**. Applied Soil Ecology, v. 88, p. 41-49, 2015.

ZHU, F. **Triticale: Composição nutricional e usos alimentares**. Food Chemistry, v.241, p. 468-479, 2018. Disponível em: <Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.009> >. Acessado: 20 de março de 2020. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.09.009.

4 CAPÍTULO 2: DEPENDÊNCIA MICORRÍZICA E EFICIÊNCIA RELATIVA DE MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL EM TRITICALE

4.1 RESUMO

A utilização de micorriza arbuscular pode ampliar o efeito nutricional de fertilizantes organominerais repercutindo nos parâmetros morfológicos e fisiológicos da planta. Visando obter maior eficácia no uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), necessita-se estudar a melhor combinação entre espécies destes fungos com plantas de interesse, devido a variável eficácia e dependência micorrízica de cada espécie dos fungos e planta hospedeira. O objetivo deste trabalho foi estudar a eficiência de fertilizante organomineral micorrizado e a dependência micorrízica de triticale. O delineamento foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial (5 x 2) + 2, sendo cinco métodos de inoculação do fertilizante organomineral (na granulação seca ao ar ambiente (GSA); granulação com secagem a 60°C (GS60°C); granulação com secagem a 105°C (GS105°C); após a granulação com recobrimento dos grânulos com óleo mineral (AGROM) e convencional (CONV) com 30 esporos no momento da semeadura), dois inóculos micorrízicos (*Rhizoglyphus clarum* e *Gigaspora margarita*), com dois tratamentos controle (fertilizante mineral – NPK e organomineral sem inoculação - TEST), com 6 repetições. No estágio de pleno florescimento, foi estimado o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). Ao final do ciclo da cultura, a partir da determinação da altura de planta (AP), área superficial específica e volume radicular (VR), peso de mil grãos; N, P e K na massa seca da parte aérea, radicular e total da planta, teor de proteína bruta da parte aérea, grão e total, calculou-se o índice de eficiência relativa dos tratamentos, dependência e colonização micorrízica, correlação de Pearson entre as variáveis e análise de agrupamento. O inóculo *Rhizoglyphus clarum* proporcionou ao *Triticum turgisecale* maiores valores de NDVI e de dependência micorrízica em relação a *Gigaspora margarita*. A eficiência relativa para proteína bruta foi maior com o uso dos organominerais inoculados com *Rhizoglyphus clarum* pelos métodos GS60, GS105 e AGROM, e para *Gigaspora margarita* com inoculação na GSA, GS105 e CONV, apresentando eficiência relativa superior em relação ao uso do fertilizante mineral e organomineral, os métodos de inoculação no organomineral, GS60 e GS105 se apresentaram como os melhores métodos para inoculação de *Rhizoglyphus clarum*, e GSA para *Gigaspora margarita*.

Palavras-chave: FMAs. Inoculação. Organomineral. Eficiência relativa. Dependência micorrízica.

4.2 ABSTRACT

The use of arbuscular mycorrhiza can increase the nutritional effect of organomineral fertilizers, affecting the morphological and physiological parameters of the plant. In order to obtain greater efficiency in the use of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), it is necessary to study the best combination between species of these fungi and plants of interest, due to the variable efficacy and mycorrhizal dependence of each fungal species and host plant. The objective of this work

was to study the efficiency of mycorrhizal organomineral fertilizer and the mycorrhizal dependence of triticale. The design was completely randomized in a factorial arrangement (5 x 2) + 2, with five methods of inoculation of the organomineral fertilizer (in room air-dried granulation (GSA); granulation with drying at 60°C (GS60°C); granulation with drying at 105°C (GS105°C); after granulation with mineral oil (AGROM) and conventional (CONV) coating with 30 spores at the time of sowing), two mycorrhizal inoculum (*Rhizoglyphus clarum* and *Gigaspora margarita*), with two control treatments (mineral fertilizer - NPK and organomineral without inoculation - TEST), with 6 repetitions. At the full flowering stage, the normalized difference vegetation index (NDVI) was estimated. At the end of the crop cycle, from the determination of plant height (AP), specific surface area and root volume (VR), thousand-grain weight; N, P and K in shoot, root and total plant dry matter, shoot, grain and total crude protein content, the relative efficiency index of treatments, mycorrhizal dependence and colonization, Pearson's correlation between variables and cluster analysis. The inoculum *Rhizoglyphus clarum* provided *Triticum turgisecale* with higher values of NDVI and mycorrhizal dependence in relation to *Gigaspora margarita*. The relative efficiency for crude protein was higher with the use of organominerals inoculated with *Rhizoglyphus clarum* by the GS60, GS105 and AGROM methods, and for *Gigaspora margarita* inoculated with GSA, GS105 and CONV, showing superior relative efficiency in relation to the use of fertilizer. mineral and organomineral, the inoculation methods in the organomineral, GS60 and GS105 were presented as the best methods for inoculation of *Rhizoglyphus clarum*, and GSA for *Gigaspora margarita*.

Keywords: FMAs. Inoculation. Organomineral. Relative efficiency. Mycorrhizal dependence.

4.3 INTRODUÇÃO

O triticale é uma cultura que sob utilização de fertilizantes orgânicos e organominerais responde positivamente no rendimento e teor de proteína nos grãos com resultados compatíveis ao uso de fertilizantes minerais (LALEVIĆ et al., 2019; CORRÊA et al., 2019; HOSPODARENKO & LIUBYCH, 2021). Desse modo, a utilização de fertilizantes de fontes orgânicas proporciona o desenvolvimento de plantas e ainda, aumenta a qualidade dos solos, seus atributos químicos e físicos (BANDEIRA, et al. 2019; FREITAS, et al. 2018).

A utilização de micorriza arbuscular pode ampliar o efeito nutricional de fertilizantes organominerais repercutindo nos parâmetros morfológicos e fisiológicos da planta. Desse modo, tem-se observado em alguns trabalhos que a inoculação de plantas agrícolas com fungos micorrízicos tem aumentando o potencial de absorção e assimilação de macronutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, mesmo em tratamentos com aplicação de doses inferiores destes elementos, quando comparados a adubação controle, sendo verificado também que a inoculação proporciona maior produção de massa seca, rendimento de grãos e proteína bruta nas plantas (STOFFEL et al., 2020; LLERENA et al., 2016)..

Embora haja várias possibilidades de inoculação de fungos micorrízicos, por meio de esporos, hifas, substratos e produtos comerciais para inoculação na semente (ARAÚJO et al.,

2020; FREIRE et al., 2020, STOFFEL et al., 2020; LLERENA et al., 2016), procura-se ainda a obtenção de fertilizante biologicamente ativo sem a necessidade de práticas adicionais de inoculação (STOFFEL et al., 2020). Nesse sentido, durante o processo da granulação do composto orgânico tem-se a possibilidade de realizar a adição de microrganismos benéficos para as plantas. Contudo, muitos fatores podem afetar a viabilidade dos esporos micorrízicos, como temperatura, umidade, luz, presença de contaminantes, pH, entre outros (COSTA et al., 2013). No processo da granulação até a secagem para a obtenção do produto final, as temperaturas as quais o fertilizante fica exposto podem variar entre 40° a 104°C (SÁ et al., 2017; COTTA et al., 2023), além de variações de umidade, presença de luz e pH, que podem resultar na ineficiência destes microrganismos em promover o crescimento das plantas. Além disso, não há informações na literatura sobre o comparativo de eficiência entre diferentes métodos de inoculação utilizados durante a fabricação de fertilizantes organominerais.

Entretanto, para obter maior eficácia na escolha dos FMAs na promoção da simbiose com as plantas de interesse, é necessária a realização de estudos buscando a melhor combinação entre as espécies de FMA e plantas de interesse, pois há diferentes níveis de resposta entre os fungos micorrízicos e a espécie de planta hospedeira possui dependência micorrízica variável (CARVALHO et al., 2022; FREIRE et al., 2020). Nesse sentido, alguns índices propostos podem expressar a eficácia dos FMA e de fertilizantes alternativos, como índice de dependência micorrízica, que exprime em valores percentis o quanto a inoculação micorrízica estimula o crescimento, absorção e assimilação de nutrientes e produção de proteína bruta na planta, e o índice de eficiência relativa que sinaliza o quanto um tratamento apresenta de superioridade ou não em relação a um tratamento controle, podendo este ser realizado também em relação a micorrização, tais conhecimentos se fazem necessários, pois tal informação possibilita a estimativa de resposta da planta hospedeira à colonização com FMA e quais são as espécies que trarão melhores resultados à simbiose (SCHIAVO et al., 2010).

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) é uma ferramenta baseada em espectro do dossel (BARBOSA et al., 2020), obtido através do uso de sensores ópticos proximais (POVH et al., 2008), apresentando utilidade para previsão de proteína e rendimento das culturas, além de apresentar sensibilidade a mudanças no cultivo e manejo (REZNICK et al., 2021; DAMIAN et al., 2018), variações na biomassa, matéria seca e N acumulado na parte aérea (DAMIAN et al., 2018; VIAN et al., 2018). A maior disponibilidade de nitrogênio proporciona maior rendimento, e o maior acúmulo de biomassa e os maiores rendimentos estão relacionados aos valores elevados de NDVI (BREDEMEIER et al., 2013).

Apesar da existência de vários trabalhos com a utilização destes fungos, ainda é visível a escassez de trabalhos visando a resposta dos diferentes métodos de inoculação de fungos micorrízicos, principalmente em organominerais granulados. Neste sentido, é persistente a indagação sobre a eficiência do uso de fungos micorrízicos inoculados durante a produção e secagem destes fertilizantes, de sua capacidade de colonização e esporulação posterior à aplicação, em especial sob a cultura do triticales, e as correlações entre seus aspectos morfológicos, fisiológicos com a colonização micorrízica e índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). Deste modo, objetivou-se neste trabalho estudar a eficiência de fertilizantes organomineral micorrizado e a dependência micorrízica em parâmetros morfológicos e fisiológicos de triticales.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre os meses de julho a outubro de 2021, em casa de vegetação da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen, RS, localizado a 27°23'26" latitude sul, 53°25'43" longitude oeste e a 461,30 m de altitude.

O solo utilizado no experimento foi um Latossolo Vermelho (SANTOS, 2018), coletado em área de produção agrícola na camada de 0-20 cm, com textura de 79% de argila, ao qual foi misturado areia média na proporção de 35% (v/v), obteve-se assim, solo com textura final de 46% de argila, para facilitar a limpeza das raízes. Determinou-se a textura do solo e análise química conforme metodologia da EMBRAPA (2017), cujo valores podem ser observados na Tabela 1. O solo foi esterilizado em autoclave, em três ciclos a 121°C. Posteriormente, foi adicionado calcário dolomítico (PRNT 100%) para elevar o pH em água à 6,0 conforme recomendação para cultura do triticales (SBCS, 2016) e mantido em casa de vegetação sob sistema automático de nebulização com lâmina de 7 mm, por 45 dias, a fim de possibilitar a estabilização das propriedade físico-químicas do solo.

