



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS

PEDRO HENRIQUE DE ARAÚJO GURGEL

**USO DO REJEITO SALINO DA OSMOSE REVERSA NA IRRIGAÇÃO DO MILHO
CRIOULO SOB O EFEITO DO FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR (*Gigaspora
albida*) COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO**

MOSSORÓ

2024

PEDRO HENRIQUE DE ARAÚJO GURGEL

**USO DO REJEITO SALINO DA OSMOSE REVERSA NA IRRIGAÇÃO DO MILHO
CRIOULO SOB O EFEITO DO FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR (*Gigaspora
albida*) COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Nildo da Silva Dias

Coorientadora: Dra. Maria Valdigleza de
Mesquita Arruda

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

GG979 Gurgel, Pedro Henrique de Araújo.
uu Uso do rejeito salino da osmose reversa na
irrigação do milho crioulo sob o efeito do fungo
micorrízico arbuscular (*Gigaspora albida*) como
atenuador do estresse salino. / Pedro Henrique de
Araújo Gurgel. - 2024.
47 f. : il.

Orientador: Nildo da Silva Dias.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2024.

1. Produção. 2. Biomassa. 3. Água. 4.
Semiárido. 5. Agricultura. I. Dias, Nildo da
Silva, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

PEDRO HENRIQUE DE ARAÚJO GURGEL

**USO DO REJEITO SALINO DA OSMOSE REVERSA NA IRRIGAÇÃO DO MILHO
CRIOULO SOB O EFEITO DO FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR (*Gigaspora
albida*) COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
agronomia.

Defendida em: 22 / 10 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **NILDO DA SILVA DIAS**
Data: 28/10/2024 13:11:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nildo da Silva Dias, Prof. Dr. (UFERSA)
Orientador e Presidente

Documento assinado digitalmente
 **MARIA VALDIGLEZIA DE MESQUITA ARRUDA**
Data: 28/10/2024 09:38:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Maria Valdiglezia de Mesquita Arruda, Dra. (UFERSA)
Membro examinador

Documento assinado digitalmente
 **ANDRE MOREIRA DE OLIVEIRA**
Data: 28/10/2024 11:06:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

André Moreira de Oliveira, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **JOAQUIM EMANUEL FERNANDES GONDIM**
Data: 28/10/2024 08:48:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Joaquim Emanuel Fernandes Gondim, Prof. Dr. (UVA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, que me sustentou em todos os momentos, concedendo-me a força necessária para superar cada desafio e concluir com êxito esta missão.

Agradeço de coração a toda a minha família, em especial à minha mãe, Rosangla, e ao meu pai, Ubiramar; aos meus irmãos, Gabriel e Eduardo; às minhas tias, Rosangela, Romênia e Rosânia; aos meus primos, Matheus, Renan e Ísis; aos meus avós, Maria, Chico, Bira (*in memoriam*) e Cidinha, por toda a força, paciência, compreensão e amor dedicados ao longo desses anos.

À minha namorada, companheira e amiga Gabriele, minha mais sincera gratidão por sempre acreditar em mim, pela paciência ao longo desta jornada, pela força e pelo amor dedicados durante todos esses anos.

Aos meus estimados amigos que estiveram presentes ao longo desta jornada, Rozendo, Artur e Bonifácio, expresso minha profunda gratidão pelo apoio e pela amizade. Aos amigos que hoje repousam na morada de Deus, mas que permanecem vivos em meu coração, Luan e Dayran, agradeço por toda a força e energia positiva que me transmitiram, tornando esta caminhada mais leve e suportável.

Aos meus amigos Ítalo, Raí, Luiz, Assis, Marcondes, Alcigério e Joaquim, com quem tive a oportunidade de conviver durante a academia, expresso minha profunda gratidão por todo o apoio. Vocês foram fundamentais para a conquista deste objetivo, tornando nossa missão, mesmo longe de casa, mais leve e suportável, especialmente nos exaustivos e longos estudos para provas, na elaboração de trabalhos, exercícios e projetos, bem como nas lutas do dia a dia.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), minha sincera gratidão pela estrutura física das salas de aula, laboratórios e biblioteca. Agradeço também a todo o corpo docente pelo valioso compartilhamento de conhecimentos. Sem o comprometimento e dedicação de vocês, essa realização não teria sido possível.

Ao meu orientador e amigo, Nildo da Silva Dias, expresso minha mais profunda gratidão. Desde o primeiro período do curso, você sempre acreditou em meu trabalho e em minha capacidade, oferecendo-me oportunidades essenciais para o meu desenvolvimento pessoal, acadêmico e profissional. Seu apoio foi fundamental ao longo dessa trajetória.

À minha coorientadora, Maria Valdigleza, agradeço profundamente por toda a orientação dedicada ao meu desenvolvimento acadêmico. Sua paciência e compromisso foram inestimáveis, e sem a sua ajuda, os trabalhos de iniciação científica, as apresentações em

congressos e este trabalho de conclusão de curso teriam sido muito mais desafiadores. Meus conhecimentos sobre metodologias científicas foram ensinados e aprimorados graças ao seu valioso apoio.

À equipe do Laboratório de Salinidade do Solo e da Planta: Valdigleia, Carla, Luiria, Marcondes, Rômulo, Thais, Isadora, Bruno, Leonardo e Marcelo, meu mais profundo agradecimento. A ajuda de cada um de vocês foi essencial para que eu pudesse alcançar este objetivo.

Aos membros da banca examinadora, André Moreira, Joaquim Gondim e Rômulo Carantino, expresso minha sincera gratidão pelas valiosas contribuições oferecidas.

A todos que acompanharam, contribuíram e ajudaram direto ou indiretamente para a realização deste trabalho, minha sincera gratidão.

RESUMO

A demanda por água doce está aumentando globalmente, devido à sua importância no abastecimento público e no desenvolvimento econômico. No nordeste brasileiro é comum o uso de águas subterrâneas para suprir as comunidades rurais. Porém, há limitações para o uso dessas águas, devido a elevada concentração de sais. O acúmulo de sais no solo pode resultar no estresse salino nas plantas, causando perdas no crescimento, desenvolvimento e produtividade. Esse trabalho buscou analisar respostas do milho crioulo, em associação com os fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino. A pesquisa foi executada em Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte, nas instalações da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. A etapa experimental foi estabelecida em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4, com 6 repetições. Os tratamentos foram constituídos em três condições micorrízica (CM): plantas sem micorrizas em solo autoclavado (M1), plantas com micorrizas em solo autoclavado (M2); e plantas com micorrizas em solo não autoclavado (M3) e quatro níveis de salinidade da água de irrigação (CEa): 1.8, 3.1 e 4.4 dS m⁻¹ mais o controle 0,5 dS m⁻¹. Os parâmetros de crescimento foram: massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRA), relação raiz/ parte aérea (R/PA), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC) e altura da planta (AP). Já os parâmetros de produção foram: peso da espiga com palha (PEP), peso da espiga sem palha (PES), número de grãos (NG) e peso de 100 sementes (PE 100G). De acordo com os resultados adquiridos nessa pesquisa, foi observado que o uso do fungo micorrízico arbuscular *Gigaspora albida* causou efeitos benéficos no desenvolvimento e produtividade do milho crioulo em condições de estresse salino. O tratamento M3 (solo não autoclavado com fungos micorrízicos) mostrou uma maior eficiência na mitigação do estresse salino. A pesquisa ainda mostra que elevados níveis de salinidade afeta diretamente o crescimento, desenvolvimento e a produtividade do milho crioulo, mesmo na presença do fungo micorrízico arbuscular. Porém, mesmo com as perdas de biomassa ocasionado pelo aumento excessivo dos níveis salinos, a condição micorrízica M3 apresentou melhor desenvolvimento entre os tratamentos. Mostrando a importância da relação dos FMA com a microbiota do solo, em associação com a planta.

Palavras-chave: Produção. Biomassa. Água. Semiárido. Agricultura.

ABSTRACT

The demand for fresh water is increasing globally, due to its importance in public supply and economic development. In northeastern Brazil, the use of groundwater to supply rural communities is common. However, there are limitations to the use of these waters, due to the high concentration of salts. The accumulation of salts in the soil can result in saline stress in plants, causing losses in growth, development and productivity. This study sought to analyze the responses of Creole corn, in association with arbuscular mycorrhizal fungi under saline stress. The research was carried out in Mossoró, in the state of Rio Grande do Norte, at the facilities of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido. The experimental stage was established in a greenhouse in a completely randomized design, in a 3 x 4 factorial scheme, with 6 replications. The treatments consisted of three mycorrhizal conditions (CM): plants without mycorrhizae in autoclaved soil (M1), plants with mycorrhizae in autoclaved soil (M2); and plants with mycorrhizae in non-autoclaved soil (M3) and four levels of irrigation water salinity (ECa): 1.8, 3.1 and 4.4 dS m⁻¹ plus the control 0.5 dS m⁻¹. The growth parameters were: shoot dry mass (MSPA), root dry mass (MSRA), root/shoot ratio (R/PA), number of leaves (NF), stem diameter (DC) and plant height (AP). The production parameters were: ear weight with straw (PEP), ear weight without straw (PES), number of grains (NG) and weight of 100 seeds (PE 100G). According to the results acquired in this research, it was observed that the use of the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora albida* caused beneficial effects on the development and productivity of Creole corn under saline stress conditions. The M3 treatment (non-autoclaved soil with mycorrhizal fungi) showed greater efficiency in mitigating saline stress. The research also shows that high levels of salinity directly affect the growth, development and productivity of Creole corn, even in the presence of the arbuscular mycorrhizal fungus. However, even with the biomass losses caused by the excessive increase in saline levels, the M3 mycorrhizal condition showed better development among the treatments. Showing the importance of the relationship between AMF and soil microbiota, in association with the plant.

Keywords: Production. Biomass. Water. Semi-arid. Agriculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 (A)	–	Preparação do inóculo fúngico.....	23
Figura 1 (B)	–	Coleta do rejeito salino na estação de desalinização	23
Figura 1 (C)	–	Solo autoclavado.....	23
Figura 2 (A)	–	Fase inicial das plantas de milho (<i>Zea mays</i>)	24
Figura 2 (B)	–	Mistura de solo e esterco bovino, aguardando autoclavagem.....	24

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 (A)	–	Massa seca da parte aérea.....	26
Gráfico 01 (B)	–	Massa seca da raiz.....	26
Gráfico 01 (C)	–	Relação parte aérea e raiz	26
Gráfico 02 (A)	–	Diâmetro do colmo	29
Gráfico 02 (B)	–	Altura da planta.....	29
Gráfico 03 (A)	–	Peso da espiga com palha.....	32
Gráfico 03 (B)	–	Número de grãos por espiga.....	32
Gráfico 03 (C)	–	Peso de 100 grãos.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Caracterização físico-química do Latossolo vermelho distrófico.....	22
Tabela 2	–	Caracterização físico-química da água de abastecimento e do rejeito.....	23
Tabela 3	–	Resumo da análise de variância dos parâmetros de crescimento.....	24
Tabela 4	–	Resumo da análise de variância dos parâmetros de produção.....	30

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVOS.....	15
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	16
4.	MATERIAL E MÉTODOS	21
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
6.	CONCLUSÃO	35
7.	REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

A demanda por água doce está aumentando globalmente, devido à sua importância no abastecimento público e no desenvolvimento econômico (SILVA et. al. 2023). O risco de escassez hídrica é eminente em países em desenvolvimento, tanto pela quantidade quanto pela qualidade da água disponível, considerando principalmente o seu papel na agricultura irrigada (SILVA, et. al., 2023; SANTOS et al., 2021; VAN VLIET et al., 2021).

