

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

MIDOUIN LIDELIAS

**USO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE
PLANTAS E MICORRIZA ARBUSCULAR NO ALÍVIO DE ESTRESSE
SALINO EM MILHO**

RECIFE

2023

MIDOUIN LIDELIAS
Engenheiro Agrônomo

**Uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas e micorriza arbuscular no alívio
de estresse salino em milho**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientadora: Prof^a. Dra. Giselle Gomes Monteiro Fracetto

Coorientador: Prof. Dr. Edivan Rodrigues de Souza

**Recife
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M 629u Lidélias, Midouin
 Uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas e micorriza arbuscular no alívio de estresse salino em milho / Midouin Lidélias. - 2023.
 68 f. : il.
- Orientadora: Giselle Gomes Monteiro Fracetto.
 Coorientador: Edivan Rodrigues de Souza.
 Inclui referências e apêndice(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Recife, 2023.
1. Etileno. 2. ACC Deaminase. 3. FMA. 4. Co-inoculação . I. Fracetto, Giselle Gomes Monteiro, orient. II. Souza, Edivan Rodrigues de, coorient. III. Título

CDD 631.4

MIDOUIN LIDELIAS

Uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas e micorriza arbuscular no alívio de estresse salino em milho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Aprovada em 10 de 02 de 2023

Profa. Dra. Giselle Gomes Monteiro Fracetto

Orientadora

Universidade Federal Rural de Pernambuco

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Prof. Dr. Arthur Prudêncio de Araujo Pereira

Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Edivan Rodrigues de Souza

Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Ninguém pode ter sucesso sozinho. Deus sempre coloca pessoas no seu caminho, que vão te ajudar, e te treinar, que te façam disciplinar, ter confiança em si mesmo, e que você tenha confiança nelas para poder ter sucesso e concretizar os teus sonhos. Não há palavras para expressar minha gratidão a você que mostrou sua boa vontade em me ajudar, e que me permitiu crescer e alcançar este objetivo.

A Deus criador pelos seus feitos maravilhosos na minha vida. É meu Pastor, e nada me faltará (Salm. 23:1).

À minha orientadora, Prof^a. Dr.^a Giselle Gomes Monteiro Fracetto pela orientação durante esses tempos benéficos, e quem sempre me considera como um filho.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela formação profissional.

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

Aos coorientadores dessa pesquisa, Dr. Edivan Rodrigues de Souza, Dr. Felipe José Cury Fracetto, Prof. Dr. Mario de Andrade Lira Júnior e Dr. Monaliza Alves pela parceria e apoio na realização desta pesquisa

Ao nosso grupo, em particulares à Cíntia Gouveia, Stella, Petronio, Alysson, William, Mateus, Nayara e Flávia. Obrigado por tudo e pelos momentos inesquecíveis.

Ao grupo de laboratório de microbiologia de solos em particular Adriana Bezzera, Isabel Coreia, Raquel, Pamela, Suede, Vitoria Araújo, Amanda de Lima, Grissogno e Joyce pelos conselhos, e os compartilhados.

Aos grupos de laboratório de Física, química ambiental e química do solo. Jaciane, Rafael, Franki, Louis, Adriana e Pedro pela toda sua ajuda.

As minhas colegas de Turma, Karolynne, Georgia, Vitória Brito, Rayanna, Edilson, pela acolhida calorosa e amizade. Meus ajudantes de estagiários, Eduarda, Diogo, Gabi, Gabizinha, e Raysa por contribuir nessa conquista.

A meus conterrâneos, Jimmy Desrosiers e Fabiola Vital, irmãos e irmãs de PR-Bilíngue da PIBCDU, amigos Carlos, Alvaro, Julio e René, pela convivência com vocês.

A Minha noiva, Widmyre Rousseau, pelo apoio moral, por sua paciência e compreensão nos momentos difíceis.

A minha família, minha mãe e meu pai, irmãs Paola e Martha, irmãos Lou-Loo e Jean Luc, primos e primas Denold, Evince, Maudeline e Joceline por todo amor, pelo carinho e apoio durante este estudo e na minha vida.

A todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte dessa realização pelas orações, motivações e conselhos, o meu muito obrigado.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.-** Representação da biossíntese de etileno, onde S -adenosil- L -metionina (SAM) é convertido em 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) pela enzima ACC synthase (ACS), O ACC é convertido em etileno por 1-aminociclopropano-1-carboxilato oxidase. 19
- Figura 2.-** Produção de Inóculo micorrízicos arbusculares pela multiplicação de esporos do fungo *Rhizophagus clarus* pelo cultivo de milho.....27
- Figura 3.-** Fluorescência da clorofila a F_o , F_m , F_v , F_v/F_o e F_v/F_m em milho, co-inoculado com bactéria promotora de crescimento de planta e fungo micorrízico arbuscular sob estresse salino35
- Figura 4.-** Potencial hídrico (Ψ_w), potencial osmótico (Ψ_s) e vazamento eletrolítico pelos diferentes Concentrações de NaCl (mM) em milho co-inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrízico arbuscular (FMA) sob estresse salino..... 37
- Figura 5.-** Colonização micorrízica em milho co-inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrízico arbuscular (FMA) sob estresse salino.....41
- Figura 6.-** Colonização micorrízica em milho co-inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrízico arbuscular (FMA) em diferentes concentrações de NaCl.....41

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1-** Mecanismos de promoção de crescimento dos de plantas dos isolados selecionados (10), para os testes de promoção de crescimento de *Zea mays* L. obtidos do solo rizosférico e do solo adjacente da *Mimosa bimucronata* em uma lagoa temporária. 26
- Tabela 2-** Promoção de crescimento da planta de milho e alívio de estresses salinos pela co-inoculação de Bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) e de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pelas variáveis de altura da planta (Alt), diâmetro de caule (DC), área foliar total (AFT) e massa seca da parte aérea (MSPA). 32
- Tabela 3-** Altura da planta (Alt), diâmetro de caule (DC), área foliar total (AFT) e massa seca da parte aérea (MSPA) de milho co-inoculado com bactéria promotora de crescimento de planta e fungo micorrízico arbuscular sob estresse salino 33
- Tabela 4-** Análise dos transientes da fluorescência da clorofila a em planta de milho co-inoculado com bactéria promotora de crescimento de planta e fungo micorrízico arbuscular sob estresse salino. 34
- Tabela 5-** Potencial hídrico (Ψ_w), potencial osmótico (Ψ_s) e vazamento eletrolítico (VE) em milho co-inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrízico arbuscular (FMA) sob estresse salino 36
- Tabela 6-** Potencial osmótico em milho co-inoculado de bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrízico arbuscular (FMA) sob estresse salino. 38
- Tabela 7-** Teores médios de cloro, sódio, potássio, e das relações de N^+/K^+ e K^+/Na^+ na parte aérea de milho co-inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrízico arbuscular (FMA) sob estresse salino. 40

Uso de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas e Micorriza Arbuscular no Alívio de Estresse Salino em Milho