Tabela 1 - Análise física química do solo utilizado.

-----Atributo-----							
Argila*	pH _{água}	MO	P	K	Ca	Mg	Al+H
%	1:1	%	--mg dm ⁻³ --		---Cmol _c dm ⁻³ ---		
46	5,3	1,0	4,6	27,5	1,7	1,0	4,9

* Teor de argila determinado pelo método da pipeta, Embrapa (2017).

Fonte: Autor (2022).

A semeadura foi realizada com 15 sementes da cultivar BRS Saturno por vaso, as quais foram previamente desinfetadas com hipoclorito de sódio a 2% por 15 min e depois lavadas em água corrente. O desbaste das plantas ocorreu 10 dias após a semeadura, deixando-se onze plantas por vaso. Os vasos utilizados no experimento apresentavam capacidade para 5 litros, os quais foram preenchidos com 5 kg de solo. A irrigação das plantas foi realizada por meio de nebulização com lâmina de 7 mm.

O delineamento foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial $(5 \times 2) + 2$, sendo cinco métodos de inoculação do fertilizante organomineral (na granulação seca ao ar ambiente (GSA); granulação com secagem a 60°C (GS60°C); granulação com secagem a 105°C (GS105°C); após a granulação com recobrimento dos grânulos com óleo mineral (AGROM) e convencional (CONV) com 30 esporos no momento da semeadura), dois inóculos micorrízicos (*Rhizoglyphus clarum* e *Gigaspora margarita*), com dois tratamentos controle (fertilizante mineral – NPK e organomineral sem inoculação - TEST), com 6 repetições. A temperatura de secagem a 60°C corresponde ao processo padrão de secagem de fertilizantes, porém, se tratando de equipamentos industriais e produções em larga escala, há a possibilidade de menor controle desta temperatura, chegando a valores superiores, assim, justifica-se a escolha da temperatura de 105°C para simular como um processo sem o controle desta temperatura pode ocasionar nos fungos inoculados.

O fertilizante mineral foi composto por ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. O fertilizante orgânico foi proveniente do Sistema de Tratamento de Águas Residuárias de Suinocultura (Sistars), instalado no setor de suinocultura da UFSM, campus de Frederico Westphalen, RS (sistema submetido ao registro de patente). A fração sólida separada por decantação e após desaguamento, juntamente com a fração sólida separada por peneiramento, foram compostados por 45 dias. Após esse período, a fração compostada foi peneirada e submetida à granulação (processo submetido ao registro de patente). O fertilizante organomineral foi composto pela mistura de grânulos dos fertilizantes minerais com o fertilizante orgânico. Antes das inoculações, amostras em triplicata de 50 g do fertilizante organomineral foram submetidas a extração de esporos de fungos micorrízicos confirmando a inexistência destes fungos. Posteriormente a inoculação, os grânulos foram submetidos a agitação magnética para permitir a realização da confirmação da densidade de esporos inoculados por grama do fertilizante organomineral, sendo confirmada a quantidade de 30 esporos na quantidade utilizada de organomineral por vaso.

A formulação do fertilizante orgânico foi adequada para a necessidade da cultura do triticale (SBCS, 2016), sendo utilizado para o seu balanceamento, adubos minerais simples

(cloreto de potássio – KCl), enquanto o fósforo permaneceu com a quantidade fornecida pelo fertilizante orgânico, visando não elevar seu teor no solo ao nível ótimo para planta, pois resultaria em redução do efeito da simbiose micorrízica (LIMA, 2020). A formulação dos fertilizantes e seus componentes podem ser visualizados no Quadro 1. Os tratamentos com Fertilizante Mineral (FM) receberam a quantidade total equivalente a 500 kg ha⁻¹ e os com a utilização do Fertilizante Organomineral receberam 1400 kg ha⁻¹, segundo as recomendações do manual da SBCS (2016) para a cultura do triticale. A adubação de cobertura com a quantidade restante de N recomendada foi realizada entre os estádios de alongamento e perfilhamento do triticale através da aplicação de ureia (SBCS, 2016).

Tabela 2 - Relação dos fertilizantes utilizados nos tratamentos com adubação.

Fertilizante	Formulação			Componentes
	N	P	K	
Mineral	4	19	22	Ureia + Super Fosfato Triplo + Cloreto de Potássio
Organomineral	2	6	9	Fração Sólida de Dejetos + Cloreto de Potássio

Fonte: Autor (2022).

Ao final do ciclo da cultura foram realizadas as avaliações de altura de planta (AP), medida entre o colo até a folha bandeira, com auxílio de régua milimétrica; volume radicular (VR), determinado pelo método de deslocamento de água na proveta, adaptado da metodologia utilizada em solos pela Embrapa (2017); área superficial específica; peso de mil grãos; análises químicas dos tecidos da planta, teor de proteína bruta da parte aérea, do grão e total, eficiência relativa dos tratamentos, dependência e colonização micorrízica.

As plantas foram seccionadas na região do colo e separadas em raiz, parte aérea e grão. As raízes foram separadas do solo por meio de lavagem com água corrente usando peneiras com malha de 0,5 mm. Após a lavagem, foram fotografadas e com as imagens radiculares foi determinada a área superficial específica (ASE). A raiz, parte aérea e grãos foram moídos em moinho tipo Willey com peneira de malha 10 mesh para a determinação dos teores de N, P e K através da digestão sulfúrica conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995) e leitura em destilação por arraste de vapor, os valores obtidos foram utilizados para obtenção de proteína bruta da parte aérea e dos grãos das plantas de triticale. Os resultados destes parâmetros morfológicos e fisiológicos foram utilizados para os cálculos de dependência micorrízica (DM)

índice de eficiência relativa (IER). A dependência micorrízica (MD) de *T. turgesicale* para cada variável foi determinada de acordo com a Equação 1:

$$MD (\%) = \frac{MP-CP}{MP} \times 100 \quad (1)$$

onde: MD representa a dependência micorrízica, em percentagem; MP representa o valor da planta micorrízica; CP representa o valor da planta controle (organomineral sem inoculação).

A classificação da dependência micorrízica foi descrita por Machineski, Balota e Souza (2011), em que plantas com valores > 75% foram classificadas como excessivamente dependentes; 50 a 75% como alta dependência; 25 a 50% como dependência moderada e <25% como pouca dependência ou não responde à inoculação microbiana.

O cálculo do índice de eficiência relativa (IER) foi utilizado para comparar a eficiência do fertilizante com diferentes métodos de inoculação dos inóculos nas variáveis estudadas, sendo calculado de acordo com a Equação 2, usando-se como controle o fertilizante mineral (fórmula NPK 4-19-22):

$$IER = \frac{\text{Fertilizante (X)} - \text{Fertilizante (4 -19-22)}}{\text{Fertilizante (4 -19-22)}} \times 100 \quad (2)$$

O índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) foi medido no pleno florescimento do triticale, através do sensor portátil (GreenSeeker™), sensor ativo que gera automaticamente valores de NDVI a partir das respostas espectrais da banda vermelha (650 nm) e do infravermelho próximo (770 nm). O dispositivo foi posicionado 0,5 m acima da copa das plantas da UE, e o valor de NDVI obtido pelo sensor é dado pela Equação 3:

$$NDVI = \frac{pnir-pr}{pnir+pr} \quad (3)$$

onde: pnir e pr são a refletância no infravermelho próximo e no vermelho.

A proteína bruta total foi determinada através da soma da proteína bruta da parte aérea e do grão, estas que foram obtidas através da metodologia de Galvani & e Gaertner (2006), através da multiplicação da quantidade de nitrogênio do tecido em percentagem pelo o fator de transformação do nitrogênio em proteína, o qual, segundo os autores, é utilizado pelo fato de que, convencionalmente, amostras de alimentos para animais, como plantas forrageiras, por exemplo, a proteína bruta (PB) é expressa pelo fator 6,25, considerando que a maioria das proteínas contém nas suas moléculas aproximadamente 16% de nitrogênio, resultando na Equação 4:

$$PB = NT \times F_N \quad (4)$$

onde: PB representa o teor de Proteína Bruta em percentagem; NT representa o teor de nitrogênio da amostra em percentagem; F_N representa o fator 6,25.

A Colonização micorrízica nas raízes foi avaliada por meio da técnica de clarificação e coloração de raízes com Azul de Trypan 0,05%, para visualização em microscópio e lupa de estruturas intercelulares de micorrizas (BRUNDRETT et al., 2008). A porcentagem de colonização micorrízica foi estimada em 5 repetições por planta pelo método da placa quadriculada (GIOVANNETTI & MOSSE, 1980).

As análises estatísticas foram realizadas por análise de variância e quando houve interação significativa desdobrou-se o fator de variação inóculo dentro do fator fertilizantes e quando não significativa, desdobrou-se os efeitos simples de cada fator de variação, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de significância. Os diferentes tratamentos também foram comparados aos tratamentos adicionais organomineral sem inoculação e mineral pelo teste de Dunnet a 5% de significância. As análises foram realizadas com auxílio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020), sendo também realizadas correlação de Pearson, calculada através do software R, avaliando a correlação das variáveis NDVI e colonização micorrízica com Altura, MSPA, MSR e MST, proteína bruta na parte aérea, no grão e total e NPK na parte aérea e no grão das plantas de triticales, e análise de clusters, através da formação de dendrograma de análise multivariada do agrupamento hierárquico, por meio da distância euclidiana padronizada e ligação média entre grupo (UPGMA) e corte realizado pelo método visual (subjetivo) à distância 1,90 para as variáveis massa seca da parte aérea, proteína bruta no grão, parte aérea e total das plantas.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) apresentou resposta variável de acordo com o inóculo utilizado, sendo que o fertilizante organomineral inoculado com *Rhizoglosum clarum* possibilitou valor 0,69 % superior que o mineral e 5,4 % superior ao organomineral não inoculado, diferindo também de *Gigaspora margarita*, apresentando valor de NDVI 6,8 % superior (Tabela 3). Como o NDVI está intimamente ligado a concentração de N na parte aérea, tal efeito benéfico dos fungos em relação aos valores para esta variável, devem-se ao fato de que a micorrização melhora aproveitamento de N, em decorrência da maior área de contato solo-planta (LOCATELLI, et al., 2002; DAMIAN et al., 2018; VIAN et al., 2018). O sensor NDVI pode ser sensível a mudanças no cultivo e manejo, mas apresenta bom desempenho na previsão de proteína e permanece eficiente em estimar o rendimento das culturas, onde, valores mais elevados de NDVI estão relacionados a maiores rendimentos de colheita (REZNICK et al., 2021).