No Nordeste brasileiro é comum o uso de águas subterrâneas para suprir as comunidades rurais. Porém, há limitações para o uso dessas águas, devido a elevada concentração de sais (SOARES, 2006). Para minimizar o problema, o Governo Federal através do “Programa Água Boa” instalou em várias comunidades rurais do Nordeste, estações de tratamentos de água por osmose reversa para fornecer água potável as famílias por meio da purificação da água salobra de poços (SOARES, 2006). No entanto, um dos fatores preocupantes é o descarte do rejeito salino, gerado no processo de dessalinização, que apresenta salinidade mais elevada e tem sido descartada de forma irracional, sem nenhum gerenciamento e diretamente no solo (DE OLIVEIRA et al., 2017; SEMARH, 2014).

O milho (*Zea mays*), é uma cultura anual de grande valor econômico e social para o mundo, servindo para alimentação animal, consumo humano e produção de bioenergia (EMBRAPA, 2019), além disso, é a terceira cultura de cereais mais importante do mundo (Ali et al., 2020), superando o trigo e o arroz (REHMAN et al., 2021).

Entre os inúmeros tipos de milho, o crioulo é uma variedade muito importante para a biodiversidade, pois apresenta variabilidade nas suas características fenotípicas, tendo ótima adaptação às variações ambientais, sendo cultivada principalmente por pequenos produtores, tanto na agricultura de subsistência como na agricultura familiar (EICHOLZ, et. al. 2017). O milho crioulo é adaptado ao ambiente natural em que é cultivado, sendo caracterizado pela resistência as variações ambientais, rusticidade e variabilidade genética, não necessitando assim, de um amplo pacote tecnológico para seu desenvolvimento, tornando-se uma alternativa viável para o pequeno produtor. (EICHOLZ, et. al. 2017).

Segundo Ayers & Westcot (1999), o milho é classificado como moderadamente tolerante à irrigação com água salina, apresentando salinidade limiar da água de 1,1 dS m⁻¹ e do solo de 1,7 ds m⁻¹. A salinidade limiar de uma cultura pode apresentar variações

dentre suas cultivares, se fazendo necessário estudos que expliquem seu comportamento mediante ao estresse salino, assim como a promoção de novas técnicas de cultivo (MARANGON, et al., 2020).

A irrigação é uma técnica que permite que a produção nas regiões de clima quente e seco, como no nordeste do Brasil, mas a água disponível nessa região nem sempre é de qualidade e isso pode causar problemas no desenvolvimento da cultura, além de promover impactos ambientais a longo prazo no solo (COSTA et al., 2021; HOLANDAM et al., 2016).

O acúmulo de sais no solo pode resultar no estresse salino nas plantas, causando redução no potencial osmótico resultando em alterações fisiológicas, como distúrbios nas relações hídricas, alterações na absorção e utilização de nutrientes essenciais (OLIVEIRA, et al., 2014), fechamento parcial dos estômatos, podendo limitar a assimilação de CO₂, reduzindo a eficiência fotossintética e, conseqüentemente, o rendimento da cultura (COSTA, et. al. 2021; TAIZ, et al., 2017; RODRIGUES, et al., 2020). Devido a esses diversos problemas ocasionados pela salinidade, é importante escolher variedades que possam se ajustar a essas condições, assim como opções tecnológicas para que se possa produzir sob essas condições, dentre essas alternativas destaca-se o uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMA).

Os FMA fazem associação com as raízes de mais de 80% de espécies terrestre de plantas (EVELIN, KAPOOR, GIRI. 2009; HEIJDEN, et al., 1997; ČATSKÁ, et al., 1998), em ambiente natural, as plantas são colonizadas por microrganismos externos e internos, por isso, alguns organismos como fungos e bactérias benéficos podem melhorar o desempenho das plantas em condições estressantes ajudando a aumentar o rendimento (EVELIN, KAPOOR, GIRI. 2009; BROWN, 1974; LEVY, DODD, KRIKUN, 1983; CREUS, SUELDO, BARASSI, 1998). Os fungos micorrizicos arbusculares ajudam a planta a manter o estado da água, aumenta a condutância estomática e melhora os pigmentos fotossintéticos auxiliando os efeitos da salinidade e aumentar a eficiência fotossintética para o crescimento e desenvolvimento da planta (DASTOGEER et al., 2020; HIDRI, et al., 2016; CHEN, et al., 2017).

2. OBJETIVO

Analisar os efeitos atenuador do fungo micorrízico arbuscular (*Gigaspora albida*) no milho crioulo em função da salinidade, utilizando o rejeito salino oriundo do processo de dessalinização por osmose reversa.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar respostas quanto ao crescimento, desenvolvimento e produção do milho crioulo, em função da salinidade;
- Investigar formas de manejo na utilização do rejeito salino na irrigação;
- Analisar o uso de biotecnologias acessíveis para mitigar os efeitos nocivos da salinidade no cultivo do milho crioulo;
- Encontrar soluções para o pequeno produtor que busca produzir em ambientes áridos e semiáridos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Em condições áridas e semiáridas, a agricultura é limitada por diversos fatores, principalmente por insuficiência no abastecimento de água, refletindo diretamente na produção agrícola, sobretudo dos pequenos produtores, que não possuem acesso a água de boa qualidade durante grande parte do ano, deixando a população em situação vulnerável (MARANGON, et. al. 2020). A má distribuição das chuvas, concentradas em alguns meses do ano é um problema para os produtores que dependem do regime de chuva para produzir, além desse problema, as águas de poços que são utilizadas pelos pequenos produtores muitas vezes são ricas em sais, com valores ultrapassando os limites de tolerância de salinidade das culturas, gerando também no solo um problema ambiental. Tendo isso em vista, o governo federal tem instalado em várias regiões equipamentos e estações de dessalinização da água salobra por osmose reversa, tecnologia bastante aceita pelas comunidades rurais (OLIVEIRA, et al 2017).

Por isso, nas regiões semiáridas do Brasil a dessalinização por osmose reversa tem se tornado uma alternativa viável utilizada para fornecer água potável de boa qualidade às comunidades rurais. São empregados tanques de evaporação impermeáveis para descarte do concentrado gerado no processo, devido ao seu baixo custo de montagem e manutenção (AMARAL, et. al. 2023). O baixo custo de manutenção e operação fizeram que autoridades instalasse diversas estações como essa em locais estratégicos. Esses sistemas apresentam várias vantagens quando são utilizados para tratar pequenos fluxos de concentrado em locais com disponibilidade de área física e clima favorável à evaporação. Porém, esse concentrado se tornou utilizável devido à escassez de água nessas regiões, principalmente para atividades agrícolas de subsistência (AMARAL, et. al. 2023). Mas, a utilização desse resíduo gerado no processo requer o conhecimento dos fatores dessa concentração de sais e de seus componentes químicos, tendo em vista o projeto desses sistemas e a qualidade das águas subterrâneas das regiões onde foram instalados. (AMARAL, et. al. 2023).

Considerando o bom desempenho e a produtividade das culturas, os fatores bióticos e abióticos podem influenciar o crescimento, produtividade, rendimento e qualidade das plantas. Considerado os estresses abióticos a seca, salinidade, temperatura, metais pesados destacar -se como principais limitadores. A salinização do solo é o mais impactante, sendo o fator limitante mais significativos que afeta a produtividade agrícola e da segurança alimentar (KUMAR, et, al. 2020; ZHANG, et al., 2018; SINGH, et al.,

2018). Isso se torna um problema, pois a água rica em sais utilizada na irrigação é evaporada para a atmosfera ou utilizada pelas plantas, enquanto os sais vão se acumulando lentamente no solo. Mundialmente falando, cerca de 20% das terras agrícolas são afetadas por problemas de salinidade, com os números aumentando continuamente, estima-se que em 2050, cerca de 50% das terras agrícolas serão afetadas por salinidade (KUMAR, et. al. 2020; GUPTA, HUANG. 2014; BHARTI, et al., 2016; SINGH, et al., 2018). Esse problema de salinização em terras agrícolas é ocasionado pelo acúmulo de sais no solo, principalmente íons de sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-). O acúmulo desses materiais impacta o solo em vários fatores, como a condutância da água, a porosidade do solo e a aeração, afetando quimicamente e fisicamente o solo (KUMAR, et. al. 2020).

Além desses impactos, a salinidade afeta não somente as plantas, mas também o solo e toda a diversidade microbiana no interior e no exterior das raízes das plantas (KUMAR, et. al. 2020). A planta, sob estresse salino sofre com várias alterações morfológicas, fisiológicas e moleculares, que impedem seu crescimento e o respectivo desenvolvimento. A salinidade afeta o crescimento das plantas por meio da perturbação da osmose das plantas, desequilíbrio dos canais de nutrição e toxicidade iônica. A alteração nesses mecanismos principais leva a mudanças metabólicas e fisiológicas e representa um impacto negativo em vários processos da planta (ABDEL-FARID, et. al. 2020; ALI, et al., 2004; KAMRAN, et. al., 2019; SONAR, et al., 2011; SOMAYEH, ROGHIE, SHADI, 2012; MILJUS-DJUKIC, et al., 2013; SINGH, SHAHI, SINGH. 2015). Além disso, essa elevada concentração salina afeta a condutância estomática e a taxa fotossintética. (KUMAR, et. al. 2020; KUMAR, VERMA. 2018), levando as plantas a sofrer com estresse oxidativo, devido ao aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), danificando membranas celulares, lipídios, proteínas e os ácidos nucleicos, podendo causar também morte celular programada. Ainda segundo Kumar et al. (2020) e Zhang et al., (2018), a salinidade eleva ao estresse hipertônico devido ao acúmulo excessivo de sais Na^+ e Cl^- . Para Abdel-Farid et al. (2020) e Ali et al. (2004) o efeito mais proeminente do estresse salino é observado nos pigmentos fotossintéticos das plantas, incluindo a clorofila a, b e os carotenóides. É importante destacar que na maioria das espécies, os pigmentos fotossintéticos diminuem nas plantas submetidas ao estresse salino (ABDEL-FARID, et. al. 2020).