RESUMO

A planta sob condições de estresse salino produz grandes quantidades de etileno, o qual afeta o seu crescimento e desenvolvimento. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) e produtoras de ACC deaminase combinado com fungo micorrízico arbuscular (FMA) (*Rizhopagus clarus*) no crescimento e desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.) em condições de estresse salino. O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Federal Rural de Pernambuco, organizados em blocos casualizados, com cinco repetições, com os seguintes tratamentos: i- dez co-inoculações de BPCP e FMA; ii- três concentrações de NaCl (0, 40 e 80 mM); e iii- dois controles com inoculação de FMA e sem inoculação. O experimento foi colhido aos 53 dias após o plantio. Foram analisados os parâmetros da promoção crescimento de planta, altura (Alt), diâmetro do caule (DC), área foliar total (AFT), massa seca da parte aérea (MSPA), os parâmetros fisiológicos, transientes da fluorescência da clorofila a, potencial hídrico (Ψ_w), potencial osmótico (Ψ_s) e vazamento eletrólitos (VE), e a alocação de sais na parte aérea da planta pelos elementos químicos cloreto, sódio e potássio e a colonização micorrízica. Os resultados por efeitos separados mostraram que o estresse salino reduziu significativamente o crescimento do milho e seus atributos fisiológicos. No entanto, as co-inoculações de 28-10+FMA e 43+FMA, respectivamente, aumentaram significativamente o crescimento da AFT e da MSPA comparado com o controle de FMA, e um destaque significativo de 28-10+FMA na MSPA comparado com o controle sem inoculação. Além disso, as co-inoculações de BPCP e FMA diminuíram os efeitos de sais pelos parâmetros da fluorescência da clorofila a, exceto a fluorescência inicial, sendo mantida tolerante a capacidade fotossintética do fotossistema II (PSII) sob estresse salino. Além disso, mantiveram tolerante a planta do milho em Ψ_s reduzido, sendo com maior tolerância pelas co-inoculações 24-1+FMA, 28-10+FMA e 28-7+FMA, e de FMA comparado com o controle sem inoculação. Por outro lado, o Ψ_w e VE não apresentaram diferença significativa em seus respectivos valores entre os tratamentos e as concentrações de NaCl. Para a alocação de sais na parte aérea do milho, observou-se um aumento significativo na concentração de Cl^- , Na^+ e Na^+/K^+ e, conseqüentemente, uma diminuição no íon K^+ e da razão K^+/Na^+ com o aumento da concentração de NaCl de 0 para 40 e 80 mM. Porém, as co-inoculações de BPCP e FMA reduziram as concentrações de Cl^- , Na^+ e Na^+/K^+ exceto as co-inoculações 43+FMA e 59-3+FMA que foram tolerantes ao alto nível de Cl^- e da razão Na^+/K^+ . Assim, as co-inoculações aumentaram a razão K^+/Na^+ e favoreceram o bom desenvolvimento do milho com melhor absorção do K^+ para a planta. Além disso, as co-inoculações 28-10+FMA, 43+FMA, 52+FMA, 70+FMA e 85+FMA apresentaram as melhores colonizações micorrízicas que não foram significativas comparado com o controle de FMA que foi reduzida sobre estresse salino. No presente estudo testou-se dez bactérias combinadas com a FMA, e as combinações que apresentaram os melhores resultados foram a 28-10, 43, 28-7, 24-1 e 85. Sendo assim, por aliviar o estresse salino em milho, a co-inoculação dessas bactérias com o FMA será testada em experimentos com solo não estéril.

Palavras-chave: Etileno. ACC Deaminase. FMA. Co-inoculação.

Use of Plant Growth Promoting Bacteria and Arbuscular Mycorrhiza in Saline Stress mitigation in Maize

ABSTRACT

The plant under saline stress conditions produces large amounts of ethylene, which affects its growth and development. The objective of this work was to evaluate the effect of inoculation of plant growth promoting bacteria (PGPB) and ACC deaminase producers combined with arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) (*Rizhopagus clarus*) on the growth and development of maize (*Zea mays* L.) in saline stress conditions. The experiment was carried out in a greenhouse at the Federal Rural University of Pernambuco, organized in randomized blocks, with five replications, with the following treatments: i- ten co-inoculations of PGPB and AMF; ii- three concentrations of NaCl (0, 40 and 80 mM); and iii- two controls with AMF inoculation and without inoculation. The experiment has harvested 53 days after planting. This study was based on analyzes of plant biometrics as height (Alt), stem diameter (DC), total leaf area (AFT), shoot dry mass (MSPA) and physiological parameters as transients of chlorophyll a fluorescence, water potential (Ψ_w), osmotic potential (Ψ_s) and electrolyte leakage (VE). In addition, allocation of salts in shoot of plant by the chemical elements chloride, sodium, potassium, and mycorrhizal colonization have analyzed. The results by separate effects showed that salt stress significantly reduced maize growth and its physiological attributes. However, co-inoculations of 28-10+ AMF and 43+ AMF respectively significantly increased the growth of AFT and MSPA compared to the AMF control, and a significant enhancement of 28-10+ AMF in MSPA compared to the control without inoculation. Moreover, the co-inoculations of PGPB and AMF reduced the effects of salts by the fluorescence parameters of chlorophyll a, except for the initial fluorescence, and maintained tolerant photosynthetic capacity of photosystem II (PSII) under saline stress. Furthermore, the co-inoculations 24-1+AMF, 28-10+AMF and 28-7+AMF kept the maize plant tolerant at reduced Ψ_s ; same observation was made of AMF compared to the control without inoculation. On the other hand, Ψ_w and VE showed no significant difference in their respective values between treatments and NaCl concentration. For the salts allocation in shoots maize, a significant increase in the concentration of Cl^- , Na^+ and Na^+/K^+ was observed, consequently a decrease in the K^+ ion and the K^+/Na^+ ratio with the increase of the NaCl concentration from 0 to 40 and 80 mM. However, the PGPB and AMF co-inoculations reduced the Cl^- , Na^+ and Na^+/K^+ concentrations, except for the 43+ AMF and 59-3+ AMF co-inoculations, which were tolerant to the high level of Cl^- and Na^+/K^+ ratio. Thus, the co-inoculations increased the K^+/Na^+ ratio and favored the good development of corn with better absorption of K^+ by the plant. Furthermore, the 28-10+ AMF, 43+ AMF, 52+ AMF, 70+ AMF, and 85+ AMF co-inoculations showed improved mycorrhizal colonization that was not significant compared to the control AMF which was reduced under salt stress. In the present study, ten bacteria combined with AMF were tested, and the combinations that showed the best results were 28-10, 43, 28-7, 24-1 and 85. The co-inoculation of these bacteria with AMF will be tested in experiments with non-sterile soil.

Keywords: Ethylene. ACC Deaminase. AMF. Co-inoculation.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Hipóteses	13
1.2 Objetivos.....	14
1.2.1 Geral	14
1.2.2 Específicos.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Estresse salino	14
2.2 Etileno nas plantas	16
2.3 Controle do estresse pela ACC deaminase	18
2.3 Bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP)	19
2.5 Fungos Micorrízicos Arbusculares	20
2.6 Cultura do Milho	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Seleção de cepas de BPCPs	26
3.2 Produção do inóculo micorrízico.....	26
3.3 Montagem do ensaio em casa de vegetação	28
3.4 Análise das plantas	29
3.4.1 Fluorescência de clorofila.....	29
3.4.2 Potencial hídrico.....	30
3.4.3. Potencial osmótico.....	30
3.4.4 Vazamento de eletrólitos	30
3.4.5 Alocação de sais no tecido vegetal	31
3.5 Colonização micorrízica	31
3.6 Análises Estatísticas.....	31
4 RESULTADOS	32
4.1 Promoção de crescimento e alívio de estresses salinos da co-inoculação de BPCP e de FMA em planta de milho (<i>Zea mays L.</i>)	32
4.2 Análise da fluorescência da clorofila a, fluorescências inicial (F_o), máxima (F_m), variável (F_v), rendimento quântico variável (F_v/F_o) e rendimento quântico máximo (F_v/F_m) em planta de milho (<i>Zea mays L.</i>) com co-inoculação de BPCP e FMA no alívio de estresse salino	33

4.3 Crescimento e alívio de estresses salinos pela co-inoculação de BPCP e de FMA em planta de milho (<i>Zea mays L.</i>) pelas variáveis de potencial hídrico (Ψ_w), potencial osmótico (Ψ_s) e vazamento eletrolítico (VE).....	35
4.4 Análise dos teores médios de cloro (Cl^-), sódio (Na^+), potássio (K^+), e das relações de....	38
4.5 Colonização micorrízica em milho co-inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrizico arbuscular (FMA) sob estresse salino	41
5 DISCUSSÃO	42
5.1 Promoção de crescimento de milho sob estresse salino.....	42
5.2 Parâmetros dos transientes da clorofila a (F_o , F_m , F_v , F_v/F_o e F_v/F_m).....	43
5.3 Potencial osmótico (Ψ_s) em milho sob estresse salino	44
5.4 Teores médios de cloro (Cl^-), sódio (Na^+), potássio (K^+), e das relações de Na^+/K^+ e K^+/Na^+ na parte aérea da planta de milho sob estresse salino	44
5.5 Colonização micorrízica pelos diferentes tratamentos combinados de BPCP e FMA sob estresse salino.....	46
6 CONCLUSÃO	46
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
APÊNDICES.....	66

1 INTRODUÇÃO

Em qualquer região ou lugar do mundo existem grandes áreas salinas que são de origem natural ou antrópica, podendo, com o passar do tempo, afetar a produtividade agrícola pela degradação do solo. Os solos dessas áreas possuem um nível de salinidade cuja concentração em condutividade pode atingir mais de 4 dS/m e podem ser encontrados em regiões áridas e semiáridas comumente irrigáveis, como acontece na região nordeste do Brasil.