Tabela 3 - Índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) de triticales cultivado com fertilizante organomineral e controle sem inoculação (TEST e NPK) de *Rhizoglyphus clarum* e *Gigaspora margarita*.

Inóculo	NDVI ¹
<i>R. clarum</i>	0,582 a
<i>G. margarita</i>	0,545 b
TEST	0,552
NPK	0,578
CV %	10,57

¹médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$) de probabilidade de erro. Médias seguidas de + e * diferem dos tratamentos controle TEST e NPK, respectivamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$) de probabilidade de erro.

Fonte: Autor (2022).

O teor de proteína bruta total das plantas de triticales foi menor nos tratamentos com a inoculação do organomineral em GSA inoculado com *Rhizoglyphus clarum*, e em GS60 e AGROM com *Gigaspora margarita*, sendo que este último não diferiu quanto a inoculação de *Rhizoglyphus clarum* no mesmo método (Tabela 4). Mesma resposta encontrada em outros trabalhos, que observaram que o tratamento com organomineral proporcionou teor de proteína bruta equivalente ao tratamento mineral, e aumento de 7-12% em relação ao fertilizante orgânico (HOSPODARENKO & LIUBYCH, 2021), e que a inoculação de fungos micorrízicos conjuntamente com biofertilizante em dosagem reduzida de fertilização mineral proporcionou às plantas uma qualidade de forragem de triticales igual a obtida com a dose máxima do tratamento mineral (LLERENA et al., 2016).

Tabela 4 - Proteína bruta total (%) de *Triticum turgisecale* cultivado com fertilizante organomineral submetido a cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) de *Rhizoglyphus clarum* e *Gigaspora margarita*.

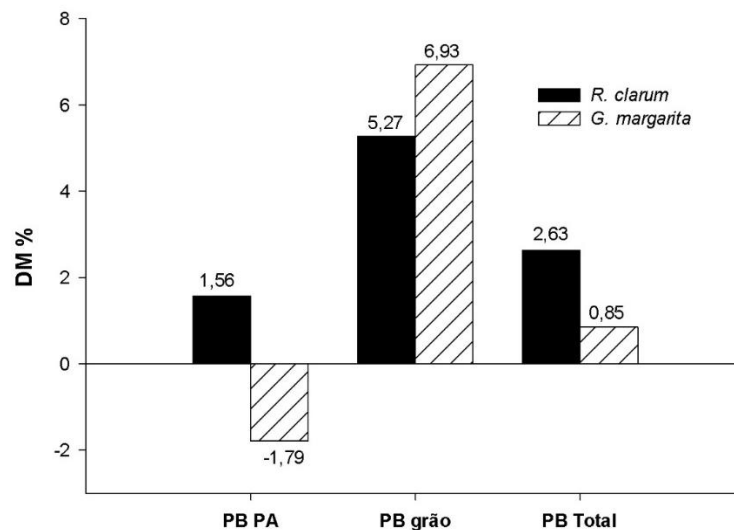
Método	PB Total (%) ¹			
	<i>R. clarum</i>		<i>G. margarita</i>	
GSA	22.42	Bb	25.24	Aa
GS60	25.69	Aa	22.69	Bb
GS105	25.76	Aa	25.24	Aa
AGROM	24.84	Aa	23.07	Ba
CONV	24.29	Aa	25.17	Aa
TEST			23.88	
NPK			24.72	
CV %			5.7	

¹médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$) de probabilidade de erro. Médias seguidas de + e * diferem dos tratamentos controle TEST e NPK, respectivamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$) de probabilidade de erro.

Fonte: Autor (2022).

Observando-se a figura 1, verifica-se dependência positiva da proteína bruta da parte aérea de triticales para *Rhizogloium clarum* de 1,56% e negativa de -1,79% para *Gigaspora margarita*, possuindo assim, pouca dependência ou não responsividade da proteína da parte aérea de triticales para a inoculação de ambos os inóculos testados, porém *Rhizogloium clarum* ainda apresenta efeito benéfico ao teor de proteína, fato este que é desejado visando a produção de triticales para a alimentação animal, na forma de pastejo ou silagem (Figura 1).

Figura 1 - Dependência micorrízica de *Triticum turgisecale* cultivado com fertilizante organomineral inoculado com *Rhizogloium clarum* e *Gigaspora margarita* para proteína bruta da parte aérea, grão e total.



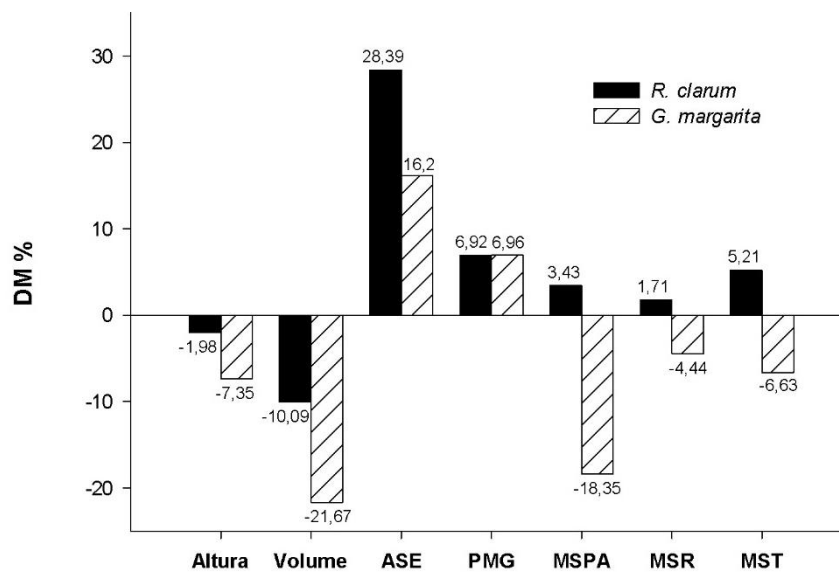
Fonte: Autor (2022).

Em relação a proteína bruta no grão e total, observa-se que o *Triticum turgisecale* apresentou dependências positivas para ambos os inóculos, com as maiores dependências sendo encontradas para proteína bruta no grão, com 6,93% para *Gigaspora margarita* e 5,27% para *Rhizogloium clarum*, a proteína bruta total nas plantas de triticales apresentou dependência de 2,63% para *Rhizogloium clarum* e 0,85% para *Gigaspora margarita* (Figura 1). O triticales não foi responsivo ou apresentou pouca dependência à inoculação micorrízica com as espécies fúngicas testadas (MACHINESKI; BALOTA; SOUZA, 2011). Vale-se ressaltar que mesmo a planta não apresentando nível de dependência elevado, o inóculo proporcionou à planta maiores teores de proteína em sua composição, aumentando com isso o valor nutricional tanto dos grãos como da planta em si para a alimentação.

A altura de plantas e o volume radicular de *Triticum turgisecale*, apresentaram dependência micorrízica negativa (Figura 2). Mudanças de canafístula (*Peltophorum dubium*)

inoculadas com diferentes inóculos micorrízicos apresentaram efeito negativo em seu crescimento com a inoculação de *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* em relação à não inoculação, efeito contrário ao observado com a inoculação de *Gigaspora albida* e *Clareoideoglomus etunicatum*, que proporcionaram crescimento superior ao controle (BASSAN et al., 2020). Estes resultados encontrados neste trabalho juntamente com o encontrado pelos diferentes FMAs utilizados em canafístula, demonstram que dependendo do fungo a ser inoculado, haverá uma resposta diferente para os atributos da planta. No presente estudo, os principais atributos a serem observados não estão ligados a altura de planta e volume radicular, pois diretamente estes não afetam a qualidade nutricional nem produtividade da planta.

Figura 2 - Dependência micorrízica de *Triticum turgisecale* cultivado com organomineral inoculado com *Rhizoglomus clarum* e *Gigaspora margarita* para altura da planta, volume radicular, área superficial específica (ASE), peso de mil grãos (PMG) e massa seca da parte aérea (MSPA), radicular (MSR) e total (MST).



Fonte: Autor (2022).

Observa-se que a área superficial específica de *Triticum turgisecale* apresentou dependência micorrízica positiva para ambos os inóculos, sendo 28,39% de dependência para *Rhizoglomus clarum* e 16,2% para *Gigaspora margarita* (Figura 2). A ASE do triticales apresenta dependência moderada para *Rhizoglomus clarum* e pouca dependência ou não responsiva (abaixo de 25%) para *Gigaspora margarita* (MACHINESKI; BALOTA; SOUZA, 2011). A ampliação da ASE nas plantas é de extrema importância, pois está diretamente relacionada com a maior capacidade da planta em absorver água e nutrientes do solo através do processo de difusão (COSTA et al., 2019), que é um processo extremamente lento e responsável pela

movimentação de macro e micronutrientes, em especial, o fósforo (VALADARES; MESCOLOTTI; CARDOSO, 2016).

O triticale apresentou dependência micorrízica sobre o peso de mil grãos de 6,92% para *Rhizoglo mus clarum* e 6,96% para *Gigaspora margarita*. Este valor é considerado de pouca dependência ou dependência não responsiva às micorrizas, pois apresentam valores abaixo de 25% (MACHINESKI; BALOTA; SOUZA, 2011). Contudo, mesmo apresentando valores baixos para a classificação de dependência, ambos os inóculos proporcionaram aumento no peso destes grãos, que repercutirá no rendimento de grãos e produtividade do cultivo, que somado a elevação no teor proteico traz benefícios almejados, especialmente para finalidade alimentar.

A massa seca da parte aérea, radicular e total do triticale apresentaram dependência micorrízica positiva para *Rhizoglo mus clarum*, com 3,43%, 1,71% e 5,21%, respectivamente, e dependência micorrízica negativa quando inoculado com *Gigaspora margarita* (Figura 2). Para *Rhizoglo mus clarum*, os valores encontrados de dependência micorrízica de triticale para a massa seca da parte aérea, radicular e total evidenciaram pouca dependência, apresentando valor abaixo de 25% (MACHINESKI; BALOTA; SOUZA, 2011). Analisando a dependência micorrízica de triticale para a sua produção em biomassa, observa-se que nas três variáveis avaliadas a inoculação de *Rhizoglo mus clarum* mesmo que apresentando pouca dependência, proporcionou à planta cultivada com organomineral inoculado maior de crescimento que àquela com organomineral sem inoculação.