De acordo com essa perspectiva, estratégias que viabilizem o uso de água salina na irrigação sem comprometer a qualidade das culturas, torna-se de extrema importância (OLIVEIRA et al, 2017). Neste sentido, já foi comprovado que associações simbióticas

de plantas com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) podem minimizar os efeitos da salinidade nas plantas. A relação simbiótica da micorriza arbuscular é um dos processos mais comuns onde as plantas conseguem mitigar o estresse biótico e abiótico (ETESAMI, et. al. 2022). Esse tipo de associação tem sido associada a diversas melhorias para a planta, como a aquisição de nutrientes e água, mas algumas pesquisas mostram um quadro mais complexo, não estão apenas envolvidos na absorção, translocação, eficiência de uso e ciclagem de vários macro e micronutrientes, mas também tem influência direta em processos fisiológicos, como na atividade enzimática, fotossíntese, respiração e no metabolismo vegetal, contribuindo para a defesa da planta contra ataques de organismos patogênicos e as estresses ambientais, como a salinidade (ETESAMI, et. al. 2022).

A literatura mostra que a relação simbiótica entre plantas e FMA é vantajosa, visto que melhoram o crescimento das plantas e ajudam na tolerância à salinidade, isso é possível devido a inúmeros mecanismos como a melhor aquisição de nutrientes, produção de hormônios que promovem o crescimento vegetal, além disso, as condições da rizosfera e do solo são melhoradas, outros pontos importantes são a alteração das propriedades fisiológicas e bioquímicas do hospedeiro e na defesa das raízes contra microrganismos indesejáveis que são transmitidos via solo (EVELIN, KAPOOR, GIRI. 2009). Além dos benefícios abordados anteriormente, os FMA apresentam vários outros benefícios fisiológicos ao hospedeiro, como a capacidade de absorção de água das plantas, aumenta a condutividade hidráulica das raízes e ajuda no equilíbrio osmótico e a composição dos carboidratos. Tudo isso pode ajudar a planta a aumentar o crescimento e subsequentemente a diminuir o efeito dos íons tóxicos, por esses motivos, os fungos micorrizos arbusculares é um candidato promissor para a bio-melhoria de solos salinos (EVELIN, KAPOOR, GIRI. 2009). Para Dastogeer e colaboradores (2020), os FMA também podem estimular atividades antioxidantes para proteger contra danos causados por espécies reativas de oxigênio (ROS), aumenta a taxa fotossintética e regula os níveis hormonais para diminuir os efeitos nocivos dos sais no crescimento e desenvolvimento das plantas. Em condições de estresse salino, esse mesmo fungo (FMA) aumenta a absorção de nutrientes pelas plantas como o fósforo, nitrogênio, potássio, zinco e cobre. Ainda segundo o autor, o acúmulo de prolina é outro mecanismo que está ligado a tolerância à salinidade das plantas dirigida pelas FMA (DASTOGEER, et. al. 2020; EVELIN, et al., 2009, 2019; RUIZ-LOZANO, et al., 2012; AUGÉ, et al., 2014; KHALLOUFI, et al., 2017).

Além disso, os FMA melhoram significativamente a qualidade do solo, os micélios das micorrizas afetam não apenas a morfologia e a função das raízes, mas também melhoram as propriedades do solo (SILVA, et al, 2022;). A inoculação de FMAs no solo tem efeitos positivos no seu estado de agregação, graças a uma glicoproteína, chamada glomalina, que é liberada por esses fungos no ambiente do solo durante a renovação das hifas. Estudos observaram que a inoculação com FMAs favorece a formação e estabilidade dos agregados do solo (SILVA, et al, 2022; LEIFHEIT, et al., 2014; SINGH, SINGH, TRIPATHI, 2013). Os fungos também apresentam maior produção de agregados secos imersos em água, comprimento total do micélio e produção de proteína do solo relacionada à glomalina. Esses organismos também têm a capacidade de reduzir as perdas de nutrientes do solo, uma vez que a simbiose amplia a área de absorção de nutrientes, evitando a perda de nutrientes após eventos de lixiviação induzidos pela chuva (SILVA, et al, 2022; BARBOSA, et al., 2019; CAVAGNARO, et al., 2015).

O milho é hospedeiro de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), esses microrganismos podem proporcionar vários benefícios a planta de milho, como maior tolerância ao estresse hídrico, estresse salino e temperaturas extremas, melhor absorção de nutrientes em muitos níveis de fósforo e aumento da produção de compostos do metabolismo secundário nas raízes (SILVA, MAIA, SILVA, 2019; SUBRAMANIAN, CHAREST, 1995; SHENG, et al., 2008; ZHU, et al., 2010; LIU, et al., 2000; VIERHEILIG, et al., 2000). A associação do fungo micorrízico *Gigaspora albida* em milho é relatado na literatura, porém os estudos relacionados a essa interação sob condições de estresse salino ainda são escassos. (SILVA; MAIA; SILVA, 2019).

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais cultivadas no mundo, pelo grande e pequeno produtor, isso é devido a sua grande capacidade de adaptabilidade às diferentes condições ambientais e as suas ricas características nutricionais, sendo a principal fonte de energia na produção animal e também de grande importância no consumo humano (EICHOLZ, et. al. 2017). O milho é muito presente em quase todas as famílias de agricultores e possui inúmeras maneiras de ser utilizado como na alimentação humana e animal, além de confecção de objetos e artesanatos, pode também ser utilizado na produção de energia através da queima de substratos, como também o aproveitamento da palha para outras atividades (EMBRAPA, 2017). A acessibilidade social do milho é uma questão importante, pois os pequenos produtores não possuem capital para investimento em sementes e pacotes tecnológicos, além de condições edáficas e climáticas favoráveis,

dessa forma, o cultivo de variedades crioulos pode ser uma boa opção. O milho crioulo são variedades cultivadas pelas comunidades indígenas e/ou pequenos agricultores há décadas (EMBRAPA, 2017). São variedades que passaram por um tipo de seleção pelos agricultores há muito tempo e por isso são adaptadas ao ambiente natural onde são plantadas.

Considerando estratégias que viabilizem o uso de rejeitos salinos como fonte de água para irrigação, o emprego de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) é amplamente reconhecido como uma abordagem eficiente para mitigar o estresse salino em plantas (FOLLI-PEREIRA et al., 2012; EVELLIN et al., 2019; NDIATE et al., 2022).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área.

A pesquisa foi executada em Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte, nas instalações da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – (UFERSA) (5° 12' 2.03" e 37° 19' 36.32" O). O procedimento experimental foi conduzido entre os meses de janeiro a março de 2022 em ambiente de casa de vegetação. A casa de vegetação possuía as seguintes dimensões: 126 m², pé direito de 4,0 m de altura, estruturação metálica, material plástico transparente e as paredes possuindo sombrite 50%. A média da temperatura máxima atingida foi de 37,4 °C e a média da temperatura máxima foi de 37,4°C e a média da temperatura mínima oscilou em torno de 31 °C durante o dia, a UR média foi de 97,7 % $\pm$ 86 %.

4.2 Caracterização do experimento.

A etapa experimental foi estabelecida em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4, com 6 repetições. Os tratamentos foram constituídos da combinação de três condições micorrízica (CM): plantas sem micorrizas em solo autoclavado (M1), plantas com micorrizas em solo autoclavado (M2); e plantas com micorrizas em solo não autoclavado (M3) e quatro níveis de salinidade da água de irrigação (CEa): 1.8, 3.1 e 4.4 dS m⁻¹ mais o controle (água de abastecimento de CE 0,5 dS m⁻¹). Os níveis salinos foram obtidos por meio da diluição do rejeito concentrado com a água de distribuição, aferida com um condutivímetro de mão até atingir a condutividade elétrica desejada. O substrato utilizado no experimento foi constituído da mistura de solo (coletado na fazenda da UFERSA) e composto orgânico, na proporção 2: 1 respectivamente (figura 2B). Para implementação do experimento, o substrato foi previamente esterilizado em autoclave a 121° C, 1 ATM por 2h, com exceção dos tratamentos M3 (figura 1C). Após distribuídos em vasos de polietileno com capacidade para 30 L, 100g de solo contendo inoculo de FMA, foram adicionados ao substrato, seguido da semeadura de seis sementes de milho por vaso. Na testemunha (M1), para assegurar a população microbiana semelhante em todos os tratamentos, foi adicionado 100 ml de filtrado de inoculo bruto, sem esporos do FMA. Uma semana após a germinação, foi realizado o desbaste, permanecendo duas plantas por vaso. As regas

diárias foram realizadas manualmente. A lâmina de irrigação diária foi determinada por meio de lisimetria de drenagem, realizada em vasos adicionais, para cada nível de salinidade. A irrigação com água salina teve início aos 20 dias após o desbaste, obedecendo a condição de cada tratamento.

4.3 Caracterização do solo.

Material de solo de textura de arenosa, classificado como latossolo vermelho distrófico de textura arenosa foi coletado na camada superior de 0,00–0,30 metros de profundidades na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da UFERSA, localizado na zona rural do município de Mossoró/RN. Para caracterização físico-química (Tabela 1), amostras deformadas foram coletadas e analisadas seguindo metodologia da EMBRAPA (2009).

Tabela1. Caracterização físico-química do Latossolo vermelho distrófico.

pH (água)	CEes dSm ⁻¹	MO g/kg	P —— mg/dm ³ ——	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al cmolc/dm ³	SB	t	CTC	V —— % ——	m	PST
7,4	0,80	31,9	112,2	791,7	160,1	6,5	4,8	0,0	0,0	14,0	14,56	14,0	100	0,0	5,5
			Areia			Silte			Argila						
						(g kg ⁻¹)									
			89,25			2,79			7,79						

MO - Matéria orgânica; CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação do solo.

4.4 Caracterização da água, do rejeito e do inoculo fúngico.

O rejeito salino foi coletado na estação de tratamento de água do Assentamento Rural Jurema (Figura 1B) e água utilizada no controle foi adquirida na própria universidade através da companhia de água e esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN). Foram realizadas análises físico-química da água de abastecimento e do rejeito salino (Tabela 2). As sementes de milho crioulo, da variedade Ibra, foram colhidas no município de Umarizal, safra (2021). Os inóculos do FMA de *Gigaspora albida* foram cedidos pelo Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Plantas - (LFBP) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - (UERN)/ (Figura 1A). Antes da semeadura, as sementes foram esterilizadas em solução de hipoclorito de sódio a 5% (v/v) por 5 min, e lavadas em água

destilada. Cada vaso constou de seis semente de milho. O desbaste ocorreu uma semana após a emergência, permanecendo duas plantas por vaso.

Tabela 2. Caracterização físico-química da água de abastecimento – (ABT) e do rejeito salino concentrado (RSC)

	pH (H ₂ O)	CE _{es} (dSm ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ₂ ⁺	Mg ₂ ⁺	Cl	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS
			-----mmol/L-----							
ABT	7,5	0,54	0,31	3,78	0,84	1,20	2,40	0,61	3,21	3,76
RSC	7,11	9,50	0,83	54,13	36,80	24,2	116	0	3,39	9,71

CE - Condutividade elétrica; RAS - Razão de adsorção de sódio.