A salinidade nessas áreas é um tipo de estresse abiótico que afeta a planta e esta produz altos níveis de concentração de seus principais hormônios como as auxinas e etileno, o qual em baixa concentração contribui para o crescimento e desenvolvimento da planta. Entretanto, quando o etileno é produzido em grandes quantidades atua como um inibidor do comprimento das raízes, causando senescência e abscisão. Além disso, esse hormônio ativa o sistema de defesa da planta, inibindo os processos de nodulação e a micorrização.

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) podem favorecer o desenvolvimento vegetal pela produção de fitormônios, sideróforos, antioxidantes, exopolissacarídeos (EPS), ACC deaminase, melhorando a absorção de nutrientes, resistência sistêmica induzida (RSI), produção de ácido inole-3-acético (AIA), solubilização de fosfato, fixação biológica de nitrogênio e formação de biofilme. A enzima ACC deaminase cliva o etileno reduzindo seus níveis nos tecidos das plantas e, assim, este mecanismo reduz as manifestações de estresse, permitindo um melhor desenvolvimento da planta e uma melhor nodulação e micorrização.

A micorriza realiza com a raiz vegetal uma interação simbiótica mutualista essencialmente importante para a manutenção da vida na terra. Estudos realizados na região nordeste, envolvendo a interação tripartite planta-BPCP-micorriza são escassos e merecem a máxima atenção, devido ao aumento gradativo de áreas desertificadas.

1.1 Hipóteses

- A inoculação de BPCP produtoras de ACC deaminase combinado com a FMA favorecem o crescimento da planta e seus parâmetros fisiológicos.
- A co-inoculação de BPCP produtoras de ACC deaminase e de FMA auxilia no alívio do estresse causado pelo sal, favorecendo o desenvolvimento das plantas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Avaliar o efeito da inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas produtoras de ACC deaminase e fungo micorrízico arbuscular, além do potencial efeito sinérgico entre eles, no crescimento e desenvolvimento do milho em condições de estresse salino.

1.2.2 Específicos

- Avaliar a promoção de crescimento em planta de milho co-inoculada com BPCP produtoras de ACC deaminase e FMA em condições de estresse salino.
- Avaliar o potencial hídrico, potencial osmótico, vazamento eletrolítico e fluorescência da clorofila a em milho co-inoculado com BPCP produtoras de ACC deaminase e FMA.
- Avaliar a colonização micorrízica arbuscular no milho co-inoculada com BPCP produtoras de ACC deaminase e FMA em condições de estresse salino.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estresse salino

Os solos afetados por sais são principalmente das regiões áridas e semiáridas de baixa precipitação pluviométrica e alta evapotranspiração (GHEYI et al., 2016). Representam aproximadamente 7 % da área total da Terra, com cerca de 23 % de suas terras agrícolas cultivadas e quase 50 % de suas terras irrigadas (BRADY; WEIL, 2016). No Brasil, os solos salinos são encontrados em maior parte na região Nordeste, com uma estimativa de 25 % das áreas irrigadas (GHEYI, 2000).

Um solo é considerado salino quando apresenta uma condutividade elétrica igual ou superior a 4 ds/m a 25° C (USSL Staff, 1954) e apresenta uma percentagem de Na⁺ trocável (PST) inferior à 15 % e um pH menor que 8,5 (GHEYI et al., 2016). Os principais sais solúveis no solo são os cátions: sódio (Na⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺), e os ânions: cloreto (Cl⁻), sulfato (SO₄²⁻), bicarbonato (HCO₃⁻), carbonato (CO₃²⁻), e nitrato (NO₃⁻) (ZAMAN et al., 2018). Os sais solúveis como sódio, cálcio e cloretos de magnésio com altas concentrações, aumentam a condutividade elétrica dos solos salinos, porém o cloreto de sódio

fornece a maioria dos sais solúveis nos solos com problemas de salinidade (SAIRAM et al., 2016; OROZCO-MOSQUEDA et al., 2020).

Na forma natural, os sais solúveis nos solos originam-se do intemperismo de minerais primários nas rochas e materiais de origem (BRADY; WEIL, 2016), além de acúmulo de sais transportados dos oceanos pelos ventos (PEDROTTI et al., 2015). Muitos solos são afetados por sais, devido as mudanças no balanço hídrico local, geralmente ocasionados pelas atividades humanas, por manejo inadequado da água da drenagem (BRADY; WEIL, 2016) e do solo, e é chamado salinização secundária ou induzida (PEDROTTI et al., 2015).

O estresse nas plantas se refere às condições externas desfavoráveis ao seu crescimento, desenvolvimento e produtividade (VERMA et al., 2013; GULL et al., 2019). O estresse na planta geralmente reflete algumas mudanças repentinas em condição ambiental e pode ser dividido em duas categorias: abiótico e biótico (GULL et al., 2019). Os estresses bióticos incluem danos ou infecções causadas por várias pragas ou patógenos, e os abióticos incluem a seca, a salinidade, a temperatura, metais pesados, e outros contaminantes orgânicos (KUMAR et al., 2020).

Segundo Numan et al. (2018), a definição do estresse salino é a pressão osmótica exercida sobre as plantas quando estão crescendo em um pântano salgado ou sob outras condições excessivamente salinas. Deste modo, a planta sob estresse salino sofre várias mudanças morfológicas, fisiológicas e moleculares, que impedem o seu crescimento e desenvolvimento. Assim, a alta concentração de sal afeta as atividades enzimáticas, condutância estomática, a taxa de fotossíntese, diminuindo a clorofila nas folhas, na área foliar e eficiência fotossintética (KUMA; VERMA, 2018).

Segundo Horie et al. (2012), a planta enfrenta dois grandes estresses sob alta salinidade: o estresse osmótico e iônico. O estresse iônico leva a um afluxo excessivo de íons de sódio, com um conseqüente efluxo geral de íons de potássio. Os efeitos adversos da salinidade nas plantas incluem estresse osmótico relacionado à dificuldade de absorção de água e toxicidade iônica, que está associada tanto a restrições de nutrientes quanto ao estresse oxidativo (SHRIVASTAVA; KUMAR, 2015; LUDWICZAK et al., 2021). O estresse osmótico leva à desidratação e ao acúmulo de sais no solo ao redor das raízes das plantas, afetando adversamente o alongamento celular e o desenvolvimento das gemas laterais. O estresse salino provoca uma redução no potencial osmótico, ocasionando distúrbios nas relações hídricas, alterações na absorção e utilização de nutrientes essenciais (OLIVEIRA et al., 2014), nas funções fisiológicas, causando o fechamento parcial dos estômatos, limitando a assimilação de

CO₂ e reduzindo a fotossíntese, conseqüentemente o rendimento das culturas (TAIZ et al., 2017; RODRIGUES et al., 2020).