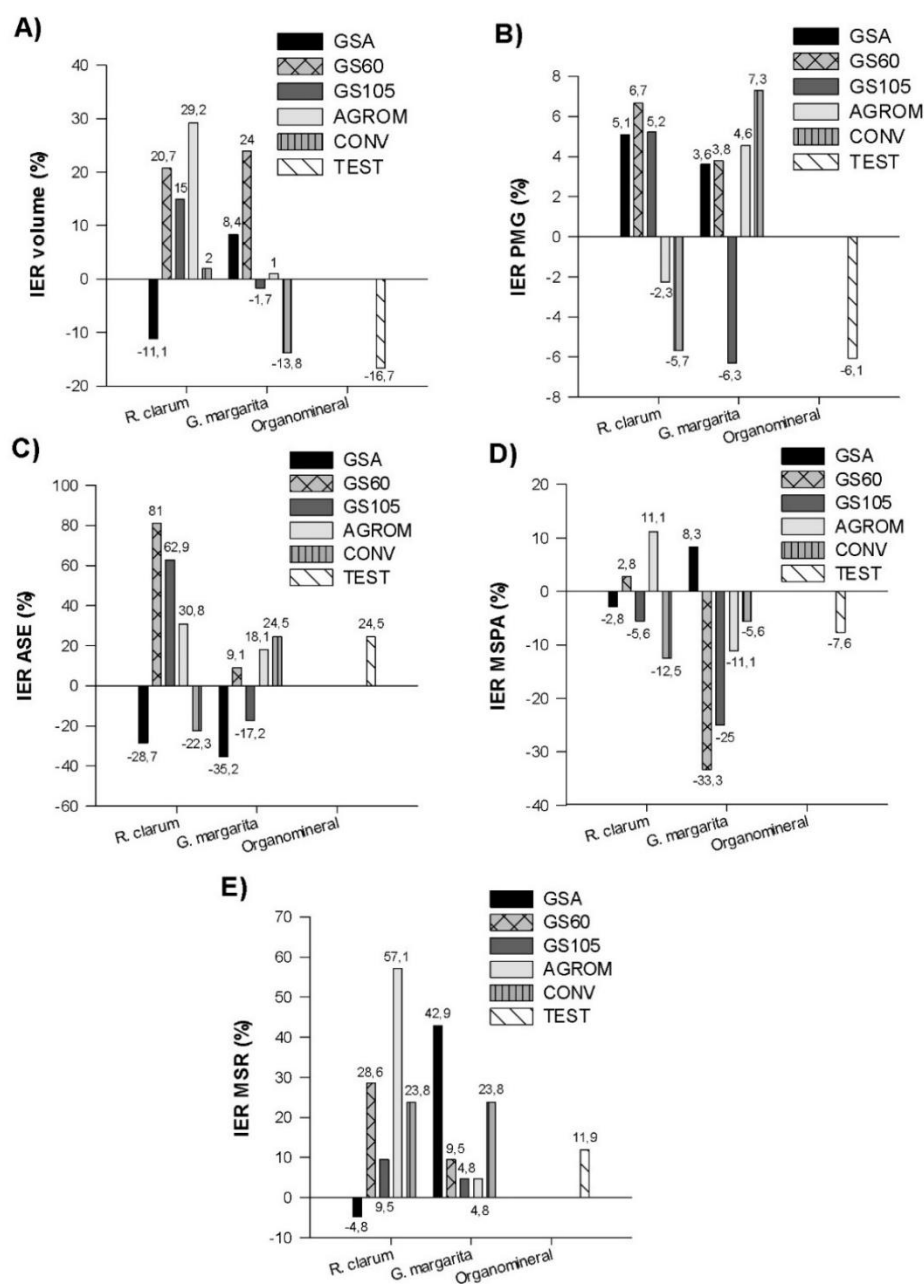
Para volume radicular, verifica-se níveis de eficiência próximos entre os tratamentos, com as maiores eficiências encontradas para AGROM (29,2%) e GS60 (20,7%) com *Rhizoglo mus clarum* e GS60 (24%) para *Gigaspora margarita*, apenas os tratamentos com método de inoculação GSA com *Rhizoglo mus clarum* e GS105 e CONV para *Gigaspora margarita*, apresentaram eficiências, porém, ainda assim, com eficiência superior ao organomineral sem inoculação (-16,7%) (Figura 3A).

Em relação ao peso de mil grãos (PMG) observa-se efeito benéfico com a inoculação dos fungos micorrízicos em relação ao organomineral não inoculado (-6,1%), com exceção dos métodos AGROM e CONV para *Rhizoglo mus clarum* e GS105 para *Gigaspora margarita*, que apresentaram eficiências negativas, com destaque para o método de inoculação CONV com *Gigaspora margarita* (7,3%) e GS60 para *Rhizoglo mus clarum* (6,7%) (Figura 3B).

Para a área superficial específica das raízes de triticale observa-se que a inoculação com o *Rhizoglo mus clarum* na GS105 e GS60 resultaram em índice de eficiência relativa, respectivamente, 62,88% e 80,95% maiores que o fertilizante mineral, e juntamente com o

AGROM foram superiores ao organomineral não inoculado em 365, 442 e 230%, respectivamente e ainda, foram 788% e 590% superiores a *Gigaspora margarita* sob estes métodos de inoculação (GS60 e GS105) (Figura 3C). Os métodos de inoculação de *Gigaspora margarita* no organomineral que apresentaram maior eficiência para ASE foram CONV, AGROM e GS60, diferindo dos demais métodos, sendo no método CONV 209,82% superior ao *Rhizoglopus clarum*.

Figura 3 - Índice de eficiência relativa do fertilizante organomineral inoculado e não inoculado com *Rhizoglopus clarum* e *Gigaspora margarita* para volume radicular, peso de mil grãos, área superficial específica, massa seca da parte aérea e radicular de *Triticum turgisecale*.



Fonte: Autor (2022).

O fertilizante organomineral inoculado com *Rhizogloium clarum* pelo método GS60 e AGROM e com *Gigaspora margarita* pelo método GSA apresentaram valores de eficiência para massa seca da parte aérea superiores ao fertilizante mineral e ao organomineral TEST, sem inoculação (Figura 3D). Em relação aos métodos de inoculação com *Gigaspora margarita*, GSA, CONV e AGROM apresentaram maior eficiência relativa para massa seca da parte aérea que os demais métodos. Entre os inóculos testados, *Rhizogloium clarum* apresentou eficiência para massa seca da parte aérea 108,31% e 200% superior a *Gigaspora margarita* quando inoculados em GS60 e AGROM, respectivamente.

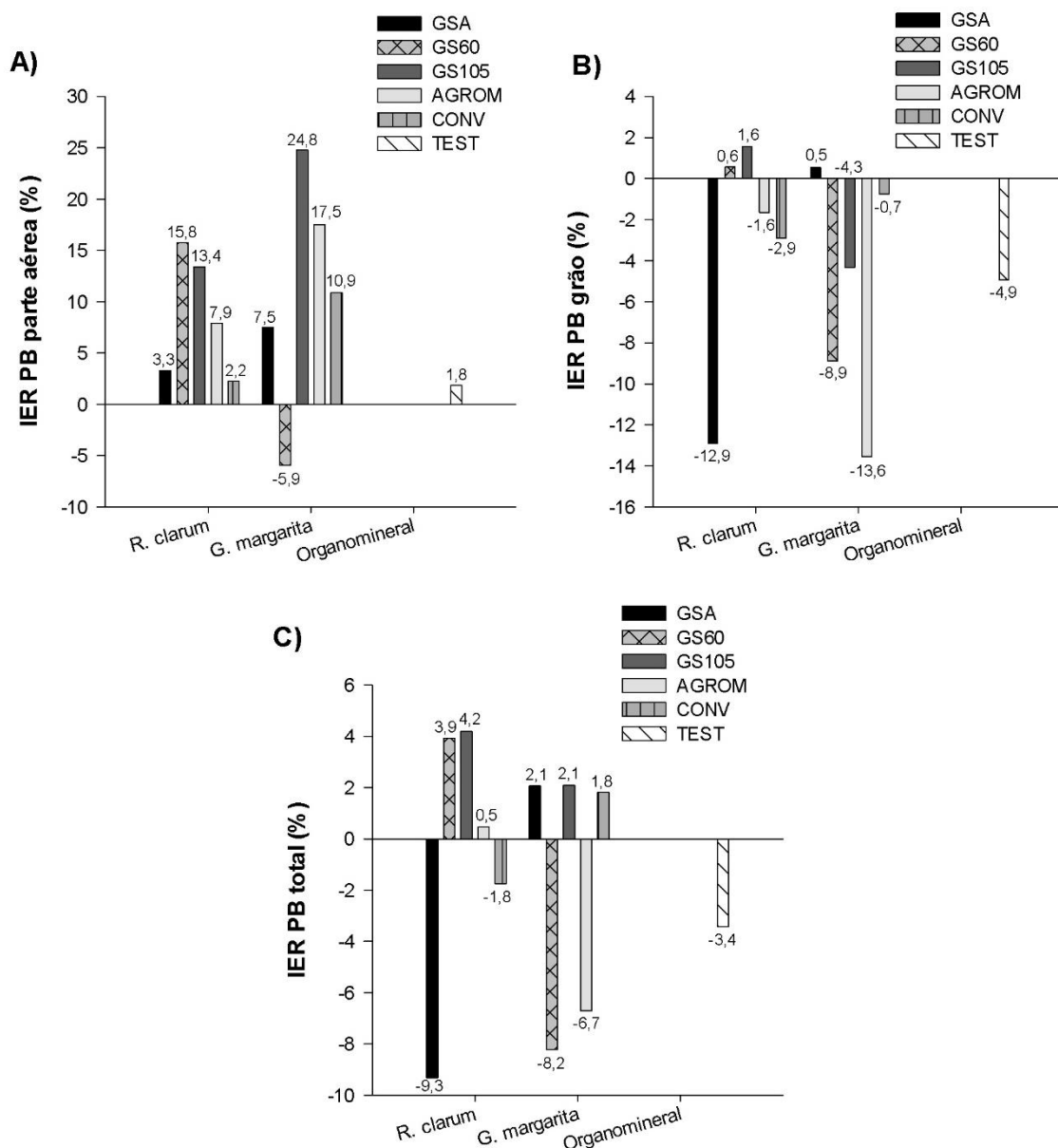
Ainda, é possível verificar que a inoculação de *Rhizogloium clarum* pelo método AGROM proporcionou eficiência relativa do fertilizante 57,15% superior a eficiência obtida pelo fertilizante mineral para massa seca radicular de triticales (Figura 3E). Este mesmo tratamento foi superior aos demais métodos de inoculação de *Rhizogloium clarum*, resposta essa encontrada com o método GSA, quando observado os métodos de inoculação de *Gigaspora margarita*. A resposta positiva para o IER da MSR encontrada neste trabalho vai ao encontro da característica desta associação, na qual os fungos desenvolvem uma relação mutualística entre a raiz da planta hospedeira e micélio (BRUNDRETT, 2009), possibilitando assim, incrementos em comprimento, volume e massa seca de raiz, além de aumentar a absorção de água e nutrientes pela planta (MACHINESKI et al., 2009; ZHAO et al., 2015; AGUEGUE et al., 2017; SILVA et al., 2018).