4.5 Variáveis analisadas.

Aos 30 dias após imposição do estresse, foram analisados, altura da planta (AP) aferida quinzenalmente, medindo-se a distância entre o solo e a folha mais nova (CAMPOS et al., 2010); diâmetro do colmo (DC), utilizando um paquímetro digital (modelo digital Caliper 150 mm), considerando como ponto de medida o primeiro internódio da planta (CAMPOS et al., 2010); número de folhas (NF), obtido pela contagem de folhas contendo o limbo totalmente expandido; massa seca da parte aérea (MSPA) e radicular (MSRA) determinada a partir da desidratação da biomassa fresca em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C, até obter peso constante e posteriormente pesadas. E a relação raiz/parte aérea (R/PA), calculada segundo BENINCASA (1988). Em relação as variáveis de produção, foram avaliados os seguintes componentes de produção: número de grãos (NG); peso da espiga com casca (PEC); peso da espiga sem casca (PES); peso de 100 grãos (P100). Para o fator salinidade foi realizado análise de regressão e para o fator CM, foi feito o teste de médias.

4.6 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio do teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade com auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

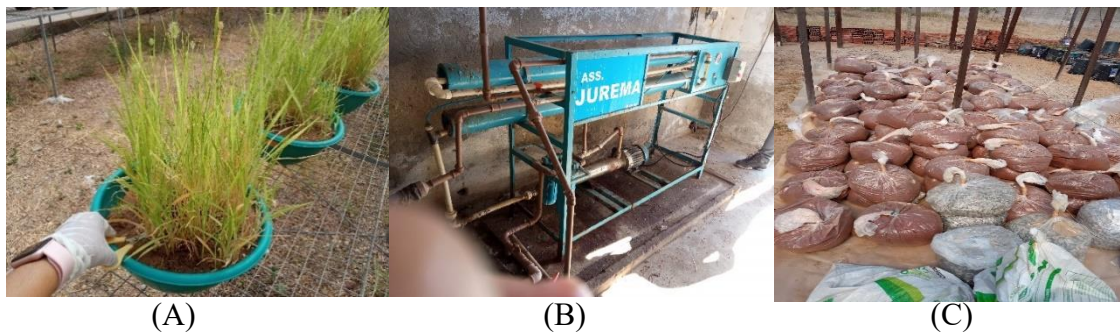


Figura 01 – Preparação do inóculo fungico (A); Coleta do rejeito salino (B) e Solo autoclavado (C).
 Fonte: Acervo da pesquisa.

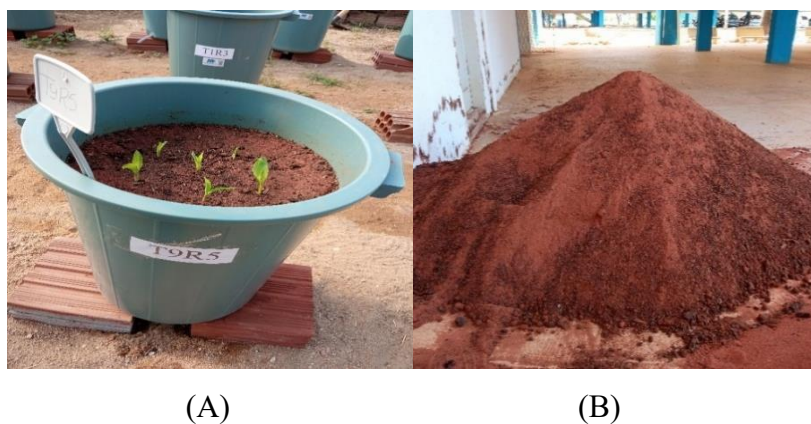


Figura 02 – Fase inicial das plantas de milho (A) e mistura de solo e esterco bovino (B).
 Fonte: Acervo da pesquisa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros de crescimento

Conforme a análise de variância, a salinidade afetou significativamente a massa seca da raiz ($p < 0,01$), da parte aérea ($p < 0,001$), a relação raiz/parte aérea ($p < 0,001$) e a altura da planta ($p < 0,01$). A condição micorrízica afetou a massa seca da raiz ($p < 0,01$), a relação raiz/parte aérea ($p < 0,001$), o diâmetro do colmo e a altura da planta ($p < 0,05$). A interação dos fatores afetou todas as variáveis de crescimento, exceto o número de folhas e o diâmetro do colmo (Tabela 1).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRA), relação raiz/parte aérea (R/PA), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC) e altura da planta (AP) de plantas de milho crioulo em função da CE_a e condições micorrízica.

FV	GL	Teste F					
		<i>MASPA</i>	<i>MASRA</i>	<i>R/PA</i>	<i>NF</i>	<i>DC</i>	<i>AP</i>
CE_a (dSm ⁻¹)	3	4.961**	35.026***	7.956***	0.510 ^{ns}	0.955 ^{ns}	5.736**
CM	2	1.145 ^{ns}	32.043***	9.112**	0.327 ^{ns}	5.276*	3.641*
CM x EC_a	6	5.242**	8.602***	3.617*	1.143 ^{ns}	0.341 ^{ns}	6.446**

Segundo a análise de regressão, os valores obtidos da massa seca da parte aérea se ajustaram ao modelo quadrático da equação. No tratamento M1 e M3, os maiores valores obtido correspondeu ao nível de 2 dS m⁻¹ da CE_a , com média de 177,3g e 138,2g respectivamente. Em M2, a biomassa seca reduziu com o aumento dos níveis salinos, com ponto mínimo de produção em 2,6 dS m⁻¹ com média de 112,33. Nesse tratamento o valor mais elevado, 142,77g, correspondeu ao nível 0,5 dS m⁻¹ (Gráfico 1A).

Quando se trata dos ganhos e perdas da massa seca da parte aérea, os números mostram que foram variados, demonstrando que as variáveis de produção se comportam de maneira diferente conforme o nível de salinidade. Em M1, foi observado um ganho de 7% na CE_a de 1,8 (dS m⁻¹), quando comparado aos níveis de salinidade 0,5 (dS m⁻¹), já em M2 houve ganho de 11% comparando os valores nos níveis de salinidade de 3,1 em relação a 4,4 (dS m⁻¹), em M3 foi observado um ganho interessante de 52% nos níveis de salinidade de 0,5 a 1,8 dS m⁻¹ (Gráfico 1A).

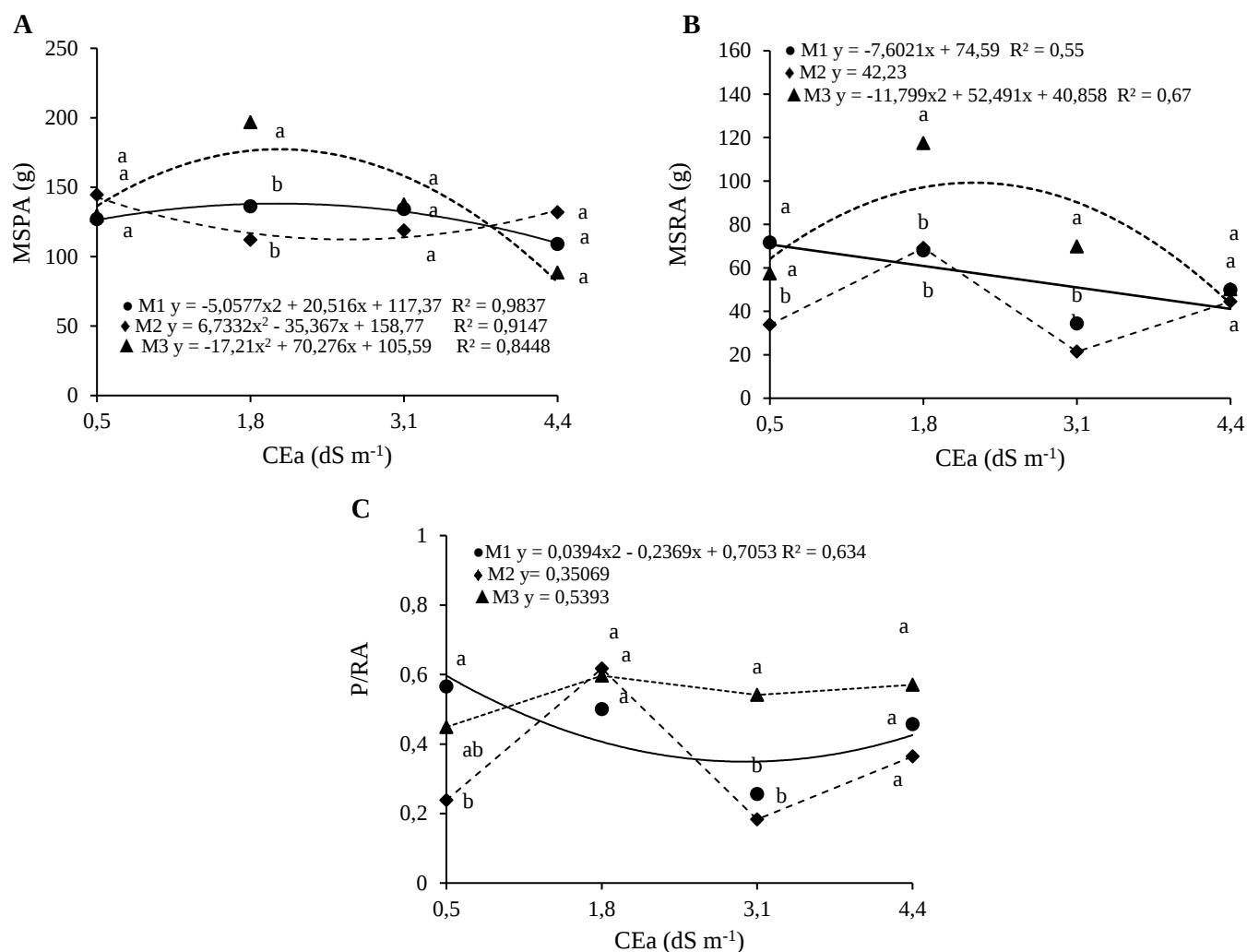


Gráfico 1. Massa seca da parte aérea (A) massa seca da raiz (B) e relação raiz/parte aérea (C) em milho crioulo sob influência de FMA. (● M1- plantas sem inóculo fúngico, ■ M2- plantas com FMA *G. albida*, ▲ M3 plantas com FMA *G. albida*, mais a microbiota do solo) em função da CEa (dS m⁻¹). Desvio padrão (n= 3). Letras iguais não diferem estatisticamente para influência de FMA pelo teste Tukey (p<0.05).

Quando se trata de perdas, em M1 foi percebido uma perda de 19% comparando os níveis de salinidade 4,4 em relação a 1,8 dS m⁻¹ e de 14% nos níveis de 4,4 em relação a 0,5 dS m⁻¹. Já em M2, as perdas chegaram a 18% no nível 3,1 dS m⁻¹ comparado ao nível 0,5 dS m⁻¹. Em M3, considerando a salinidade mais elevada, 4,4 dS m⁻¹, houve redução de 55% da massa seca da parte em relação as plantas irrigadas com água de CEa de 1.8 dS m⁻¹ (Gráfico 1A).