O estresse iônico resulta em senescência prematura de folhas mais velhas e em sintomas de toxicidade (clorose, necrose) em folhas maduras devido ao alto teor de Na⁺ que afeta as plantas, interrompendo a síntese de proteínas e interferindo na atividade enzimática (HASEGAWA et al., 2000; MUNNS, 2002; MUNNS; TERMAAT, 1986). A toxicidade iônica de Na⁺ e Cl⁻ afeta a absorção de nutrientes como Ca⁺ e K⁺ que leva ao desequilíbrio nutricional nas plantas (ACOSTA-MOTOS et al., 2017; MISHRA et al., 2021). Assim, o excesso de NaCl inibe o crescimento das plantas tanto na parte aérea quanto nas raízes (JAMIL; RHA, 2004; AJITHKUMAR; IBADAPBIANGSHYLLA, 2017; LUDWICZAK et al., 2021). O estresse salino ou oxidativo aumenta a produção de espécies reativas de oxigênio (ERO), que danificam as células de membranas, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos e pode também induzir à morte programada da célula (KUMAR et al., 2018).

2.2 Etileno nas plantas

O etileno é um fitohormônio gasoso e o primeiro desta classe a ser descoberto. É um gás simples biosintetizado pelas plantas para regular o desenvolvimento, o crescimento e as respostas ao estresse por meio das vias de sinalização (BINDER, 2020), sendo produzido em grandes quantidades quando a planta está em condições de estresse. Essa alta produção de etileno atua como inibidor dos processos de comprimentos das raízes; causando o amarelamento das folhas, a senescência de vários órgãos, abscisão de folhas, pétalas e flores; assim como a morte prematura do vegetal (ZAHIR et al., 2009; OROZCO-MOSQUEDA et al., 2020). O etileno desempenha um papel fundamental nas interações plantas-rizóbios, inibindo a formação de nódulos nas raízes de leguminosas e, portanto, provoca uma redução na fixação biológica de nitrogênio (GLICK, 2014; KONG et al., 2015; NASCIMENTO et al., 2016a, 2016b; OROZCO-MOSQUEDA et al., 2020). Além disso, o etileno em concentrações elevadas inibe o crescimento intraradicular de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) (FRACETTO et al., 2013; MARTÍN-RODRÍGUEZ et al., 2011; ZSÖGÖN et al., 2008; VALADARES, 2013), os quais são essenciais na disponibilização de fósforo à planta.

A biossíntese do etileno nas plantas superiores é formada pela via do aminoácido metionina, o qual é convertido em S-adenosil metionina (SAM) pela enzima SAM sintetase. Posteriormente, a SAM é convertida em ACC, o precursor direto do etileno, em 5-metiloadenosina (MTA) pela enzima ACC sintase (ACS). A MTA é reconvertida em metionina por uma série de reações bioquímicas, descritas como o ciclo de Yang, que

reabastecem o *pool* de metionina disponível. Finalmente, a enzima ACC oxidase (ACO) converte o ACC em etileno, cianeto de hidrogênio (HCN) e dióxido de carbono (CO₂) (NASCIMENTO, 2018). O ACC pode então ser convertido para 1-(malonilamino) ciclopropano-1-carboxílico (MACC) pela enzima ACC N-Malonil transferase, ou para o produto final, etileno, pela enzima 1-aminociclopropano-1-carboxilato oxidase (BRÍGIDO et al., 2015).

As condições de estresse e a presença de fitohormônios, como a auxina e o próprio ET, estão entre os principais indutores de mudanças transcricionais nos genes ACS nas etapas de desenvolvimento de plantas (WANG et al., 2005; VANDERSTRAETEN; VAN DER STRAETEN, 2017; NASCIMENTO et al., 2018). Por outro lado, a enzima ACO é induzida em vários tecidos vegetais por numerosos tratamentos, tais como, ferimentos, etrel (um composto líquido que é transformado em ET), Fe²⁺, ácido 2,4-diclorofenoxiacético e ACC. Além disso, a indução da expressão do gene ACO é feita por estresses bióticos e abióticos (DORLING; MCMANUS, 2012; NASCIMENTO et al., 2018).

A via de sinalização do etileno foi predominantemente delineada por pesquisas em *Arabidopsis thaliana* e ocorre de forma semelhante em várias outras plantas (GALLIE, 2015; BINDER, 2020), sendo normalmente aplicável a outras espécies (GALLIE, 2015; JU et al., 2015; SHULAEV et al., 2011; KLEE et al., 2011; BANKS et al., 2011; BINDER, 2020). Portanto, os componentes-chave revelados para a sinalização do etileno, incluem uma família de receptores com cinco isoformas: resposta de etileno 1 (RET1), sensor de resposta de etileno 1 (SRE1), RET2, SRE2; e etileno Insensível 4 (EIN4) (BLEECKER et al., 1988; CHANG et al., 1993; HUA et al., 1995; 1998; SAKAI et al., 1998; BINDER, 2020), uma quinase proteica, chamada de resposta tripla constitutiva 1 (RTC1), uma proteína transmembrana ligada ao RE de atividade bioquímica desconhecida, chamada ethylene-insensitive 2 (EIN2), e fatores de transcrição (FT), tais como EIN3, EILs e fatores de resposta ao etileno (FREs).

Na ausência de etileno, os receptores ativam o (RTC1), que regula negativamente a sinalização a jusante (HALL et al., 1999, BINDER, 2020). O etileno age como um antagonista inverso, inibindo seus receptores, resultando em menor atividade (RTC1), o que libera a inibição do EIN2. O EIN2 altera a transcrição e a tradução, levando à maioria das respostas de etileno. Na presença de etileno, os receptores são inibidos, levando a uma menor fosforilação de EIN2 por (RTC1) (BINDER, 2020).

Interação entre etileno e hormônios determinam o desenvolvimento dos órgãos das plantas: folhas, flores e frutas. A senescência das folhas é afetada pelo conteúdo de auxinas e pela biossíntese de etileno (FERRANTE; FRANCINI, 2006; IQBAL et al., 2017). Por exemplo,

se a concentração de auxina diminui, a sensibilidade do tecido ao etileno aumenta, assim como a sua biossíntese (BROWN, 1997; IQBAL et al., 2017). Entretanto, o equilíbrio entre o etileno e a auxina é crucial para a regulação da abscisão foliar. Assim, aplicações exógenas de hormônios regulam a expressão dos genes relacionados às vias biossintéticas do etileno e auxina, retardando ou antecipando a senescência e a abscisão das folhas.

Geralmente, o etileno inibe a floração em muitas espécies vegetais. Entretanto, as auxinas podem influenciar a floração das plantas, afetando a evolução do etileno (IQBAL et al., 2017). O etileno é um elemento-chave do envelhecimento das plantas, incluindo amadurecimento de frutas, e senescência de flores e folhas (ABELES et al., 1992; IQBAL et al., 2017). As auxinas participam no desenvolvimento dos frutos e inibem seu amadurecimento (IQBAL et al., 2017).