O índice de eficiência relativa do fertilizante inoculado com *Gigaspora margarita* com GS105 possibilitou maior proteína bruta na parte aérea que a obtida com o uso do fertilizante organomineral e mineral (Figura 5A). Estes resultados indicam que a micorrização promoveu na maioria dos tratamentos testados o aproveitamento do nitrogênio que é a base para a formação de proteína no tecido vegetal (GALVANI & GAERTNER, 2006), e teve sua assimilação favorecida pela maior área de contato solo-planta (LOCATELLI et al., 2002) obtida da maior ASE e volume radicular proporcionado pelos fungos.

Observa-se que apenas os tratamentos inoculados com *Rhizogloium clarum* pelos métodos GS60 e GS105 e com *Gigaspora margarita* pelo método GSA apresentaram índice de eficiência relativa para proteína bruta no grão superiores ao fertilizante mineral, sendo também superiores a eficiência encontrada com a utilização do organomineral testemunha - sem inoculação -, para os demais tratamentos, observa-se eficiência inferior ao fertilizante mineral (Figura 5B). O uso associação micorrízica em cultivo de triticales proporciona à planta uma maior eficiência na produção de proteína (LLERENA, 2016), o que, neste trabalho, para o teor

de proteína bruta no grão, houve incrementos, porém, muito próximos em relação ao mineral em alguns tratamentos testados, sendo explicada provavelmente por um acúmulo maior de N e consequentemente de proteína na parte aérea, direcionando menos quantidade deste nutriente para o grão.

Figura 4 - Índice de eficiência relativa do fertilizante organomineral com cinco métodos de inoculação e sem inoculação de *Rhizoglosum clarum* e *Gigaspora margarita* para proteína bruta na parte aérea, proteína bruta no grão e proteína bruta total de *Triticum turgisecale*.



¹médias seguidas de mesma letra maiúscula e minúscula não diferem entre si quanto ao método de inoculação do inóculo e quanto ao inóculo micorrízico, respectivamente, pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$) de probabilidade de erro. Médias seguidas de + e * diferem dos tratamentos controle TEST e NPK, respectivamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$) de probabilidade de erro.

O índice de eficiência relativa para proteína bruta total do fertilizante organomineral inoculado com ambos os fungos micorrízicos foi superior ao fertilizante mineral e ao organomineral testemunha (sem inoculação), para *Rhizoglyphus clarum*, os métodos GS60, GS 105 e AGROM proporcionaram as maiores eficiências, 3,9%, 4,2% e 0,5%, respectivamente, enquanto para *Gigaspora margarita*, os métodos com maiores eficiências foram GSA, GS105 e CONV sendo próximo de 2% (Figura 5C). A capacidade dos fungos micorrízicos em aumentar a absorção e assimilação de N pela planta varia conforme a espécie (VERGARA et al., 2019), sendo observado também que entre 31 isolados testados, 6 apresentaram a capacidade de aumentar em 170% a biomassa de alfafa em relação à média e 2,4 o teor de N em relação ao tratamento controle. Estes resultados são de grande importância visando a produção de triticales para finalidade alimentar, tanto como pastagem ou silagem para animais como o cereal para alimentação humana, devido à capacidade destes fungos em proporcionar à planta aumento no teor de proteína.

Pode-se observar correlações positivas e negativas da análise de correlação de Pearson para NDVI e Colonização micorrízica para as variáveis (Figura 6). As correlações positivas mais significativas encontradas ($\sim 0,5$) ocorreram entre: NDVI e Altura; NDVI e MSPA (Tabela 5). Estas correlações confirmam a literatura, na qual o NDVI serve como indicador para o rendimento das espécies vegetais, principalmente biomassa, em decorrência a este índice ser um indicador da quantidade de N para parte aérea destas plantas (REZNICK et al., 2021; DAMIAN et al., 2018; VIAN et al., 2018; BREDEMEIER et al., 2013). Correlações intermediárias ($\sim 0,3$) foram encontradas para NDVI e MST; NDVI e ASE; Colonização e MSR; Colonização e PBPA; Colonização e Npa; Colonização e Ppa; Colonização e Kpa; Colonização e ASE. Tais relações com a colonização micorrízica sugerem que os FMAs participam do desenvolvimento das plantas de triticales, aumentando os teores de nitrogênio, fósforo, potássio e proteína bruta na parte aérea das plantas.

A associação micorrízica pode apresentar naturezas diferentes, podendo ser mutualística, neutralista ou parasitária, dependendo da espécie de FMA envolvida, como também da disponibilidade de fósforo no solo (SMITH et al., 2010). O estabelecimento da colonização micorrízica não deve ser utilizado como único parâmetro ou garantia de eficiência, pois certas espécies de FMAs podem ser altamente infectantes, mas ineficientes em fornecer nutrientes à planta, não favorecendo seu crescimento (CARVALHO et al., 2022). Tais fatos justificam a utilização da análise de correlação de Pearson entre variáveis e inóculos micorrízicos, visando compreender melhor o efeito que cada espécie FMA tem para determinada espécie vegetal, estes efeitos podem ser definidos geneticamente pela espécie

vegetal, sendo variáveis ou dependentes da interação micorrízica ou entre os genomas de fungos e plantas e condição do solo (OULEDALI et al., 2018). Deste modo, é necessário o conhecimento sobre a dependência e a eficiência micorrízica da planta hospedeira, definindo assim, em que medida a planta hospedeira responderá à colonização com FMA e quais são as espécies que trarão melhores resultados à simbiose (SCHIAVO et al., 2010).

Tabela 5 - Análise de correlação bivariada de Pearson entre variáveis resposta de *Triticum turgisecale* cultivado com fertilizante organomineral com cinco métodos de inoculação e sem inoculação (TEST e NPK) de *Rhizoglosum clarum* e *Gigaspora margarita*.

Correlação de Pearson							
	Altura	MSPA	MSR	MST	PBPA	PBgrão	PBtotal
NDVI	0,5	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
Colonização	-0,1	0,0	0,2	0,1	0,3	-0,1	0,0
	Npa	Ppa	Kpa	Ngrão	Pgrão	Kgrão	ASE
NDVI	0,0	0,1	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,2
Colonização	0,3	0,2	0,2	-0,1	-0,2	0,0	0,2

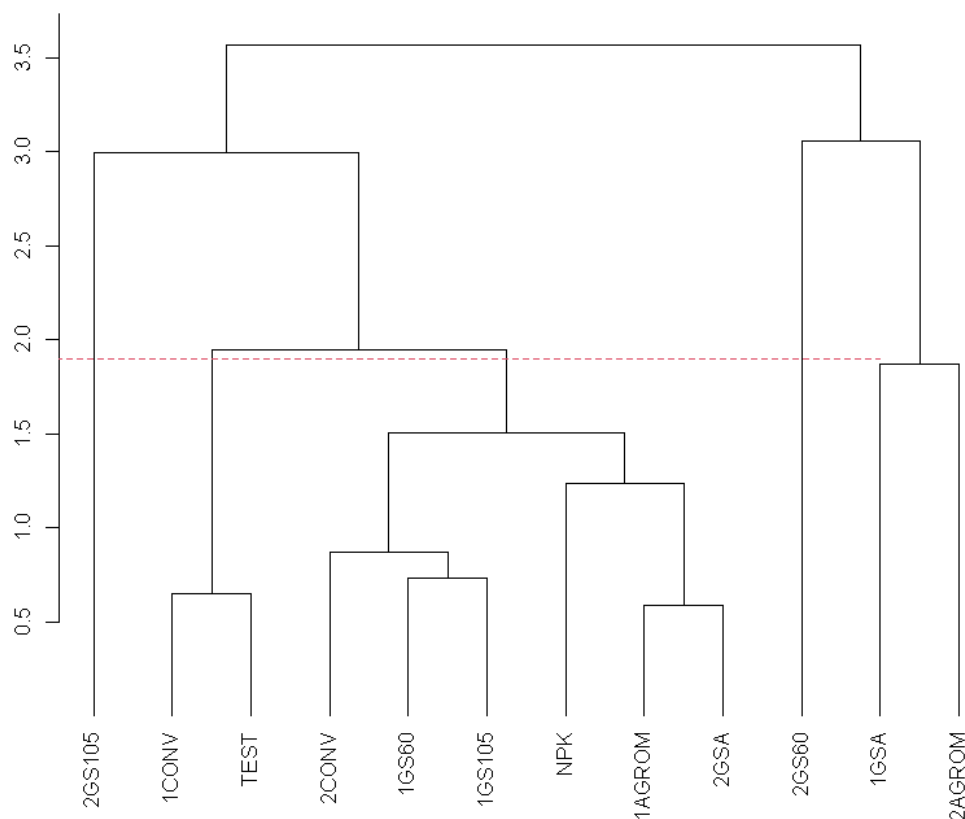
Fonte: Autor (2022).

O dendrograma obtido a partir da análise multivariada do agrupamento hierárquico demonstrou que os tratamentos testados foram divididos em cinco grupos distintos (Figura 5). O primeiro grupo é composto pelo organomineral inoculado com *Gigaspora margarita* pelo método GS60, apresentando as menores repostas em relação as variáveis analisadas. O segundo grupo foi formado pelo organomineral inoculado com *Rhizoglosum clarum* pelo método GSA e *Gigaspora margarita* inoculado em pelo método AGROM. O terceiro grupo é composto pelo tratamento com *Gigaspora margarita* inoculada em GS105. O quarto grupo contém os tratamentos com organomineral não inoculado e *Rhizoglosum clarum* inoculado pelo CONV, e o quinto grupo apresenta os tratamentos com as melhores respostas para as variáveis massa seca da parte aérea, proteína bruta no grão, parte aérea e total, contendo a testemunha adicional mineral (NPK), juntamente com os organominerais inoculados com *Rhizoglosum clarum* pelos métodos GS60, GS105 e AGROM e *Gigaspora margarita* inoculada por CONV e GSA, indicando semelhança entre os mesmos. Estes resultados demonstram a superioridade de *Rhizoglosum clarum* em suportar aumento de temperatura em relação a *Gigaspora margarita*. A maior sensibilidade de *Gigaspora margarita* observada no presente trabalho corrobora o fato de que temperaturas elevadas que podem afetar o desenvolvimento, viabilidade e eficiência destes microrganismos na promoção do crescimento das plantas (COSTA et al., 2013). Os melhores resultados encontrados pelo fertilizante organomineral inoculado com *Rhizoglosum*

clarum com temperaturas mais elevadas, evidenciam uma maior resistência desta espécie, não apresentando diminuição na sua viabilidade posterior a sua inoculação, como também sua eficiência como promotor de crescimento das plantas, proporcionando ao triticale produção de massa seca e proteína superior ao tratamento com secagem em temperatura ambiente.