Levando em consideração o desenvolvimento das plantas em ambientes salinos, a produção de biomassa é umas das variáveis mais afetada pela salinidade. Nesse estudo, a produção de biomassa foi reduzida nos níveis de CEa mais levados, contudo, a

associação do *G. albida* e a microbiota do solo favoreceram o crescimento e desenvolvimento do milho em níveis salinos intermediários. Mesmo na presença de agentes biológicos mitigadores, a planta de milho não tolera altos valores de salinidade no solo. Percebemos que o acúmulo de MSPA atingiu o maior valor na salinidade 2,0 CEa (dS m^{-1}) em M3. Nas demais condições micorrízicas os valores foram inferiores. Como a única diferença estatística foi apresentada em M3, podemos relacionar esses valores à presença dos FMA, um agente importante no alívio de estresse salino. A planta direciona biomassa para órgãos específicos na presença de estresse, dessa forma, a planta acumulou fitomassa na parte aérea, a fim de aumentar a área foliar e consequentemente melhorar a eficiência fotossintética. Vale salientar que a salinidade limiar do milho, segundo Ayers & Wescot (1999), na água é de 1,1 CEa (dS m^{-1}) e a no solo é de 1,7 CEa (dS m^{-1}). Então, é importante frisar que independentemente das condições micorrízicas, após a salinidade 1,8 /2,0 CEa (dS m^{-1}) a planta apresentou redução no acúmulo de biomassa na parte aérea. As plantas sob estresse salino limitam o seu crescimento, devido à pressão osmótica do meio, que aumenta com a presença dos sais e, consequentemente, haverá uma redução da água disponível para o vegetal, afetando diversos processos da planta, entre eles, a divisão celular e o alongamento das células (OLIVEIRA et al., 2014; DE SOUSA et. al., 2018).

Para a massa seca da raiz, houve redução linear das plantas do tratamento M1 em função dos níveis salinos. Nota-se que, os maiores e menores valores de produção de MSRA, corresponderam ao nível 0,5 e 4,4 dS m^{-1} da CEa, com média de 71,6 g e 49,6 respectivamente. Havendo uma redução do desenvolvimento radicular de 30% no maior nível de salinidade (Gráfico 1B). Para as plantas de M2, as médias não se ajustaram a nenhum modelo de regressão testado. Contudo, houve diferença estatística entre as médias. Comparando a produção de MSRA dos níveis salinos 3,1 dS m^{-1} , houve redução de 69% quando comparado as plantas irrigadas com 1,8 dS m^{-1} . Já ao comparar os níveis de salinidade de 1,8 dS m^{-1} com 0,5 dS m^{-1} e 4,4 CEa dS m^{-1} com 3,1 dS m^{-1} , os ganhos de biomassa ultrapassam 100% (Gráfico 1B).

No tratamento M2, percebemos que teve um acúmulo significativo de biomassa radicular no nível salino 1,8 CE (dS m^{-1}), semelhante a testemunha, mas em níveis salinos mais levados a biomassa reduziu drasticamente. Isso mostra que, mesmo na interação com os FMA, não foi suficiente para minimizar os efeitos tóxicos da salinidade no sistema radicular (Gráfico 1B).

Para as plantas do tratamento M3, a análise de regressão indicou que os valores obtidos da MSRA apresentaram comportamento quadrático (Gráfico 1B). O maior acúmulo de MSRA foi nas plantas sob irrigadas com água de CE de $2,2 \text{ dS m}^{-1}$, com ganho de 55 % e 128% de biomassa em relação ao nível 0,5 e $4,4 \text{ dS m}^{-1}$. Já a menor produção observada, foi obtido no nível salino mais levado, com média 50,16 g de MSRA por planta, uma perda de 12% em relação a testemunha, $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Gráfico 1B), podemos comparar a massa seca da raiz com a massa seca da parte aérea, isso porque a parte aérea depende da raiz e a raiz depende da parte aérea, são partes da planta que estão ligados diretamente. Normalmente, a planta direciona fotoassimilados para órgãos específicos quando estão sob estresse, para garantir a sobrevivência da sua espécie e de seus descendentes. Na condição M1 a massa seca da raiz reduziu linearmente, de acordo com o aumento da salinidade, mostrando que o estresse afetou o acúmulo de biomassa radicular. Vale ressaltar, que tanto M1 como M2 tiveram o solo foi reiniciado ao passar pelo processo de autoclavagem, estando a microbiota do solo ainda muito jovem, passando de um ambiente equilibrado para um competitivo. Porém, em M3, foi notado que a massa seca da raiz atingiu o seu maior valor no nível salino $2,2 \text{ CEa (dS m}^{-1})$, ultrapassando a salinidade limiar da cultura em solo. Isso mostra que o efeito mitigador do *G. albida* juntamente com a microbiota do solo foram satisfatórios para a cultura em condições de CEa de $2,2 \text{ dS m}^{-1}$, favorecendo o a distribuição de fotoassimilados e bom desenvolvimento das plantas.

Esses resultados são confirmados pela relação R/PA. Em M1, o aumento da salinidade (CEa) afetou a alocação de biomassa. Nota-se que, com o aumento da CEa de 0,5 para $3,1 \text{ dS m}^{-1}$, a relação P/RA reduziu para 0,35, sugerindo que houve maior alocação para o sistema radicular (Figura 2C). Contudo, na CEa de $4,4 \text{ dS m}^{-1}$, houve um leve aumento de 4,7% na R/PA, indicando uma tendência de adaptação da planta ao nível salinidade mais altos. Para as plantas de M2 e M3, não houve ajuste de regressão. Contudo, em M2, ao comparar entre os níveis salinos, a maior relação observada foi em $1,8 \text{ dS m}^{-1}$, apresentando aumento de 104,5% e 55,4% em relação a 0,5 e $4,4 \text{ dS m}^{-1}$ (Gráfico 1C). Em M3, relação parte aérea/raiz não se diferenciou entre os tratamentos, mantendo-se mais estável, indicando possivelmente maior estabilidade na alocação de biomassa (Gráfico 1C).

A salinidade afeta diretamente o direcionamento dos fotoassimilados, em condições de salinidade elevada no solo, a planta aloca mais recursos para a raiz, na tentativa de aumentar a cobertura do sistema radicular na busca de água novas condições

ideais nas proximidades. Além disso, o custo para o ajuste do osmótico na raiz, estratégia para manter as condições hídricas nas plantas, requer uma grande quantidade de energia. É importante destacar que em M1e M2, o solo esta estéril, ou seja, com a microbiota do solo ainda jovem, podendo as plantas, ter encontrado maiores dificuldades para contornar os efeitos da salinidade. Em M2 a relação parte aérea e raiz também foi afetada pela salinidade.

Consideração a contribuição da interação do *G. albida* e da microbiota do solo, o comportamento das plantas em M3, houve maior estabilidade na razão de distribuição de fotoassimilados em todos os níveis salinos nas plantas de milho, corroborando com uma maior estabilidade na distribuição dos produtos da fotossíntese entre raiz e parte aérea. Esse resultado é interessante, pois mostra que nessa condição (M3) a planta em associação com os FMA juntamente com a microbiota do solo conseguiu desempenhar um papel importante na absorção de recursos para a planta, sem necessariamente o sistema radicular receber mais biomassa. Isso mostra que os fungos micorrízicos pode ter contribuído por meio da rede fúngica no solo juntamente com as raízes, micélios, formando uma espécie de “extensão” das raízes até recursos de importância como água e sais minerais, conseguindo contornar a salinidade presente naquela região mais próxima da raiz. A literatura mostra que, em milho, as raízes parecem suportar melhor a salinidade que a parte aérea, processo este que pode estar associado a um ajuste osmótico mais rápido e a uma perda de turgor mais lenta das raízes, em comparação com a parte aérea. Por isso, o crescimento da raiz pode ser menos sensível que o crescimento da parte aérea a uma redução no potencial osmótico (SHALHEVET, et al., 1995).

Para o diâmetro do colmo (DC), não houve efeito da salinidade nessa variável, somente a condição micorriza apresentou diferenças entre os tratamentos. Comparando o as médias entre os tratamentos, nota-se maior diâmetro nas plantas de M3, com diferença de 1,7 e 2,7 mm em relação as plantas de M1 e M2 (Gráfico 2A).

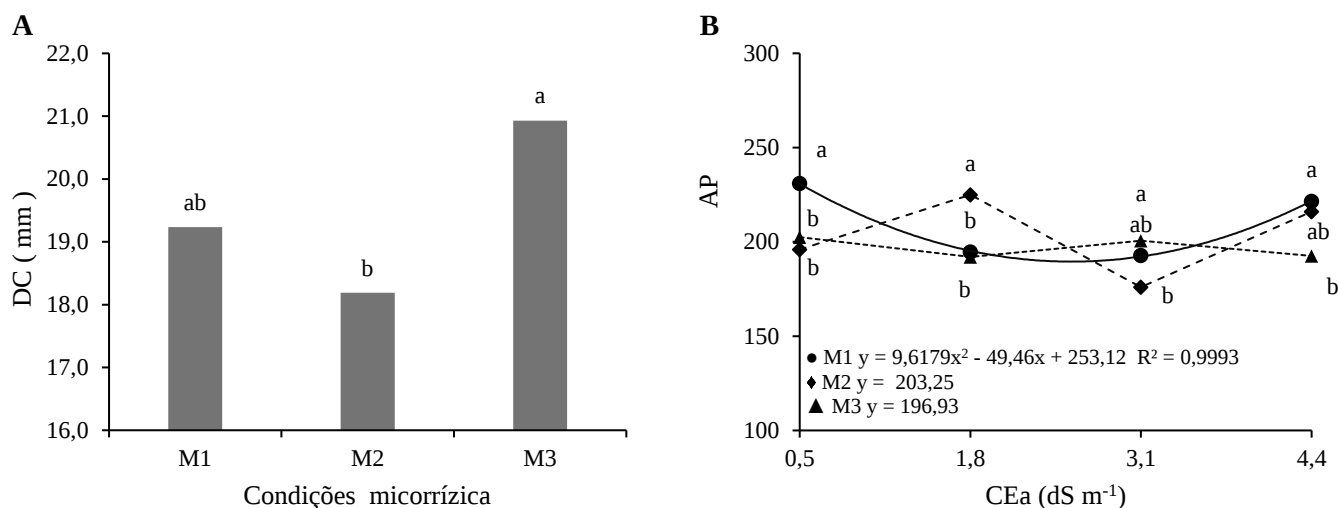


Gráfico 2. Diâmetro do colmo (A) altura da planta (B) e em milho crioulo sob influência de FMA. (● M1- plantas sem inóculo fúngico, ■ M2- plantas somente com FMA *G. albida*, ▲ M3 plantas com FMA *G. albida*, mais a microbiota do solo) em função da CEa (dS m⁻¹). Desvio padrão (n= 3). Letras iguais não diferem estatisticamente para influência de FMA pelo teste Tukey (p<0.05).