2.3 Controle do estresse pela ACC deaminase

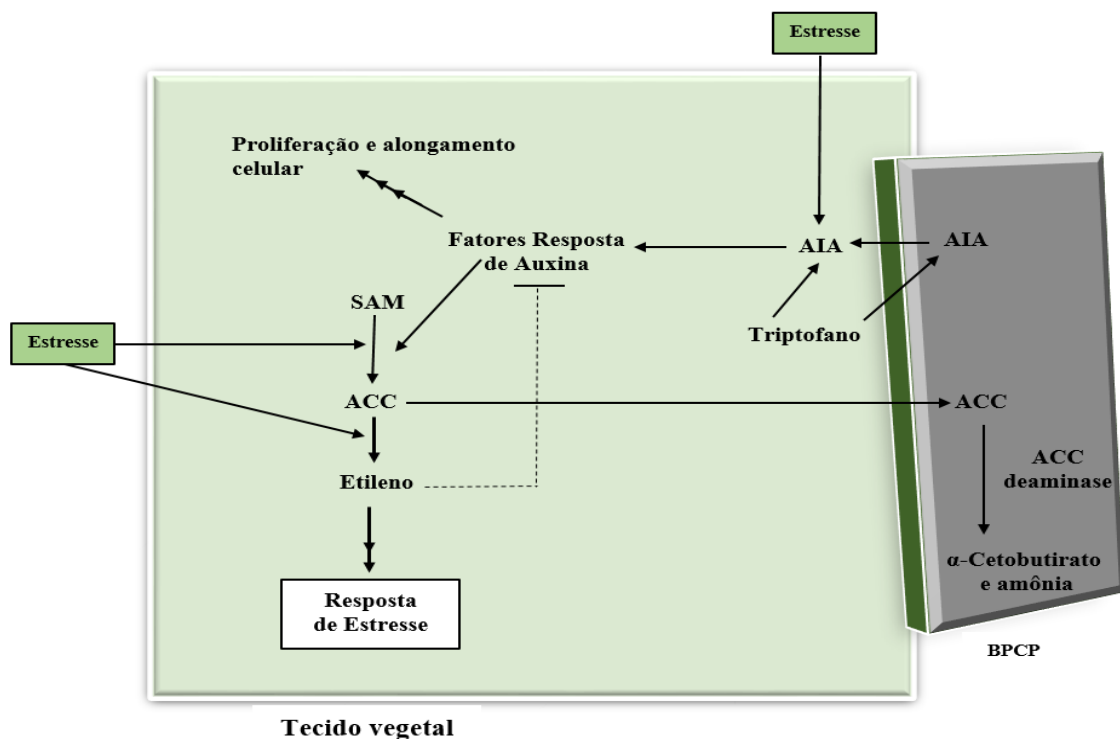
A enzima ACC deaminase foi caracterizada pela primeira vez a partir do isolamento da estirpe ACP de *Pseudomonas* sp. (HONMA; SHIMOMURA, 1978; BRÍGIDO et al., 2015) que é capaz de clivar o ACC, precursor imediato do etileno em todas as plantas superiores produzindo α -cetobutirado e amônia (HONMA; SHIMOMURA, 1978), reduzindo os níveis de etileno nos tecidos das plantas (GLICK et al., 1998, 2007a, BRÍGIDO et al., 2015). A temperatura ótima para a atividade da ACC deaminase é entre 25-35 °C e o pH ideal é 8,5 (HONMA; SHIMOMURA, 1978; JACOBSON et al., 1994; JIA et al., 1999; BRÍGIDO et al., 2015).

A enzima ACC deaminase é codificada por um único gene, denominado *acdS*, que é difundido em bactérias associadas a plantas, incluindo simbioses como a rizosfera, geralmente das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) rizosféricas e endófitas como a *P. syingae* ou *Ralstonia solanacearum* (NASCIMENTO et al., 2014; 2018).

BPCP produzem ACC deaminase e sintetizam AIA, sendo capazes de auxiliar o crescimento das plantas. Deste modo, um modelo foi descrito para ilustrar o sinergismo entre a atividade de ACC deaminase e AIA na redução do etileno, promovendo o crescimento de plantas (GLICK et al. 1995, 2007; GAMALERO; GLICK, 2010) (Figura 1). Neste modelo, o aminoácido triptofano é excluído pelas raízes das plantas e depois retomado pela BPCP ligada às raízes e convertido em AIA (GLICK et al., 2012). O AIA bacteriano induz a planta a sintetizar mais ACC, estimulando, ao mesmo tempo, a exsudação de ACC da planta. Além disso, a quantidade de ACC fora das raízes ou das sementes é reduzida para manter o equilíbrio entre as raízes internas e níveis externos, e mais ACC será secretado, acarretando uma menor

quantidade de ACC disponível dentro de tecidos vegetais que estão disponíveis para oxidação ao etileno. Sendo assim, o nível de ACC diminui dentro as células da planta, e o efeito inibitório do estresse de etileno no alongamento das raízes é reduzido (GLICK 1995a; BRÍGIDO et al., 2015).

Figura 1.- Representação da biossíntese de etileno, onde S -adenosil- L -metionina (SAM) é convertido em 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) pela enzima ACC synthase (ACS), O ACC é convertido em etileno por 1-aminociclopropano-1-carboxilato oxidase.



Durante a biossíntese do ácido acético Indole-3 (AIA), as raízes das plantas secretam o aminoácido triptofano e depois retomado pela BPCP ligada às raízes e convertido em AIA. O AIA bacteriano induz a planta, sintetiza mais ACC, estimulando a exsudação de ACC da planta e, tem sua quantidade reduzida, assim como o etileno na planta. A biossíntese do ácido acético Indole-3 (AIA), tanto em bactérias como em plantas, é um processo complexo multi-enzima/proteína, assim como a transdução do sinal IAA (Adaptada de GLICK, 2014; BRÍGIDO et al., 2015; OROZCO-MOSQUEDA et al., 2020).

2.3 Bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP)

Lorenz Hiltner definiu o termo "rizosfera" como o espaço do solo em torno da raiz da planta habitada por uma comunidade microbiana que é influenciada por substâncias secretadas pela raiz (HILTNER, 1904; HARTMANN et al., 2008; CARDOSO; ANDREOTE, 2016). O termo "rizobactérias" foi introduzido primeiramente por Kloepper e Schroth (1978) para caracterizar a comunidade bacteriana envolvendo nas raízes e que melhoram o crescimento das

plantas (RAI; NABTI, 2019). Essas bactérias são denominadas “bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP)” e é originado de “Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP)”.

As BPCP são reconhecidas pelo aumento do crescimento e desenvolvimento da planta pela produção de hormônios (KUMAR et al., 2020), que são substâncias essenciais para os processos fisiológicos que promovem a formação de novos tecidos e acarretam a formação das raízes, folhas, flores, frutos e sementes (ZUFFO; AGUILERA, 2020). Os principais grupos de reguladores vegetais ou hormônios mais utilizados nos diferentes sistemas de produção vegetal são as auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico e etileno (TAIZ; ZEIGER, 2017; ZUFFO; AGUILERA, 2020), bem como ácido indole-3-butírico (I3B) e ácido inole-3-acético (AIA) dentro o grupo de auxinas, e etileno.

As BPCP evoluindo na rizosfera aumenta o crescimento das plantas por vários mecanismos (OLANREWAJU et al., 2017; MISHRA et al., 2018; 2021). Estes mecanismos incluem a produção de fitohormônios, sideróforos, antioxidantes, exopolissacarídeos (EPS), enzimas tais como 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) deaminase, melhor absorção de nutrientes, e resistência sistêmica induzida (ISR) sob estresse salino (NUMAN et al., 2018, MISHRA et al., 2021). Também, incluem os mecanismos, tais como a produção de ácido inole-3-acético (AIA), solubilização de fosfato, fixação biológica de nitrogênio (COHEN et al., 2015; PATHAK et al., 2017; SHAHI et al., 2011, ARAÚJO et al., 2020), e a formação de biofilme (TIMMUSK et al., 2014; ARAÚJO et al., 2020).

Pourbabaee et al. (2016) observaram a estirpe halotolerante de *Bacillus mojavensis* K78, isolada em solos rizosféricos do Irã, que contém atividade de deaminase ACC deaminase, foi capaz de aumentar o peso seco, o teor de clorofila e nutrientes nas plantas de trigo que foram cultivadas sob condições de estresse salino. Araújo et al. (2020) avaliaram o potencial de isolados bacterianos na promoção do crescimento de *Zea mays* L. sob condições de estresse hídrico e observaram que os produtores de ACC deaminase aumentaram significativamente o comprimento do caule, biomassa seca da parte aérea e biomassa seca da raiz, e em resposta, aumentou o aporte de água e nutriente para as plantas por alongamento da raiz.