A resposta encontrada por *Rhizoglopus clarum* para os tratamentos com temperatura de secagem do fertilizante a 60 e 105°C deve ser atribuída a maior velocidade de reduzir a umidade dos grânulos dos fertilizantes evitando uma germinação antecipada dos esporos. A umidade é um dos fatores determinantes para o início do processo germinativo destes propágulos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Esta diminuição rápida na umidade não ocorreu no tratamento com temperatura de secagem em temperatura ambiente, iniciando tal processo e diminuindo posteriormente sua eficiência na associação com a planta, resposta evidenciada nos tratamentos com a utilização de *Rhizoglopus clarum*.

Figura 5 - Dendrograma da inoculação com cinco métodos (GSA, GS60, GS105, CONV e AGROM) e não inoculação (TEST e NPK) e *Rhizoglopus clarum* (1) e *Gigaspora margarita* (2) sob a massa seca da parte aérea, proteína bruta no grão, parte aérea e total de *Triticum turgisecale*.



Fonte: Autor (2022).

Assim, pode-se verificar que o FMA *Rhizoglosum clarum* quando inoculada no organomineral pelos métodos GS105, GS60 e AGROM, bem como a espécie *Gigaspora margarita* inoculada em GSA e CONV foram eficientes na promoção do crescimento, proteína bruta e assimilação de nutrientes na planta, enquanto a espécie *Rhizoglosum clarum* também proporcionou maior incremento de biomassa de *Triticum turgisecale*. Com base na literatura apresentada e nas observações experimentais, recomenda-se o uso do FMA *Rhizoglosum clarum* para a inoculação em recobrimento com adição de óleo mineral e na inoculação do organomineral com métodos que apresentem elevação de temperatura (GS60 e GS105), e para *Gigaspora margarita*, quando o método utilizado for de inoculação no organomineral em GSA ou CONV.

4.6 CONCLUSÃO

A eficiência de produção de proteína bruta foi maior com o uso do fertilizante organomineral com *Rhizoglosum clarum* com os métodos de inoculação na granulação com secagem a 60 e 105°C e no recobrimento dos grânulos com adição de óleo mineral, o que ocorreu com a inoculação na granulação com secagem a temperatura ambiente, a 105°C e convencional em *Gigaspora margarita*.

O inóculo *Rhizoglosum clarum* proporcionou ao *Triticum turgisecale* maiores valores no índice de vegetação de diferença normalizada e de dependência micorrízica em relação a *Gigaspora margarita*.

Os métodos de inoculação na granulação com secagem a 60°C e 105°C resultaram em maior eficiência relativa quando inoculado com *Rhizoglosum clarum* e o convencional com *Gigaspora margarita*.

4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUEGUE, M. R.; NOUMAVO, P. A.; DAGBENONBAKIN, G.; AGBODJATO, N. A.; ASSOGBA, A.; KODA, A. D.; ADJANOHOON, A.; RIVERA, R.; PONS, B. M. de la N. **Arbuscular mycorrhizal fertilization of corn (*Zea mays* L.) cultivated on ferrous soil in southern benin.** Journal of Agricultural Studies, v. 5, p. 99-115, 2017.

ARAÚJO, F. H. V.; CRUZ, R. de S.; PORTO, D. W. B.; MACHADO, C. M. M.; FRANÇA, A. C. **Effects of mycorrhizal association and phosphate fertilization on the initial growth of coffee plants.** Revista Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 50, 2020.

BANDEIRA, D. H.; BERTOL, I.; VÁZQUEZ, E. V.; RAMOS, J. C.; BERTOL, C. **Impact of pig slurry application on soil and water losses: Comparison with a historical series.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.23, n.6, p.425-431, 2019.

BARBOSA, J. de A.; FARIA, R. T. de; COELHO, A. P.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F. **Nitrogen fertilization management in white oat using spectral indices.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 50, 2020.

BASSAN, D.A.Z.; SANTOS, S.C.; LOURENTE, E.R.P.; DAVIDE, L.M.C.; MEDEIROS, E.S.de; CARVALHO, L.G.V.; RUI, R.F.; SOUZA, G.G. **Mudas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) com fungos micorrízicos arbusculares.** In: SANTOS, C.C.; SCALON, S.P.Q. Ecofisiologia e nutrição de espécies frutíferas e arbóreas. Nova Xavantina: Pantanal, 2020. p.126-148.

BECERRIL-NAVARRETE, A. M.; GÓMEZ-ROMERO, M.; LINDIG-CISNEROS, R.; BLANCO-GARCIA, J. A.; VILLEGAS, J.; PINEDA-GARCÍA, F. **Interacciones biológicas em la restauración: el caso de *Tecoma stans* (Bignoniaceae) y hongos micorrízicos.** Acta Botanica Mexicana, v. 129, 2022.

BREDEMEIER, C.; VARIANI, C.; ALMEIDA, D.; ROSA, A. T. **Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável.** Ciência Rural, v.43, p.1147-1154, 2013.

BRUNDRETT, M. C. **Mycorrhizal Associations: the web resource.** 2008. Disponível em: <mycorrhizas.info>. Acesso em: ago. 2021.

BRUNDRETT, M. C. **Mycorrhizal association and other means of nutrition of vascular plantas: understanding the global diversity of host plantas by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis.** Plant and Soil, v. 320, p. 37-77, 2009.

CARVALHO, L. G. V. de; SANTOS, S. C.; LOURENTE, E. R. P.; TROVATO, V. W.; SANTOS, C. C.; RUI, R. F. da. **Jatobazeiro seedlings associated with arbuscular mycorrhizal fungi.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 44, n. 2, 2022.

CORRÊA, J. C.; GROHSKOPF, M. A.; NICOLOSO, R. da S.; LOURENÇO, K. S.; MARTINI, R. **Organic, organomineral, and mineral fertilizers with urease and nitrification inhibitors for wheat and corn under no-tillage.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 8, 2016.

CORRÊA, J. C.; RÓDIO, L. C.; RIGO, A. Z.; GROHSKOPF, M. A.; REBELLATO, A.; MAFRA, A. L. **Carbon fractions and stock in response to solid and fluid organomineral fertilizers in highly fertile soils.** Pesq. agropec. bras. vol. 54. 2019.

COSTA, F. A.; HADDAD, L. S. M.; KASUYA, M. C. M.; OTON, W. C. COSTA, M. D. BORGES, A. C. **In vitro culture of *Gigaspora decipiens* and *Glomus clarum* in transformed roots of carrot: the influence of temperature and pH.** Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá, v. 35, n.3, p. 315-323, 2013.

COSTA, S. M. L.; MELLONI, R. **Relação de fungos micorrízicos arbusculares e rizobactérias no crescimento de mudas de oliveira (*Olea europaea*)**. *Ciência Florestal*, v. 29, n.1, p. 169-180, 2019.

COTTA, S. P. M.; MARINS, M. S.; MARRIEL, I. E.; LANA, U. G. P.; GOMES, E. A.; FIGUEIREDO, J. E. F.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A. **Thermo-resistant enzyme-producing microorganisms isolated from composting**. *Brazilian Journal of Biology*, v. 83, 2023.

DAMIAN, J. M.; MURARO, D. S.; BASSO, C. J.; SILVA, A. N. da; PINTO, M. A. B.; SANTI, A. L. **Strategies for fertilization with pig and cattle slurry in wheat crop**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n.4, 2018.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. – 3. ed. rev. e ampl. - Brasília, DF: Embrapa, 2017.

FREIRE, J. M.; FARIA, S. M. de; ZILLI, J. E.; JÚNIOR, O. J. S.; CAMARGO, I. S.; ROUWS, J. R. C.; JESUS, E. da C. **Symbiotic efficiency of inoculation with nitrogen-fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in *Tachigali vulgaris* seedlings**. *Revista Árvore*, v. 44, 2020.

FREITAS, J. A. S. de; SILVA, V. R. da; LUZ, F. B. da; KAISER, D. R.; ZWIRTES, A. L. **Soil carbon and physical-mechanical properties after successive applications of swine and poultry organic waste**. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 48, n. 4, p. 390-398, 2018.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. **An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots**. *New Phytologist*, Cambridge, v.84, n.3, p.489-500, 1980.

HOSPODARENKO, H.; LIUBYCH, V. **Influence of long-term fertilization on yield and quality of spring Triticale grain**. *Annual 27th ISC Research for rural development*, v. 36, 2021.

LALEVIĆ, D., BIBERDŽIĆ, M., ILIĆ, Z., MILENKOVIĆ, L., TMUŠIĆ, N., & STOJILJKOVIĆ, J. **Effect of cultivar and increased nitrogen quantities on some productive traits of triticale**. *Agriculture & Forestry*. 65(4), 127–136, 2019. DOI: 10.17707/AgricultForest.65.4.11.

LIMA, R. L. F. de A. **Micorrizas arbusculares e absorção de fósforo em função da capacidade de fixação de fósforo do solo e da competição com a microbiota**. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.13, n.3, 2020, p. 1062-1079.

LLERENA, R. R. P.; CAÑIZARES, P. J. G.; CARREÑO, F. S. **Uso combinado de Ecomic®, Fitomas-e® y fertilizantes minerales en la producción de forraje para la alimentación animal a base de triticale (x. Triticosecale Wittmack), cv INCA TT-7**. *Cultivos Tropicales*, v. 37, n. 4, p. 76-83. 2016.

LOCATELLI, L. M. VITOVSKI, C. A.; LOVATO, P. E.. **Sistema radicular de porta-enxertos micropropagados de macieira colonizados com fungos micorrízicos arbusculares**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 9, p. 1239-1246, 2002.

MACHINESKI, O. **Crescimento de mudas de peroba rosa em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares.** *Ciência Rural*, v. 39, n. 2, p. 567-570, 2009.