Com relação à altura das plantas (AP) houve ajuste quadrático negativo para as plantas de M1 em função dos níveis de salinidade. A menor altura observada, deu-se no nível 2,6 dS m⁻¹, com uma redução de 17, 8 %, 1,4% e 14,5 % em relação às CEa 0,5, 3,1 e 4,4 dS m⁻¹ respectivamente (Figura 3B). No tratamento M2 e M3, não houve ajuste há nenhuma das equações testadas. Contudo, observa-se que as maiores alturas de plantas alcançadas, 225 e 200 cm, foram nos níveis salinos 1,8 dS m⁻¹ e 3,1dS m⁻¹ de M2 e M3 respectivamente (Gráfico 2B). Cunha e colaboradores (2016) e Sousa et. al. (2018) observaram que a altura das plantas de milho são afetadas negativamente quando irrigadas com água de maior condutividade elétrica.

De todos os parâmetros avaliados em M3, a altura das plantas, é a única variável que não apresentou aumento, enquanto as demais condições tiveram ganhos em determinadas faixas de salinidade. No entanto, a maior altura da planta não implica necessariamente em vantagem, uma vez que o diâmetro do caule e a fitomassa acumulada na parte aérea indicam plantas mais vigorosas, do ponto de vista morfológico. Assim, ao compararmos outros parâmetros de crescimento, como o diâmetro do caule e o acúmulo de biomassa aérea, verifica-se que a condição M3 foi superior às demais. Enquanto, as plantas das condições M1 e M2 mostraram diâmetro e massa seca inferiores quando

comparadas à M3. Uma explicação para a variação nas alturas das plantas pode estar relacionada a variedade crioulo, que naturalmente não apresentam altura uniforme em consequência da variabilidade genética presente entre os indivíduos.

A condição micorrízica M3 se comportou assim devido a interação dos FMA com a microbiota do solo, tendo o maior aproveitamento dos recursos disponibilizados no solo, tendo em vista que a condição M1 e M2 foram previamente esterilizados em autoclave, perdendo em ambos os benefícios da interação biológica entre a microbiota original do solo com as micorrizas. Dessa forma, a condição M3 conseguiu ter maiores valores no parâmetro diâmetro do colmo, demonstrando que os FMA aliviaram os efeitos negativos da salinidade na planta.

A microbiota do solo possui uma grande importância na qualidade do solo, isso porque os microrganismos desempenham um importante papel quando se trata de fonte e depósito de nutrientes em todos os ecossistemas, além disso, eles participam ativamente de muitos processos benéficos, tanto na formação de húmus e solubilização de nutrientes para plantas, quanto na degradação de compostos persistentes aplicados ao solo (COSTA et al., 2015). A matéria orgânica do solo, é fundamental para a manutenção na produtividade do solo, em consequência aos processos de transformação como a mineralização dos nutrientes, absorção e retenção de água e atividade da biomassa microbiana (ARAÚJO; MELO, 2012). Dessa forma, a manutenção ou incorporação de resíduos orgânicos na superfície do solo, cria uma camada de material vegetal em diferentes fases de decomposição, assegurando fonte de energia e microclima ideal ao estabelecimento e as atividades microbiológicas (SILVA et al., 2012; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

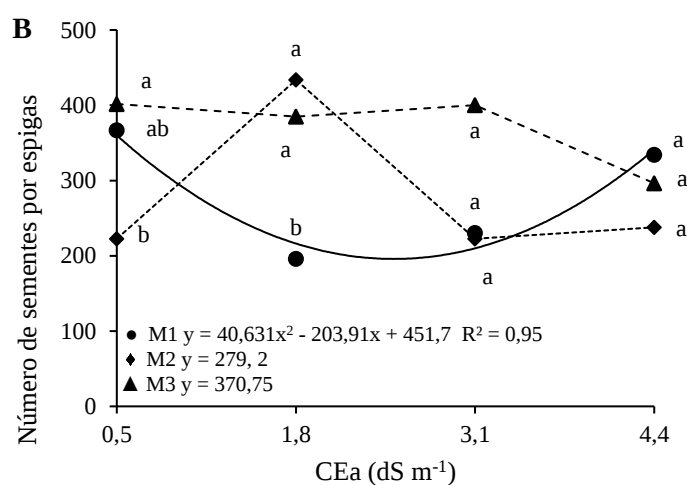
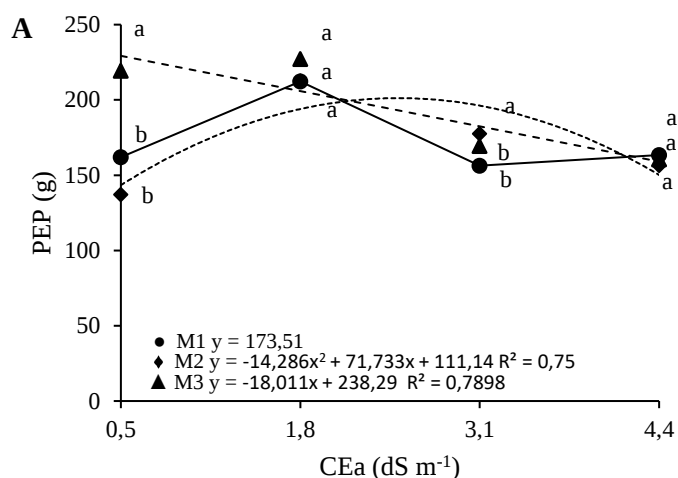
5.2 Parâmetros de produção

Tabela 4. Resumo da análise de variância para peso da espiga com palha (PEP), peso da espiga sem palha (PES), número de sementes (NS) e peso de 100 sementes (PE 100G) de plantas de milho crioulo em função da CEa e condições micorrízica.

FV	GL	Teste F			
		PEP	PES	NS	PE 100S
CE _a (dS m ⁻¹)	3	16,224***	0,628 ^{ns}	0,741 ^{ns}	7,124**
CM	2	5,270*	0,160 ^{ns}	4,307*	0,317 ^{ns}
CM x EC _a	6	3,604*	1,149 ^{ns}	3,674 **	1,957 ^{ns}

A avaliação da produção, segundo análise de variância, teve efeito isolado da salinidade no peso da espiga com palha ($p < 0,001$) e peso de 100 sementes ($p < 0,01$). A condição micorrízica afetou o peso da espiga com palha ($p < 0,05$) e número de sementes por espigas ($p < 0,05$). A interação dos fatores afetou o peso da espiga com palha ($p < 0,05$) e o número de grãos ($p < 0,01$). O peso da espiga sem palha não foi afetado por nenhum dos fatores avaliados (Tabela 2).

De acordo com a análise de regressão, os valores do peso da espiga com palha em M1, não se ajustaram a nenhum modelo de equação testado. Contudo, comparados pelo teste de médias, o maior peso das espigas, 212,69 g, deu-se no nível 1,8 dS m⁻¹, com um ganho de peso de 55%, 19,8% e 40% em relação aos níveis 0,5, 3,1 e 4,4 dS m⁻¹ respectivamente (Gráfico 3A). Em M2, o peso da espiga com palha reduziu de maneira quadrática em função do aumento dos níveis salinos. O ponto máximo foi de 201,183g, correspondente ao nível 2,5 dS m⁻¹, satisfazendo a um ganho de 40, 2%, 2,5% e 34% em relação aos níveis 0,5, 3,1 e 4,4 dS m⁻¹, respectivamente.



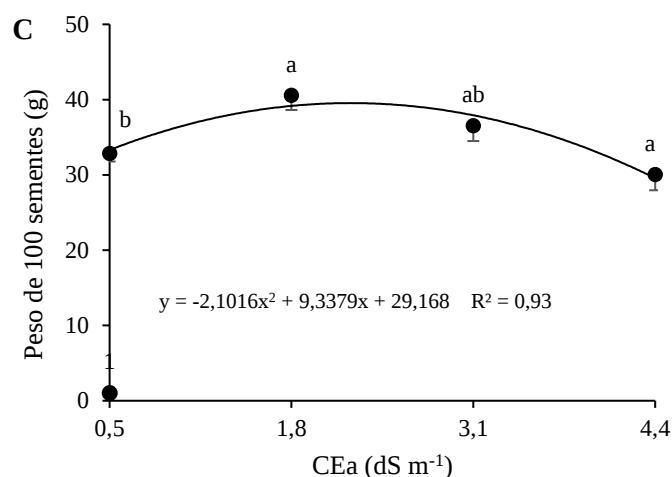


Gráfico 3. Peso da espiga com palha (A) número de sementess por espigas (B) e peso de 100 sementes (C) de milho crioulo sob influência de FMA. (● M1- plantas sem inóculo fúngico, ■ M2- plantas somente com FMA *G. albida*, ▲ M3 plantas com FMA *G. albida*, mais a microbiota do solo) em função da CEa (dS m⁻¹). Desvio padrão A e B (n= 3), Desvio padrão C (n= 9). Letras iguais não diferem estatisticamente para influência de FMA pelo teste Tukey (p<0.05).

Já em M3 houve redução linear em função dos níveis de salinidade. O menor valor obtido foi no nível 4,4 CEa (dS m⁻¹) apresentando uma redução de 26,8% em relação a testemunha (0,5 dS m⁻¹) (Gráfico 3A).

Entre as condições micorrízicas, a condição M3 foi a única que teve diferença significativa, na faixa de salinidade 0,5 dS m⁻¹. Nas demais salinidades e em todas as condições micorrízicas os valores não tiveram diferença do ponto de vista estatística. Podemos associar isso ao estresse salino, que afetou diretamente o ganho de peso da espiga com palha quando se aumentou a salinidade. A planta quando está sob estresse, tenta direcionar recursos para órgãos específicos a fim de contornar o problema (AZEVEDO & TABOSA, 2000). Vários autores relatam a redução dos componentes de rendimento da cultura do milho em função do aumento da salinidade, WILLADINNO e colaboradores (1992) observaram perdas significativas na produção de grãos de diversas variedades de milho cultivadas sob estresse salino, diminuindo cerca e 24 % a 60% em relação as plantas que não foram submetidas a salinidade.

Uma possível explicação para a redução do crescimento pelo estresse salino é o desvio de energia do crescimento para a manutenção, ou seja, a redução na matéria seca pode afetar o custo metabólico de energia, associado à adaptação a salinidade e redução no ganho de biomassa (RICHARDSON & MCCREE, 1985), e isso foi apresentado no peso do sistema radicular, dependendo da salinidade e da condição micorrízica o acúmulo da biomassa foi maior nessas partes da planta, na tentativa de aliviar os efeitos salinos. Outra possível explicação do comportamento dos valores dessa variável é o efeito da baixa polinização que as plantas de milho tiveram, tendo em vista que o principal agente polinizador do milho é o vento, e o experimento foi conduzido em casa de vegetação. Além disso, o milho crioulo apresenta variabilidade em suas características da espiga, como tamanho, grãos e peso.

O número de sementes foi afetado pelo efeito micorrízico e pela interação dos fatores em estudo. Conforme análise de regressão, no tratamento M1 o número de sementes foi afetado pelo aumento dos níveis salinos (Gráfico 3B). O menor valor obtido foi 196 grãos, correspondendo a 2,5 de dS m⁻¹, uma redução equivalente de 45,58% em relação a testemunha (0,5 dS m⁻¹). Em M2, não houve ajuste de regressão. Contudo, pelo teste de médias, o maior valor obtido, 433 sementes, foi no nível de 1,8 dS m⁻¹, um aumento expressivo de 90,4% em média, em relação a produção dos níveis de 0,5, 3,1 e 4,4 dS m⁻¹ (Gráfico 3B). Em M3, não houve diferenças entre os tratamentos, permanecendo a produção em médias de 371 sementes, independente do nível salinos (Gráfico 3B).