2.5 Fungos Micorrízicos Arbusculares

Micorriza, que advém do grego *myc*, “fungo” e *riza*, “raiz” é um termo proposto em 1885 pelo botânico Albert Bernhard Frank, descrevendo a interação simbiótica mutualista entre plantas e fungos do solo (VALADARES; MESCOLOTTI; CARDOSO, 2016). Esta interação simbiótica micorrízico arbuscular data de 460 milhões de anos (REDECKER, 2000; PONS et

al., 2020), e é denominada Fungos Micorrizicos Arbusculares (FMA). A maioria das espécies de FMA pertence ao subfilo Glomeromycota, do filo Mucoromycota (SPATAFORA et al., 2016; BEGUM et al., 2019). De forma natural, FMA encontram-se em uma associação simbiótica com raízes de 80 % de plantas terrestres (SMITH; READ, 2008; EVELIN et al., 2019).

Em angiospermas, FMA colonizam o córtex radicular interno de sua hospedeira para desenvolver estruturas ramificadas intracelulares chamadas arbúculos, que são os principais locais de troca de nutrientes entre a planta e o fungo (SMITH, 2008; KEYMER, 2018; PONS, 2020). Portanto, FMA são fungos biotróficos obrigatórios que precisam exclusivamente do carbono sob a forma de lipídios e açúcares de suas plantas hospedeiras para sustentar seu crescimento, desenvolvimento e função (BAGO et al., 2003; HELBER et al., 2011; JIANG et al., 2017; LUGINBUEHL et al., 2017; FENG, 2020). Em troca, FMA são capazes de ajudar suas plantas hospedeiras a crescer sob uma variedade de condições de estresse abiótico, mediante a uma série de comunicações de sinais complexos e melhorando a troca de múltiplas substâncias entre parceiros, o que leva aos traços fisiológico-bioquímicos aprimorados e ao aumento da absorção de nutrientes e água (BITTERLICH et al., 2018; BEGUM et al., 2019; EVELIN et al., 2019; FENG, 2020).

Muitos autores descreveram que a simbiose fúngica promove uma maior resistência a vários estresses, incluindo seca, salinidade, herbívoros, temperatura, metais e doenças (RODRIGUEZ et al., 2008; AHANGER et al., 2014; SALAM et al., 2017; BEGUM, 2019). FMA estão estruturados em vesículas, arbúsculas e hifas nas raízes, além de esporos e hifas na rizosfera. FMA com raízes de plantas formam uma rede hifálica melhorando significativamente o acesso das raízes a uma grande superfície de solo de plantas (BOWLES et al., 2016; BEGUM, 2019). Assim, FMA melhora a nutrição das plantas, aumentando a disponibilidade, bem como a translocação de vários nutrientes (ROUPHAEL et al., 2015; BEGUM, 2019). Os FMA também auxiliam na melhoria física do solo, secretando um composto proteico, a glomalina, que ajuda na agregação do solo, estimulando o ciclo dos nutrientes (MARDUKHI et al., 2011; SAGAR et al., 2021). As hifas fúngicas podem intensificar o processo de decomposição de matéria orgânica do solo (PATERSON et al., 2016; BEGUM, 2019). Além disso, fungos micorrízicos interferem na fixação atmosférica de CO₂ pela planta hospedeira, aumentando o movimento dos fotoassimilados desde as partes aéreas até as raízes (BEGUM, 2019).

Os FMA são conhecidos por promover tolerância a salinização usando vários mecanismos, tais como a melhoria da eficiência no uso da água e aquisição de nutrientes através produção de hormônios de crescimento e reguladores de plantas, melhorando a taxa

foto-sintética, equilibrando o equilíbrio iônico e produzindo antioxidantes (SAGAR et al., 2021; EVELIN et al., 2019; CAMPANELLI et al., 2013; WU et al., 2010). Por outro lado, a produção de altos níveis de fitohormônios pelas plantas pode inibir a colonização e habilidade dos FMA em condições de estresse salino (PONS et al., 2020). O etileno, em altas concentrações, pode estimular a senescência do sistema radicular, e afeta a colonização dos FMA (FRACETTO et al., 2013; 2017). Segundo Foo et al. (2016), o etileno desempenha papéis inibitórios ao desenvolvimento dos FMA com altas concentrações produzidas pelas plantas sob condições de estresse.

Os FMA são capazes de promover o crescimento e são resistentes a estresses bióticos e abióticos, devido à maior absorção de nutrientes, com destaque para o fósforo (P) (SMITH ; READ, 2008; ALEXANDRE et al., 2021). Os FMA do gênero *Rhizophagus* como espécies *Glomus* (SCHÜBLER; WALKER, 2010; OLIVEIRA et al., 2022) podem sobreviver e se multiplicar em ecossistemas semiáridos, mesmo em condições de baixa disponibilidade hídrica (OMIROU et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2022), e *Rhizophagus clarus* produz esporos maiores que outras espécies, como *R. irregularis* e *R. intraradices* (INVAM, 2022; OLIVEIRA et al., 2022). O FMA *Rhizophagus clarus* co-inoculado com *Bacillus subtilis* como rizobactéria promotora de crescimento vegetal (PGPR) na fase de produção de mudas de teca com possibilidade de melhorar o desenvolvimento de plantações comerciais em condições de campo teve colonização radicular em torno 60% aos 90 dias após o plantio (ALEXANDRE et al., 2021).

Liu et al. (2023) foram determinados os papéis multifacetados de uma nova combinação de espécies de FMA *Rhizophagus irregularis* SA, *Rhizophagus clarus* BEG142, *Glomus lamellosum* ON393 e *Funneliformis mosseae* BEG95 (1: 1: 1: 1, p/p/p/p) na tolerância ao estresse ambiental em plantas de amendoim. Assim, O amendoim tratado com FMA mostrou obviamente uma melhor adaptabilidade ao estresse salino, seco e frio, respectivamente, o que dependeu em grande parte do crescimento melhorado da planta nas partes acima e abaixo do solo das plantas.

As interações planta-fungo ocorrem na zona do solo ao redor das raízes e hifas fúngicas, denominada micorrizosfera (JOHANSSON et al., 2004; NADEEM et al., 2014). Nesta zona, o fungo também interage com outros microorganismos, como bactérias, e a interação sinérgica entre eles não apenas promove o crescimento da planta, mas também aumenta a população de cada um (ARTURSSON et al., 2006; YUSRAN et al., 2009; NADEEM et al., 2014).

Várias bactérias relatadas como boas colonizadoras de raízes, por exemplo, algumas *Pseudomonas spp.*, também são capazes de aderir às superfícies de hifas de fungos micorrízicos

arbusculares. Uma maneira possível pela qual a adesão poderia beneficiar para ambos parceiros seria por meio da facilitação de certas interações metabólicas, como troca de nutrientes e carbono, e isso dependeria do contato celular próximo entre os componentes bacterianos e fúngicos (ARTURSSON et al., 2006).

Portanto, as bactérias fixadoras de nitrogênio são conhecidas por melhorar a biodisponibilidade de nitrogênio para as plantas, e essa capacidade pode ser aumentada quando as plantas também são colonizadas por FMA (BAREA et al., 2002; ARTURSSON et al., 2006).

As bactérias também podem apoiar a simbiose da micorriza arbusculares aumentando o fosfato biodisponível. Em solo com baixa biodisponibilidade de P, bactérias solubilizadoras de fosfato de vida livre podem liberar íons fosfato de compostos inorgânicos pouco solúveis e compostos orgânicos de P no solo (KUCEY et al., 1989; ARTURSSON et al., 2006), e assim, contribuir com um aumento do *pool* de fosfato do solo disponível para as hifas de FMA extrarradicais passarem para a planta (SMITH; READ, 1997, ARTURSSON et al., 2006).