MACHINESKI, O.; BALOTA, E. L.; SOUZA, J. R. P. **Resposta da mamoneira a fungos micorrízicos arbusculares e a níveis de fósforo.** *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 4, p. 1855-1862, 2011.

OULEDALI, S.; ENNAJEH, M.; ZRIG, A.; GIANINAZZI, S.; KHEMIRA, H. **Estimating the contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to drought tolerance of potted olive trees (*Olea europaea*).** *Acta Physiologiae Plantarum*, Berlin, v.40, n.5, p. 1-13, 2018.

POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J. V. **Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 8, 2008.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** *R Foundation for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2020. Available from <Available from <http://www.R-project.org/> > Acessado: 30 de junho de 2022.

REZNICK, J. P. K.; PAULETTI, V.; BARTH, G. **Field estimate with NDVI of grain yield and quality of wheat flour.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n.12, 2021.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS.** In: *Earth Resources Technology Satellite Symposium*, 3., 1973, Washington. *Proceedings*. Washington: NASA, 1973. v.1, p.309-317.

SÁ, J. M. e; JANTALIA, C. P.; TEIXEIRA, P. C.; POLIDORO, J. C.; BENITES, V. de MELO; ARAÚJO, A. P. **Agronomic and P recovery efficiency of organomineral phosphate fertilizer from poultry litter in sandy and clayey soils.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, n. 9, 2017.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; FILHO, J. C. de A.; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SCHIAVO, J.A.; SILVA, C.A. da; ROSSET, J.S.; SECRETTI, M.L.; SOUSA, R.A.C. de; CAPPI, N. **Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão manso.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.40, n.3, p.322-329, 2010.

SANTOS, J. K. S.; SANTANA, M. D. F.; LARA, T. S. **Responsividade de plantas de milho à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares da rizosfera e ipê amarelo.** *Revista Agroecossistemas*, v. 10, n. 1, p. 253-264, 2018.

SMITH, S. E.; FACELLI, E.; POPE, S.; SMITH, F. A. **Plant performance in stressful environments: Interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas.** *Plant and Soil*, v. 326, n. 1, p. 3-20, 2010.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – NÚCLEO REGIONAL SUL. Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Manual de Calagem e Adubação para os Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre, 2016, 376p.

STOFFEL, S. C. G.; SOARES, C. R. F. S.; MEYER, E.; LOVATO, P. E.; GIANCHINI, A. J. **Yield increase of corn inoculated with a commercial arbuscular mycorrhizal inoculant in Brazil**. Revista Ciência Rural, v. 50, n. 7, 2020.

TEDESCO, M. J et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. Ed. Porto Alegre: Departamento de solos da UFRGS. 1995.

VALADARES, R. B. S.; MESCOLOTTI, D. L. C.; CARDOSO, E. J. B. N. **Micorrizas**. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. Microbiologia do solo. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.

VERGARA, C.; ARAUJO, K. E. C.; SOUZA, S. R. de; SCHULTZ, N.; JÚNIOR, O. J. S.; SPERANDIO, M. V. L.; Zilli, J. E. **Plant-mycorrhizal fungi interaction and response to inoculation with different growth-promoting fungi**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 54, 2019.

VIAN, A. L.; BREDEMEIER, C.; TURRA, M. A.; GIORDANO, C. P. de S.; FOCHESSATTO, E.; SILVA, J. A. da; DRUM, M. A. **Nitrogen management in wheat based on the normalized difference vegetation index (NDVI)**. Revista Ciência Rural, v. 48, n. 9, 2018.

ZHAO, R.; GUO, W.; BI, N.; GUO, J.; WANG, L.; ZHAO, J.; ZHANG, J. **Arbuscular mycorrhizal fungi affect the growth, nutrient uptake and water status of maize (*Zea mays* L.) grown in two types of coal mine spoils under drought stress**. Applied Soil Ecology, v. 88, p. 41-49, 2015.

5 DISCUSSÃO

No primeiro trabalho, foi observado que o triticale cultivado com o fertilizante organomineral inoculado e não inoculado apresentaram massa seca da parte aérea equivalente ao obtido com o uso do fertilizante mineral, sendo que a inoculação de *Rhizogloium clarum* pelo método AGROM foi o tratamento com maior massa seca total das plantas, muito devido a sua maior colonização em relação aos demais métodos de inoculação testados. Tal efeito positivo da inoculação de *Rhizogloium clarum* também foi encontrado para a área superficial específica e diâmetro médio das raízes de triticale. Esse é um resultado almejado, pois a ampliação da capacidade em absorver água e nutrientes do solo através do processo de difusão (COSTA, S., et al., 2019), e a redução significativa no diâmetro das raízes proporcionada pelo *Rhizogloium clarum* eleva esta mesma capacidade, pois raízes mais finas facilitam o processo de difusão (GURGEL et al., 2020), processo este que se caracteriza por ser extremamente lento e responsável pela movimentação no solo de macro e micronutrientes como fósforo, zinco e cobre (VALADARES; MESCOLOTTI; CARDOSO, 2016).

A proteína bruta dos grãos de triticale cultivados com os organominerais inoculados, independentemente do método e inóculo utilizado, apresentou teores equivalentes ao obtido com o uso do fertilizante mineral, com exceção da inoculação de *Gigaspora margarita* com AGROM, que apresentou valor inferior ao mineral. Isso demonstra a capacidade que o fertilizante organomineral tem em suprir adequadamente a planta, proporcionando níveis nutricionais no grão equivalente a adubação mineral. Enquanto, a proteína bruta na parte aérea que é utilizada de triticale para alimentação animal (BUMBIERIS JÚNIOR et al., 2010), observa-se resposta positiva da inoculação com fungos micorrízicos, na qual a inoculação com *Gigaspora margarita* inoculada por GS105 proporcionou ao triticale o maior teor de proteína, sendo 24,77% e 22,52% superior ao cultivo com fertilizante mineral e organomineral não inoculado, não diferindo da inoculação com *Rhizogloium clarum*, com exceção da inoculação pelo método GS60, na qual *Gigaspora margarita* apresentou teor de proteína bruta inferior a *Rhizogloium clarum*. Esse resultado demonstra a possibilidade de utilização, não somente do fertilizante organomineral, mas também de *Gigaspora margarita* e com *Rhizogloium clarum* para o aumento nos teores de proteína na parte aérea de plantas de triticale.

O segundo trabalho evidenciou que a utilização de *Rhizogloium clarum* proporcionou maiores valores no índice NDVI, apresentando também maior dependência micorrízica desta variável no triticale. O NDVI pode ser utilizado para estimar níveis de rendimento para biomassa das plantas, pois apresentou correlação positiva com a produção de massa seca das

plantas (Capítulo 2), corroborando com a literatura, na qual o NDVI é utilizado para identificar variações na biomassa, matéria seca e N acumulado na parte aérea (DAMIAN et al., 2018; VIAN et al., 2018). Para a eficiência dos métodos de inoculação para massa seca da parte aérea, o AGROM e GSA para *Rhizoglosum clarum* e GSA para *Gigaspora margarita* demonstraram ser os melhores métodos de inoculação visando obter maiores rendimentos em biomassa, algo desejado na produção animal (BUMBIERIS JÚNIOR et al., 2010), sendo superiores ao organomineral não inoculado, como também ao fertilizante mineral. A colonização micorrízica apresentou correlações positivas para o teor de proteína bruta na parte aérea das plantas, evidenciando resposta desejada para a obtenção silagem e alimento de maior qualidade nutricional. Desse modo, os métodos de inoculação citados e a micorrização com *Rhizoglosum clarum* e *Gigaspora margarita*, podem ser utilizados para ampliar a qualidade proteica bem como o rendimento de silagens ou pastagem de triticales.

O triticales (*Triticum turgisecale*) apresentou dependência micorrízica significativa para os inóculos micorrízicos, sendo maior para *Rhizoglosum clarum*. Essa resposta a inoculação micorrízica demonstra o benefício que estes fungos tem para com as raízes das plantas, proporcionando a elas maior capacidade de absorção de nutrientes e água (COSTA, S., et al., 2019). Dependência da planta para ambos os fungos também foram encontradas para peso de mil grãos, proteína bruta nos grãos e total, muito devido a correlação que a colonização micorrízica tem para com o maior teor de nutrientes na parte aérea das plantas. Para proteína bruta na parte aérea, o triticales apresentou dependência para *Rhizoglosum clarum*, com o mesmo efeito sendo observado para massa seca radicular e total.

Em perspectivas futuras, sugere-se que outros estudos sejam realizados, testando outras espécies de FMAs, tempo e condições de armazenamento destes organominerais inoculados, bem como outros métodos de inoculação.

6 CONCLUSÃO GERAL

Os fungos micorrízicos inoculados no organomineral apresentaram boa viabilidade e eficiência, não apresentando redução de eficiência na produção de massa seca e proteína no triticale, mesmo com a elevação de temperatura, principalmente o inóculo *Rhizogloium clarum*.

Os métodos de inoculação na granulação com secagem a 60°C e a 105°C para *Rhizogloium clarum* e secagem a temperatura ambiente para *Gigaspora margarita* se evidenciaram como os melhores tratamentos para tais inóculos, apresentando maiores respostas em relação ao fertilizante mineral para proteína bruta da parte aérea, evidenciando ser possível realizar tal inoculação visando utilizar estes fungos como promotores de crescimento no triticale.

O processo de inoculação no fertilizante organomineral contribui para o desenvolvimento do triticale, quando comparado com a não inoculação. Este processo aumenta o rendimento de grãos e produção de biomassa, essa sendo verificada quando inoculado no recobrimento e adição de óleo mineral e na granulação com secagem e 60°C para *Rhizogloium clarum* e secagem em temperatura ambiente para *Gigaspora margarita*. A inoculação com ambos os inóculos também proporciona maior produção de proteína no grão, parte aérea e total da planta, principalmente com a inoculação na granulação com secagem a 60°C e a 105°C para *Rhizogloium clarum* e secagem a temperatura ambiente para *Gigaspora margarita*.