Comparando os tratamentos micorrízicos, nota-se melhor produção em M1 e M3 no nível de 0,5 dS m⁻¹, e em M2 e M3 no nível de 1,8 dS m⁻¹. A 0,5 dS m⁻¹, os tratamentos M1 e M3 produziram, em média, 385 sementes, uma diferença média de 162 sementes em relação a M2 no mesmo nível salino. Para o nível de 1,8 dS m⁻¹, os tratamentos M2 e M3 mantiveram uma produção média de 409 sementes, representando um aumento de 109% em relação à testemunha (M1) no mesmo nível salino. Nos demais níveis salinos, não houve diferença significativa entre os tratamentos micorrízicos (Gráfico 3B)

O peso de 100 sementes, foram influenciados pela CEa. Nota-se ajuste dessa variável ao modelo quadrático da equação. Conforme observado, o maior valor observado foi de 39,54g correspondente ao ponto máximo da curva em 2,2 de dS m⁻¹, demonstrando um ganho de 18,6% e 33,7% quando comparado com o menor e maior CEa 0,5 e 4,4 dSm⁻¹ respectivamente.

Podemos observar que o comportamento dos valores do gráfico não sofreu influência das condições micorrízicas, apenas a salinidade influenciou esse parâmetro. O peso de 100 foram reduzidos pelo efeito da salinidade, mantendo seu maior valor em níveis de CEa de, 2,2 CEa (dS m^{-1}) (Gráfico 3C). Esses resultados indicam que a salinidade afetou o enchimento das sementes, provavelmente devido há maiores gastos energéticos, direcionado para a defesa das plantas sob condições de estresse salino (AZEVEDO & TABOSA, 2000; WILLADINNO, et. al., 1994).

6. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados adquiridos nessa pesquisa, foi observado que o uso do fungo micorrízico arbuscular (*Gigaspora albida*) causou efeitos benéficos no desenvolvimento e do milho crioulo em condições de estresse salino. O tratamento M3 (solo não autoclavado com fungos micorrízicos) mostrou uma maior eficiência na mitigação do estresse salino. O acúmulo de biomassa na parte aérea e na raiz; relação parte aérea/raiz; altura da planta; produção de grãos por espiga e peso da espiga com palha atingiram maiores valores em níveis intermediários de salinidade (até 2,0 dS m⁻¹).

A pesquisa ainda mostra que elevados níveis de salinidade afeta diretamente o crescimento, desenvolvimento e a produtividade do milho crioulo, mesmo na presença do fungo micorrízico arbuscular. Porém, mesmo com as perdas de biomassa ocasionado pelo aumento excessivo dos níveis salinos, a condição micorrízica M3 apresentou melhor desenvolvimento entre os tratamentos.

Sendo assim, o uso desse fungo se destaca como uma biotecnologia promissora para agricultores em regiões semiáridas, onde a salinidade do solo e da água é um problema que limita a produtividade agrícola. Dessa forma, este trabalho contribui para ampliar conhecimentos sobre práticas agrícolas sustentáveis, melhorando o manejo dos recursos hídricos e a produção de alimentos em regiões com escassez hídrica.

7. REFERÊNCIAS

ABDEL-FARID, Ibrahim Bayoumi et al. Effect of Salinity Stress on Growth and Metabolomic Profiling of *Cucumis sativus* and *Solanum lycopersicum*. **Plants**, v. 9, n. 11, p. 1626, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9111626>. Disponível: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/11/1626>. Acesso em: 06 jun. 2024.

ALI, A.; ADNAN, M.; ABBAS, A.; JAVED, M. A.; SAFDAR, M. E.; ASIF, M.; IMRAN, M.; IQBAL, T.; REHMAN, F. U.; AHMAD, R. Comparative performance of various maize (*Zea mays* L.) cultivars for yield and related attributes under semi-arid environment. **Agricultural and Biological Research**, v. 36, n. 4, p. 63-66, 2020.

Ali, Y.; Aslam, Z.; Ashraf, M.Y.; Tahir, G.R. Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline environment. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2004, 1, 221–225. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03325836>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/bf03325836>. Acesso em: 20 jul. 2024.

AMARAL, Kárlia DS; NAVONI, Julio A. Desalination in rural communities of the Brazilian semi-arid region: Potential use of brackish concentrate in local productive activities. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 169, p. 61-70, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.10.040>. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582022009053>. Acesso em: 06 jun. 2024.

AUGÉ, Robert M.; TOLER, Heather D.; SAXTON, Arnold M. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and osmotic adjustment in response to NaCl stress: a meta-analysis. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 562, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00562>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2014.00562/full>. Acesso em: 20 jul. 2024.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 29).

AZEVEDO NETO, André Dias de; TABOSA, José Nildo. Estresse salino em plântulas de milho: parte I análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 159-164, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662000000200005>. Disponível em: [scielo.br/j/rbeaa/a/tpDLWBV47sWGvssWLVFDx6H/?lang=pt](https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/tpDLWBV47sWGvssWLVFDx6H/?lang=pt). Acesso em: 05 ago. 2024.

BARBOSA, Marisângela Viana et al. Do different arbuscular mycorrhizal fungi affect the formation and stability of soil aggregates?. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, p. e003519, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943003519>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/kdL7rT4YkR9WKDcChy9ykFd/?lang=en&format=html>. Acesso em: 05 ago. 2024.

BENINCASA, Margarida Maria Pereira. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Funep, 1988.

BHARTI, Nidhi et al. Plant growth promoting rhizobacteria *Dietzia natronolimnaea* modulates the expression of stress responsive genes providing protection of wheat from salinity stress. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-16, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep34768>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep34768>. Acesso em: 20 jul. 2024.

BROWN, Margaret E. Seed and root bacterization. 1974. DOI: 10.1146/annurev.py.12.090174.001145. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19741913424>. Acesso em: 05 jul. 2024.

CAMPOS, D. T da S.; ANDRADE, J. A da C.; CASSIOLATO, A. M. R. Crescimento e micorrização de genótipos de milho em casa de vegetação. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 555-562, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000300006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/LTmDLgFq7qcjBdmncdkLYHK/?lang=pt>. Acesso em: 15 jun. 2024.

ČATSKÁ, V. Smith, SE, Read, DJ: Mycorrhizal Symbiosis. 1997. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1000902213906>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1000902213906>. Acesso em: 05 jul. 2024.

CAVAGNARO, Timothy R. et al. The role of arbuscular mycorrhizas in reducing soil nutrient loss. **Trends in Plant Science**, v. 20, n. 5, p. 283-290, 2015. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385\(15\)00056-4](https://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385(15)00056-4). Acesso em: 05 ago. 2024.

CHEN, J., ZHANG, H., ZHANG, X. E TANG, M.. A simbiose micorrízica arbuscular alivia o estresse salino em acácia-negra por meio da fotossíntese melhorada, do estado hídrico e da homeostase K⁺/Na⁺. **Front. Plant.** 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01739>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2017.01739/full>. Acesso em: 10 jun. 2024.

COSTA, Francisco HR et al. Maize crop yield in function of salinity and mulch. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 840-846, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n12p840-846>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/L3BVnttGX5Qyhqc5fBWhzhC/#>. Acesso em: 10 jun. 2024.

CREUS, Cecilia M.; SUELDO, Rolando J.; BARASSI, Carlos A. Water relations in Azospirillum-inoculated wheat seedlings under osmotic stress. **Canadian Journal of Botany**, v. 76, n. 2, p. 238-244, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1139/b97-178>. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/b97-178>. Acesso em: 05 jul. 2024.

DASTOGEER, Khondoker MG et al. Plant salinity tolerance conferred by arbuscular mycorrhizal fungi and associated mechanisms: a meta-analysis. **Frontiers in plant science**, v. 11, p. 588550, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.588550>. Disponível: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2020.588550/full>. Acesso em: 10 jun. 2024.

DE SOUSA, Geocleber Gomes et al. Estresse salino e cobertura vegetal morta na cultura do milho. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 7, p. 3078-3089, 2018. DOI: [10.7127/rbai.v12n700889](https://doi.org/10.7127/rbai.v12n700889). Acesso em: 29 jun. 2024.

DA CUNHA, Rafaela Cristina et al. Ação de bioestimulante no desenvolvimento inicial do milho doce submetido ao estresse salino. **Irriga**, v. 1, n. 01, p. 191-191, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n01p191-204>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1855>. Acesso em: 5 ago. 2024.

EHMAN, F. U.; ADNAN, M.; KALSOOM, M.; NAZ, N.; HUSNAIN, M. G.; ILAHI, H.; ILYAS, M. A.; YOUSAF, G.; TAHIR, R.; AHMAD, U. Seed-borne fungal diseases of Maize (*Zea mays* L.): A review. **Agrinula: Jurnal Agroteknologi Dan Perkebunan**, v. 4, n. 1, p. 43-60, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36490/agri.v4i1.123>. Acesso em: 25 jun. 2024.

EICHOLZ, E. D. et al. Produção de sementes e conservação de variedades de milho de polinização aberta e crioulos. 2017. Disponível: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1084529/1/Documento447.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2009. 230 p. Disponível: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330496>. Acesso em: 10 jun. 2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Produção de sementes e conservação de variedades de milho de polinização aberta e crioulos / Eberson Diedrich Eicholz... [et al.]. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1084529/1/Documento447.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2019. Milho -Caracterização e Desafios Tecnológicos, Série desafios do agronegócio brasileiro (NT2).

ETESAMI, Hassan et al. The combined use of silicon and arbuscular mycorrhizas to mitigate salinity and drought stress in rice. **Environmental and experimental botany**, v. 201, p. 104955, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104955>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847222001770>. Acesso em: 10 jun. 2024.

EVELIN, Heikham et al. Mitigation of salinity stress in plants by arbuscular mycorrhizal symbiosis: current understanding and new challenges. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 470, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00470>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2019.00470/full>. Acesso em: 25 jun. 2024.

EVELIN, Heikham; KAPOOR, Rupam; GIRI, Bhoopander. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. **Annals of botany**, v. 104, n. 7, p. 1263-1280, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcp251>. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/104/7/1263/165667?login=false>. Acesso em: 10 jun. 2024.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yyWQQVwqNcH6kzf9qT9Jdhv/>. Acesso em: 15 jun. 2024.

FOLLI-PEREIRA, Muriel da Silva et al. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1663-1679, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/9ykCpRMQhZRFvsgTKFZgF4D/?format=pdf>. Acesso em: 25 jun. 2024.

GUPTA, Bhaskar; HUANG, Bingru. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. **International journal of genomics**, v. 2014, n. 1, p. 701596, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/701596>.

Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2014/701596>. Acesso em: 20 jul. 2024.