Vários estudos também revelaram que a inoculação de FMA melhorou a tolerância das culturas ao estresse ambiental por meio da regulação da comunidade microbiana da rizosfera e da simulação de osmólitos em suas plantas hospedeiras (LENOIR et al., 2016; CI et al., 2021; LIU et al., 2023)

De fato, pesquisadores seguem produzindo estudos sobre o potencial biotecnológico dos FMA com objetivo de melhorar a compreensão da interação e responder aos desafios para uma agricultura sustentável em relação aos estresses abióticos e bióticos (SAGAR et al., 2021). Assim, a co-inoculação da FMA com outras BPCP têm efeitos positivos sobre o crescimento de várias plantas cultivadas. Normalmente, no aumento da produção de açúcares solúveis, ácidos orgânicos, enzimas antioxidantes, e compostos para a extração de ERO, reduzindo os níveis de Na⁺ em plantas sujeitas ao estresse salino (HASSANI, 2014, SAGAR et al., 2021).

2.6 Cultura do Milho

O milho é caracterizado por orden *Gramineae*, família *Poaceae*, gênero *Zea* e espécie (*Zea mays* L.) (BARROS; GALADO, 2014). O milho é cultivado globalmente em regiões tropicais e temperadas, tais como as Américas, Ásia Oriental, Ásia do Sul, Sudeste Asiático, União Européia, entre outras. É o cereal de alto teor de amido, com a maior produção e fornece mais de 85% do amido produzido em todo o mundo (ZHANG et al., 2021).

A produção mundial do milho projetada para 2022/2023 terá uma área estimada em 201.28 milhões de hectares e produção total de 1.155,93 milhões de toneladas de peso de grãos, estando o EUA em primeiro lugar com 348.75 milhões de toneladas, seguido pela China com

277.20 milhões de toneladas e pelo Brasil com 125 milhões de toneladas, a partir de dados coletados até janeiro de 2023 (USDA, 2023).

No Brasil, a área total de terra cultivado em milho é estimada a 22.316,3 mil de hectares, e de produção de 125.062,4 mil de toneladas para as safras 2022/2023 com dados colhidos até janeiro (CONAB; ASB, 2023). Os estados do Centro-Oeste, com 148.474,4 mil toneladas de grãos são os maiores produtores do país, seguido dos estados do Sul com uma estimativa de 90.391,5 mil toneladas, enquanto os estados do Nordeste, a produção em safra é estimada em 28.382,0 mil toneladas (CONAB; ASB, 2023).

Nos principais pontos de produção de milho no Nordeste encontra-se em primeiro lugar a Bahia (BA) com 12.660,3 mil toneladas para uma área plantada equivale a 3.718,0 mil hectares, seguido, respectivamente, de Maranhão (MA) e de Piauí (PI) com 7.143,3 mil toneladas para uma área de 1.906,9 mil hectares e 6.356,1 mil toneladas para uma área de 1.813,8 mil hectares. A seguir, Sergipe (SE) com 998,7 mil toneladas para uma área equivale a 192,1 mil hectares. Em Pernambuco, a produção total de milho está estimada em 258,5 mil toneladas para uma área plantada equivale a 481,0 mil hectares, indicando produtividade média de 537 quilos por hectare (CONAD, 2023). O valor econômico do milho é de 86,76 R\$/60Kg com um aumento de 0,32 % comparado ao ano precedente (Notícias agrícola, 2023).

O valor econômico do milho é de 86,76 R\$/60Kg com um aumento de 0,32 % comparado ao ano precedente (Notícias agrícola, 2023). O milho verde tem valor econômico atual de 2,02 Reais para 1 Kg (CEASA-PE, 2023).

A cultivar de milho CMS 36, obtida a partir de polinização aberta, desenvolvida por pesquisadores do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), é recomendada para o semiárido. É uma variedade de milho originária da Embrapa Milho e Sorgo, encontrada a partir de cruzamentos entre 18 linhagens selecionadas para solos ácidos. Essa cultivar revelou-se bem adaptada ao semiárido após seis ciclos sucessivos de seleção no IPA (Ficha técnica da cultivar CMS 36, IPA). Essa cultivar é adaptada à ambiente desfavorável e é tolerante a toxidez de alumínio do solo (COELHO; VESTENA, 2010; PARENTONI, 1996; LOPES et al., 1987; CNPMS, 1990).

Segundo a seleção feita pelo IPA, a cultivar CMS-36 apresenta características de altura média 230 cm e altura média de inserção de espiga 120 cm. A quantidade média de dias para atingir o florescimento é 65 dias, e o ciclo total (colheita) é 110 dias, a produtividade média experimental é 2,500 a 4,500 Kg/ha, e 2,300 kg/há para produtividade média de lavoura. O tipo de grão é meio dente, de cor amarela e, o peso médio de 100 sementes é de 32 g (CNPMS, 1990).

O milho é considerado moderadamente sensível à salinidade (MANCUSO, 2003; DE VILLA et al., 2019). Assim, define-se sendo a salinidade limiar, um nível de salinidade média que pode ser tolerado pelas plantas sem afetar seu rendimento, e no qual o rendimento potencial da cultura deve ser de 100 % (MAAS; HOFFMAN, 1977; CARVALHO, 2012). Um nível de sal atingindo 100 mmol L^{-1} de NaCl reduz o crescimento do milho em aproximadamente 50% na fase de muda (CAO et al., 2019; 2023). A sensibilidade do milho à salinidade está associada à maior incremento de Na^+ nas folhas. Um nível salino superior a 0,25 M NaCl danifica as plantas de milho e pode prejudicar o crescimento e causar murcha severa (MENEZES-BENAVENTE et al., 2004).

Os efeitos de sais têm ocorrência na deficiência de algum nutriente essencial como o nitrogênio (N), fósforo (P) ou potássio (K), as atividades das enzimas Rubisco e PEP diminuem, provocando o decréscimo da eficiência do ciclo fotossintético C4 (WEI et al., 2016). Devido a isso, os produtores ainda tendem a aplicar grandes quantidades de fertilizantes para compensar as deficiências nutricionais (HUNGRIA et al., 2010). Entretanto, muitos estudos têm demonstrado que a interação de BPCP com plantas de milho tem sido benéfica em solos afetados por sais.

Deste modo, Vanissa et al. (2020) mostraram que a inoculação com cada uma das seis cepas de PGPR testadas em milho submetidas ao estresse salino e deficiência de P combinados, aumentou significativamente o acúmulo de biomassa tanto na parte aérea quanto nas raízes, e promoveu o desenvolvimento da parte aérea e alongamento da raiz, melhorando, conseqüentemente, o desempenho das plantas submetidas ao estresse salino e deficiência de P.

Shinde e Singhe (2017) relataram que plantas de milho submetidas ao estresse salino, apresentaram maior biomassa e elevadas taxas de produtividade quando inoculadas com FMA com respeito às plantas não inoculadas. No milho, o FMA *Glomus etunicatum* em parceria com a BPCP *Methylobacterium oryzae* CBMB20, aumentaram a biomassa seca, a colonização da raiz, nutrientes nas plantas sob estresse salino; e reduziram a absorção de Na^+ em 41 % (CAMERON et al., 2013; SAGAR et al., 2021).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Seleção de cepas de BPCPs

Para realização deste estudo foram utilizados 10 isolados de BPCP obtidas em um solo oriundo de uma lagoa temporária que não sofreu alteração antrópica, localizada no distrito de Veneza- município de Parnamirim – PE, Brasil (Tabela 1). As 10 BPCP que foram utilizadas produzem a enzima ACC deaminase conforme os testes conduzidos em laboratório (ARAÚJO et al., 2020).

Tabela 1- Mecanismos de promoção de crescimentos dos de plantas dos isolados selecionados (10), para os testes de promoção de crescimento de *Zea mays* L. obtidos do solo rizosférico e do solo adjacente da *Mimosa bimucronata* em uma lagoa temporária.