7 REFERÊNCIAS

- ANDA- Associação Nacional para a Difusão de Adubos. **Principais indicadores do setor de fertilizantes 2020. 2021.** Disponível em: <http://anda.org.br/wp-content/uploads/2021/03/Principais_Indicadores_2020.pdf>. Acesso em: 02 de abr. 2021.
- ANDRADE, F. C. et al. **Enrichment of organic compost with beneficial microorganisms and yield performance of corn and wheat.** Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol. 25. 2021.
- ARAÚJO, F. H. V. et al. **Effects of mycorrhizal association and phosphate fertilization on the initial growth of coffee plants.** Revista Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 50, 2020.
- ARAÚJO, M. D. M. et al. **Organomineral phosphate fertilization in millet in sandy soil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 24, n. 10, 2020.
- BAIER, A. C., NEDEL, J. L. **Potencial do Triticale no Brasil.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. v. 20, n. 1, p. 57 - 67, 1985.
- BANDEIRA, D. H. et al. **Impact of pig slurry application on soil and water losses: Comparison with a historical series.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.23, n.6, p.425-431, 2019.
- BENITES, V. de M. et al. **Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil.** Brasil: Xxix Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas Xiii Reunião Brasileira Sobre Micorrizas Xi Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo Viii Reunião Brasileira de Biologia do Solo. Guarapari – ES, 2010.
- BRITO, I. et al. **Efeito da mobilização do solo nas micorrizas arbusculares de cereais de Inverno.** Revista de Ciências Agrárias. vol. 30. 2007.
- BRUNDRETT, M. C. **Mycorrhizal Associations: the web resource.** 2008. Disponível em: <mycorrhizas.info>. Acesso em: ago. 2021.
- BUMBIERIS JÚNIOR, V.H. et al. **Estabilidade aeróbia de silagem de triticale em cultura única ou em misturas com aveia e/ou leguminosas.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, n. 11, p. 2349-2356, 2010.
- CARNEIRO, R. F. V. et al. **Doses de fósforo e inoculação micorrízica no cultivo de estilosantes em solo sob condições naturais.** Animal Science Archives, vol. 59, n 227, 2010.
- CARVALHO, L. G. V. de; SANTOS, S. C.; LOURENTE, E. R. P.; TROVATO, V. W.; SANTOS, C. C.; RUI, R. F. da. **Jatobazeiro seedlings associated with arbuscular mycorrhizal fungi.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 44, n. 2, 2022.
- CHERUBIN, M. R. et al. **Qualidade física, química e biológica de um latossolo com diferentes manejos e fertilizantes.** R. Bras. Ci. Solo, 39:615-625, 2015.
- CORRÊA, J. C. et al. **Carbon fractions and stock in response to solid and fluid organomineral fertilizers in highly fertile soils.** Pesq. agropec. bras. vol. 54. 2019.

- COSTA, F. A. et al. **In vitro culture of *Gigaspora decipiens* and *Glomus clarum* in transformed roots of carrot: the influence of temperature and pH.** Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá, v. 35, n.3, p. 315-323, 2013.
- COSTA, S. M. L.; MELLONI, R. **Relação de fungos micorrízicos arbusculares e rizobactérias no crescimento de mudas de oliveira (*Olea europaea*).** Ciência Florestal, v. 29, n.1, p. 169-180, 2019.
- COTTA, S. P. M. et al. **Thermo-resistant enzyme-producing microorganisms isolated from composting.** Brazilian Journal of Biology, v. 83, 2023.
- CRISTINO, E. M. et al. **Fungos micorrízicos arbusculares em cafeeiro (*Coffea arabica*) cultivados em diferentes altitudes e faces de exposição ao sol.** X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2019.
- DAMIAN, J. M. et al. **Strategies for fertilization with pig and cattle slurry in wheat crop.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 22, n.4, 2018.
- DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos.** Porto Alegre: Emater, 2002.
- DOUDS, D. D.; MILLNER, P. D. **Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems.** Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam, V. 74, p. 77-93, 1999.
- FAOSTAT. **Bancos de dados estatísticos dos bancos de dados estatísticos da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO).** Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. 2019. Disponível em:<<http://www.fao.org/faostat/es/#home>>.
- FEROLLA, F. S. et al. **Composição bromatológica e fracionamento de carboidratos e proteínas de aveia-preta e triticale sob corte e pastejo.** R. Bras. Zootec. vol 37. 2008.
- FREIRE, J. M. et al. **Symbiotic efficiency of inoculation with nitrogen-fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in *Tachigali vulgaris* seedlings.** Revista Árvore, v. 44, 2020.
- FREITAS, J. A. S. de. et al. **Soil carbon and physical-mechanical properties after successive applications of swine and poultry organic waste.** Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 48, n. 4, p. 390-398, 2018.
- GARCÍA, C. Y. W. et al. **Forage accumulation, morphological composition and light interception in Triticale 118 (X Triticosecale Wittmack).** Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, n 24, 2020.
- GOIS, L. de S. et al. **Exotic arbuscular mycorrhizal fungi and native dark septate endophytes on the initial growth of *Paspalum millegrana* grass.** Rev. Caatinga, Mossoró, v. 32, n. 3, p. 607 – 615, 2019.
- GURGEL, A. L. C. et al. **Compactação do solo: Efeitos na nutrição mineral e produtividade de plantas forrageiras.** Revista Científica Rural, 22(1): 13-29, 2020.

HEIJDEN, M. G. A. V. et al. **Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future**. *New Phytologist*, v. 205, n. 4, p. 1406-1423, 2015.

IBGE. Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção dos produtos das lavouras temporárias do Brasil, as Grandes Regiões e as unidades da Federação. **Produção Agrícola Municipal**. 2019. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 22 de jul. de 2021.

JALONEN, R. et al. **Arbuscular mycorrhizal symbioses in a cut-and-carry forage production system of legume tree *Gliricidia sepium* and fodder grass *Dichanthium aristatum***. *Agroforestry Systems*, v. 87, n. 2, p. 319-330, 2013.

JÚNIOR, M. A. P. O.; ORRICO, A. C. A.; JÚNIOR, J. de L. **Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura**. *Engenharia Agrícola*, vol. 29. 2009.

KUNZ, A., HIGARASHI, M. M., & DE OLIVEIRA, P. A. **Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil**. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005.

LEÃO, G. F. M. et al. **Parâmetros nutricionais e estabilidade aeróbia de silagens de cereais de inverno submetidas a diferentes regimes de corte no estágio vegetativo**. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* vol. 68. 2016.

LEHMEN, R. I. et al. **Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno**. *Cienc. Rural.* vol. 44. 2014.

LIMA, C C. et al. **Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 13, n. 3, 2009, p. 334

LLERENA, R. R. P.; CAÑIZARES, P. J. G.; CARREÑO, F. S. **Uso combinado de Ecomic®, Fitomas-e® y fertilizantes minerales en la producción de forraje para la alimentación animal a base de triticale (x. *Triticosecale Wittmack*), cv INCA TT-7**. *Cultivos Tropicales*, v. 37, n. 4, p. 76-83. 2016b.

LLERENA, R. R. P. et al. **Producción de forraje a base de triticale (X. *triticosecale Wittmack*) en suelo Nitisol Ferrálico Lítico, con dosis variables de nitrógeno e inoculación con hongos micorrízicos arbusculares**. *Cultivos Tropicales*, v. 37, n. 2, p. 22-32. 2016a.

MACHINESKI, O.; BALOTA, E. L.; SOUZA, J. R. P. **Resposta da mamoneira a fungos micorrízicos arbusculares e a níveis de fósforo**. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 4, p. 1855-1862, 2011.

MATOS, A. T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa, MG: AEAGRI, v. 140, 2007. 142 p.

MENDONÇA, J. de J. et al. **Native microbiota and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Paspalum millegrana* Schrad.** Revista Caatinga, v. 32, n. 2, 2019.

PARODI, G.; PEZZANI, F. **Micorrizas arbusculares en dos gramíneas nativas de Uruguay en áreas con y sin pastoreo.** Agrociencia Uruguay, v. 15, 2011.

PINHEIRO, E. M. et al. **Arbuscular mycorrhizal fungi in seedling fomration of barbados cherry (*Malpighia emarginata* D. C.).** Revista Caatinga, v 32, n. 2, 2019.

PINTO, M. A. et al. **Aplicação de dejetos líquido de suínos e manejo do solo na sucessão aveia/milho.** Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 44, n. 2, p. 205-212, 2014.

PRA, M. A. D. et al. **Compostagem de Dejetos de Suínos.** Revista Tecnológica, v.12, n.1, p28-32, 2008.

PRADO, I. N. de. et al. **Níveis de triticales em substituição ao milho no desempenho zootécnico e digestibilidade aparente de novilhas nelore confinadas.** Revista Brasileira Zootecnia. vol. 29. 2000.

RICO, J. L. et al. **Characterization of solid and liquid fractions of dairy manure with regard to their component distribution and methane production.** Bioresource Technology, v.98, n.5, p.971-979, 2006.

RUI, R. F. da. et al. **Ecophysiology, quality, and mycorrhizal dependency in *Musa* spp. (cv. Grand naine) seedlings.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 43, n. 4, 2021.

SÁ, J. M. e. et al. **Agronomic and P recovery efficiency of organomineral phosphate fertilizer from poultry litter in sandy and clayey soils.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 52, n. 9, 2017.

SANTOS, L. D.; MAYERLE, S. F.; CAMPOS, L.M. DE S. **Tecnologias e sistemas de tratamento para os dejetos da suinocultura.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 9, n. 5, p. 12-18, 2014.

SCHÜBLER, A.; WALKER, C. **The Glomeromyco-ta: a species list with new families and new ge-nera.** The Royal Botanic Garden Edinburgh, TheRoyal Botanic Garden Kew, Botanische Staats sammlung Munich, and Oregon State University,Gloucester, UK, pp. 56, 2010.

SILVA, R. F. da. et al. **Population fluctuation in soil meso- and macrofauna by the successive application of pig slurry.** Revista Ciência Agronômica, v. 47, n. 2, p. 221-228, abr-jun, 2016.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis.** 3. ed. San Diego: Academic Press, 2008. 787 p.

SOUSA, L. B. de. et al. **Evolução da disponibilidade de nutrientes na fase de maturação da compostagem utilizando proporções de diferentes resíduos inoculados com *Beijerinckia indica*.** Acta Scientiarum Agronomy, p.1-7, v.40, 2018.

STOFFEL, S. C. G. et al. **Yield increase of corn inoculated with a commercial arbuscular mycorrhizal inoculant in Brazil.** Revista Ciência Rural, v. 50, n. 7, 2020.

TACHIBANA, L. et al. **Substituição do milho pelo triticale na alimentação de tilápias-donilo.** Revista Brasileira Zootecnia. vol. 39. 2010.

VALADARES, R. B. S.; MESCOLOTTI, D. L. C.; CARDOSO, E. J. B. N. **Micorrizas.** In: CARDOSO, E. J.B. N.; ANDREOTE, F. D. Microbiologia do solo. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.

VIAN, A. L. et al. **Nitrogen management in wheat based on the normalized difference vegetation index (NDVI).** Revista Ciência Rural, v. 48, n. 9, 2018.