Hidri, R., Barea, J., Mahmoud, OM-B., Abdelly, C., e Azcón, R. (2016). Impacto da inoculação microbiana no acúmulo de biomassa por proveniências de *Sulla carnosa* e na regulação da nutrição, atividades fisiológicas e antioxidantes desta espécie em condições não salinas e salinas. *J. Plant Physiol.* 201, 28–41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.06.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0176161716301110>. Acesso em: 05 jul. 2024.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; NETO, MF HOLANDA. AC; SÁ, FVS Qualidade da água para irrigação. GHEYI, HR; DIAS, NDAS; LACERDA, CF DE; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**, v. 2, p. 35-46. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1899-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-013-1899-2>. Acesso em: 05 ago. 2024.

KAMRAN, Muhammad et al. An overview of hazardous impacts of soil salinity in crops, tolerance mechanisms, and amelioration through selenium supplementation. **International journal of molecular sciences**, v. 21, n. 1, p. 148, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21010148>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/21/1/148>. Acesso em: 20 jul. 2024.

KHALLOUFI, Mouna et al. The interaction between foliar GA3 application and arbuscular mycorrhizal fungi inoculation improves growth in salinized tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants by modifying the hormonal balance. **Journal of plant physiology**, v. 214, p. 134-144, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.04.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0176161717301153>. Acesso em: 05 ago. 2024.

KUMAR, Akhilesh et al. Plant growth-promoting bacteria: biological tools for the mitigation of salinity stress in plants. **Frontiers in microbiology**, v. 11, p. 1216, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01216>. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2020.01216/full>. Acesso em: 15 jun. 2024.

KUMAR, Akhilesh; VERMA, Jay Prakash. Does plant—microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review?. **Microbiological research**, v. 207, p. 41-52, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.11.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501317307954>. Acesso em: 20 jul. 2024.

LEIFHEIT, Eva F. et al. Multiple factors influence the role of arbuscular mycorrhizal fungi in soil aggregation—a meta-analysis. **Plant and Soil**, v. 374, p. 523-537, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1899-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-013-1899-2>. Acesso em: 05 ago. 2024.

LEVY, Y.; DODD, J.; KRIKUN, J. Effect of irrigation, water salinity and rootstock on the vertical distribution of vesicular-arbuscular mycorrhiza in citrus roots. **New Phytologist**, v. 95, n. 3, p. 397-403, 1983. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1983.tb03507.x>. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1469-8137.1983.tb03507.x>. Acesso em: 05 jul. 2024.

LIU, A. et al. Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. **Mycorrhiza**, v. 9, p. 331-336, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1007/s005720050277>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s005720050277>. Acesso em: 05 ago. 2024.

MARANGON, Bianca Barros et al. **Reuse of treated municipal wastewater in productive activities in Brazil's semi-arid regions**. Journal of Water Process Engineering, v. 37, p. 101483, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101483>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714420303615>. Acesso em: 15 jun. 2024.

MILJUS-DJUKIC, Jovanka et al. Differential response of three contrasting pea ('Pisum arvense, P. sativum' and P. 'fulvum') species to salt stress: Assessment of variation in antioxidative defence and miRNA expression. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 13, p. 2145-2153, 2013. Disponível em: <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.801406649364396>. Acesso em: 20 jul. 2024.

NDIATE, Ndiaye Ibra et al. Soil amendment with arbuscular mycorrhizal fungi and biochar Improves salinity tolerance, growth, and lipid metabolism of common wheat (Triticum aestivum L.). **Sustainability**, v. 14, n. 6, p. 3210, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14063210>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/6/3210>. Acesso em: 25 jun. 2024.

OLIVEIRA, André Moreira et al. Physical-chemical assessment of the waters from dessalinization process of salobros and salinos wells in rural communities of the west potiguar. 2017. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122436/records/64747f72bf943c8c7987cd57>. Acesso em: 25 jun. 2024.

OLIVEIRA, Francisco de A. de et al. Interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 480-486, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000500003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/qXQ566rNXSTcM55N3gfhcNx/?lang=pt>. Acesso em: 25 jun. 2024.

OLIVEIRA, Francisco de Assis de et al. Tolerance of potted gherkin to salinity of irrigation water. **Revista Ceres**, v. 61, p. 147-154, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000100020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/QxmWYX7Sj8SBTTMD6HZv7YB/abstract/?lang=en>. Acesso em: 2 ago. 2024.

RICHARDSON, Steven G.; MCCREE, Keith J. Carbon balance and water relations of sorghum exposed to salt and water stress. **Plant Physiology**, v. 79, n. 4, p. 1015-1020,

1985. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.79.4.1015>. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/79/4/1015/6083703?login=false>. Acesso em: 05 ago. 2024.

RODRIGUES, Valdécio dos S. et al. Yield of maize crop irrigated with saline waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 101-105, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n2p101-105>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/rSzFSFfswqqMKcyTJbwgDYy/#>. Acesso em: 25 jun. 2024.

RUIZ-LOZANO, Juan Manuel et al. Regulation by arbuscular mycorrhizae of the integrated physiological response to salinity in plants: new challenges in physiological and molecular studies. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 11, p. 4033-4044, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ers126>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/63/11/4033/603970?login=false>. Acesso em: 20 jul. 2024.

SHALHEVET, Joseph; HUCK, Morris G.; SCHROEDER, Bryan P. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. **Agronomy Journal**, v. 87, n. 3, p. 512-516, 1995. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700030019x>. Disponível em: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1995.00021962008700030019x>. Acesso em: 05 ago. 2024.

SANTOS, Ana Silvia Pereira et al. Proposição de uma metodologia estruturada de avaliação do potencial regional de reúso de água: 01–terminologia e conceitos de base. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, p. 1-17, 2021.

SEMARH - Secretaria de estado de meio ambiente e dos recursos hídricos -Plano Estadual de Recursos Hídricos. (relatório síntese). Disponível em: <http://www.semarh.rn.gov.br/>. Acesso em: 25 jan. 2014.

SHENG, Min et al. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. **Mycorrhiza**, v. 18, p. 287-296, 2008. DOI:

<https://doi.org/10.1007/s00572-008-0180-7>. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00572-008-0180-7>. Acesso em: 05 ago. 2024.

SILVA, Francineyde A.; MAIA, Leonor C.; SILVA, Fábio SB. Arbuscular mycorrhizal fungi as biotechnology alternative to increase concentrate of secondary metabolites in Zea mays L. **Brazilian Journal of Botany**, v. 42, p. 189-193, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40415-018-0508-2>. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s40415-018-0508-2>. Acesso em: 25 jun. 2024.

SILVA, Heysell Dodanig Delgado; MONTROYA, Laura Victoria Gutiérrez. Hongos micorrizas arbusculares: la simbiosis de los múltiples beneficios. **Revista Ciencia y Tecnología El Higo**, v. 12, n. 2, p. 2-14, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5377/elhigo.v12i2.15196>. Disponível em:
<https://revistas.uni.edu.ni/index.php/Higo/article/view/765>. Acesso em: 25 jun. 2024.

SILVA, Jéssika Santos; UTSUMI, Alex Garcez; DOS SANTOS, Carla Eloísa Diniz. Potencial de Utilização de Água de Reúso em Polo Nacional de Agricultura Irrigada. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 3, p. 1175-1185, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/256952/43848>. Acesso em: 25 jun. 2024.

SINGH, Brajesh K. et al. Emerging microbiome technologies for sustainable increase in farm productivity and environmental security. **Microbiology Australia**, v. 39, n. 1, p. 17-23, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1071/MA18006>. Disponível em:
<https://www.publish.csiro.au/MA/MA18006>. Acesso em: 20 jul. 2024.

SINGH, P. K.; SHAHI, S. K.; SINGH, A. P. Effects of salt stress on physico-chemical changes in maize (Zea mays L.) plants in response to salicylic acid. **Indian J. Plant Sci**, v. 4, n. 1, p. 69-77, 2015.

SINGH, Pradeep Kumar; SINGH, Meenakshi; TRIPATHI, Bhumi Nath. Glomalin: an arbuscular mycorrhizal fungal soil protein. **Protoplasma**, v. 250, p. 663-669, 2013. DOI: SOARES, Tales M. et al. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**

Ambiental, v. 10, p. 730-737, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300028>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/LWX7MTdbcWPVxSCHpjGrZdd/>. Acesso em: 25 jun. 2024.

SOMAYEH, Movafegh; ROGHIE, Razeghi Jadid; SHADI, Kiabi. Effect of salinity stress on chlorophyll content, proline, water soluble carbohydrate, germination, growth and dry weight of three seedling barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v. 8, n. 4, p. 157-168, 2012. Disponível em: <https://cyberleninka.ru/article/n/effect-of-salinity-stress-on-chlorophyll-content-proline-water-soluble-carbohydrate-germination-growth-and-dry-weight-of-three-seedling>. Acesso em: 20 jul. 2024.

SONAR, B. A. et al. Assessment of salinity-induced antioxidative defense system in *Colubrina asiatica* Brongn. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v. 7, n. 3, p. 193-200, 2011. Disponível em: <https://cyberleninka.ru/article/n/assessment-of-salinity-induced-antioxidative-defense-system-in-colubrina-asiatica-brongn>. Acesso em: 20 jul. 2024.

SUBRAMANIAN, Kizhaeral S.; CHAREST, Christiane. Influence of arbuscular mycorrhizae on the metabolism of maize under drought stress. **Mycorrhiza**, v. 5, p. 273-278, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00204961>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00204961>. Acesso em: 05 ago. 2024.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I.; Murphy, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 7.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

VAN DER HEIJDEN, Marcel GA et al. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, v. 396, n. 6706, p. 69-72, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1038/23932>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/23932>. Acesso em: 05 jul. 2024.

VAN VLIET, Michelle TH et al. Global water scarcity including surface water quality and expansions of clean water technologies. **Environmental Research Letters**, v. 16, n.

2, p. 024020, 2021. DOI: 10.1088/1748-9326/abbfc3. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abbfc3/meta>. Acesso em: 05 jul. 2024.

VIERHEILIG, H. et al. Accumulation of cyclohexenone derivatives in barley, wheat and maize roots in response to inoculation with different arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, v. 9, p. 291-293, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1007/PL00009994>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/PL00009994>. Acesso em: 05 ago. 2024.

WILLADINO, L. et al. Tolerancia de cultivares de maiz a la salinidad en diferentes fases de desarrollo. In: **Simposio Nacional sobre Nutrición Mineral de las Plantas**. 1992. p. 487-494.

ZHANG, Shiyong et al. Salt-tolerant and plant-growth-promoting bacteria isolated from high-yield paddy soil. **Canadian journal of microbiology**, v. 64, n. 12, p. 968-978, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjm-2017-0571>. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/cjm-2017-0571>. Acesso em: 20 jul. 2024.

ZHU, Xiancan; SONG, Fengbin; XU, Hongwen. Influence of arbuscular mycorrhiza on lipid peroxidation and antioxidant enzyme activity of maize plants under temperature stress. **Mycorrhiza**, v. 20, p. 325-332, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00572-009-0285-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00572-009-0285-7>. Acesso em: 05 ago. 2024.