Isolados	Mecanismos de promoção de crescimentos de planta				
	AIA	IS	EPS	Biofilme	ACC
24-1	Elevada	x	Média	Média	+
28-7	Elevada	x	Baixa	Baixa	+
28-10	Elevada	x	Baixa	Baixa	+
43	Média	Baixo	Baixa	Baixa	+
46-1	Elevada	Baixo	Média	Baixa	+
52	Alta	Baixo	Baixa	Média	+
59-3	Elevada	Baixo	Baixa	Média	+
70	Alta	Baixo	Média	Baixa	+
79-1	Elevada	x	Média	Baixa	+
85	Elevada	Baixo	Baixa	Média	+

Ácido Indole-3 acético (AIA): 1 - 11 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ (média); 11 - 50 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ (alta) e > 50 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ (elevada); Índice de solubilização (IS) : x (não solubiliza); IS < 2 mm (baixo); IS 2 - 4 mm (médio) e IS > 4 mm (alto); Exopolissacarídeos (EPS): < 10mm (baixa produção); 10 - 14mm (média produção) e > 14mm (alta produção); Formação de biofilme (valores de absorvância obtidos pela densidade optica (DO)): DO_{560m} 0,1 - 0,2 (Baixa formação); DO_{560m} 0,2 - 1,0 (Média formação) e DO_{560m} > 1 (Alta formação); ACC: + (positivo) - (negativo).

3.2 Produção do inóculo micorrízico

Para a produção do inóculo micorrízico, esporos do fungo *Rhizophagus clarus* foram multiplicados usando a areia lavada com vermiculita (1:1, v/v) autoclavada a 120°C por 1 hora,

e o processo foi repetido após 24 horas. Logo, o substrato foi transferido em vasos com capacidade de 3 Kg, previamente desinfestados com hipoclorito de sódio a 0,5 % por 20 minutos. A semeadura do milho, sendo a planta hospedeira, foi realizada nesses vasos. As sementes foram desinfestadas por imersão em álcool 70 % por 3 minutos, hipoclorito de sódio 2 % por 7 minutos, álcool 70 % por mais 1 minuto, e foram lavadas com água destilada esterilizada durante oito vezes sucessivas.

Após o aparecimento da segunda folha verdadeira, foi adicionado aos vasos o material propagativo dos fungos com aproximadamente com 10 g de solo perto da raiz das plantas de milho (Figura 2).

Figura 2.- Produção de Inóculo micorrízicos arbusculares pela multiplicação de esporos do fungo *Rhizophagus clarus* pelo cultivo de milho.



Após 45 de crescimento do cultivo, as partes aéreas foram cortadas e mantidas sem

irrigação por 15 dias, para estimular a esporulação dos fungos. O inóculo foi composto de substrato, hifas, esporos e restos vegetais derivados do ensaio de multiplicação de esporos. A extração dos esporos foi feita pelo método de peneiramento úmido, conforme a metodologia descrita por Daniels e Skipper (1982). A quantidade de esporos de FMA inoculados foi contado numa placa de petri de 40 campos visuais pelo microscópio estereoscópico e o número total de esporos aplicados foi determinado a partir da média do 40 campos visuais multiplicado por constante 289 e dividido por 10 gramas de solo obtido após secagem de solo úmido em estufa (105 °C) até massa constante (DANIEL E SKIPPER, 1982). Uma média de 3 esporos foi encontrada pelos 40 campos visuais resultando um valor de 86,7 esporos/g de solo, sejam 867 esporos /10 g de solos aplicado por vaso.

3.3 Montagem do ensaio em casa de vegetação

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Federal Rural de Pernambuco. A cultivar de milho CMS-36 foi utilizada, sendo as sementes de milho desinfestadas superficialmente e inoculadas com cada isolado da coleção de BPCP. As BPCP foram inoculadas separadamente em tubos falcon com meio King B líquido (KING et al., 1954) e submetidas à agitação (150 rpm) a 28 °C por 24 horas. O plantio foi realizado no dia 30 de março 2022, em vasos de 2 litros de capacidade, utilizando substrato estéril de areia e vermiculita na proporção de 1:1, com 3 sementes por vaso. Cada semente recebeu a inoculação de 1 mL ($DO_{550nm} = 0,1-0,2$) do inóculo bacteriano. Após 8 dias foi realizado o desbaste, deixando uma planta por vaso e a inoculação com a BPCP foi repetida. A inoculação com o fungo micorrízico *R. clarus* foi realizada neste momento, adicionando o inóculo (aproximadamente 10 gramas) o qual foi constituído de uma mistura de solo, esporos fúngicos e fragmentos de hifas e raízes de milho colonizadas, obtidas de vasos de multiplicação.

A irrigação foi realizada com água esterilizada a 120 °C no dia do plantio com 400 ml para a saturação dos sacos contidos o substrato estéril de areia e vermiculita, e seguir em dias alternadas com 100 ml. O controle sem inoculação assim como os tratamentos foram supridos em nutrientes pela irrigação com solução nutritiva de Hoagland Sarruge (1975). No dia de aplicação da solução nutritiva e da solução salina, a metade de 100 ml foi aplicada respectivamente para cada uma na manhã e na tarde.

Para o estresse salino, três diferentes concentrações de NaCl (0 mM, 40 mM e 80 mM) foram avaliadas. O estresse foi induzido após 11 dias do plantio e foi mantido por 42 dias. Para evitar o choque osmótico, o estresse salino foi induzido gradualmente a cada vaso em dias alternados. A adição de 20 mM de NaCl foi estabelecida para começar, a partir da solução feita

dessa quantidade de NaCl, a metade dela foi completada por água para aplicação em planta com 100 ml da solução de NaCl. Seguindo da mesma forma para a concentração de 40 mM de NaCl em dias alternados, e a partir do quinto dia foram aplicadas as concentrações de NaCl de 40 e 80 mM para a respectiva concentração. Assim, a concentração de sal desejada foi alcançada após cinco dias conforme a metodologia de Krishnamoorthy et al. (2016).

No experimento, os tratamentos foram arranjados em blocos casualizados, com cinco repetições, com os seguintes tratamentos: i- dez co-inoculação de BPCP e FMA; ii- três concentrações de NaCl (0, 40 e 80 mM); e iii- dois controles com inoculação de FMA e sem inoculação. Assim, o experimento contou com 36 tratamentos: 3 x 12 [3 níveis de NaCl x (10 isolados bacterianos + 2 controles)] e 5 repetições para um total de 180 unidades experimentais ou vasos para ser usados.

3.4 Análise das plantas

O experimento foi colhido aos 53 dias após o plantio e foi avaliada a promoção de crescimento das plantas de milho e o alívio nos estresses salino pelas co-inoculações de BPCP e FMA. Para isso, foram determinados a altura da planta (Alt), o diâmetro do caule, a área foliar total (AFT) e a massa seca da parte aérea (MSPA), os quais foram obtidos após o acondicionamento em sacos de papel e seco em estufa de circulação de ar forçada a 60 °C durante 72 horas. A AFT foi obtida pela expressão $AFT = 0,75 \times Largura \times Comprimento$ da folha (SANGOI et al., 2007, ARAÚJO et al., 2020). As raízes foram lavadas em água corrente e o excesso de umidade foi removido com papel absorvente. Foram retirados pequenos fragmentos ao longo de toda a raiz para avaliação da colonização micorrízica intrarradicular. As raízes restantes foram imediatamente congeladas em N₂ líquido e armazenadas a -80 °C para perspectivas de análises moleculares.

3.4.1 Fluorescência de clorofila

A eficiência fotoquímica do PS2 foi mensurada em folhas expandidas aos 51 dias após o plantio entre 9 -12 horas da manhã, e ficaram escuro por 30 minutos antes da realização das leituras através de um fluorômetro modelo FluorPen FP-100 Max. Os parâmetros de adaptação ambiental avaliados foram a fluorescência basal (F_0), a fluorescência máxima (F_m), a fluorescência variável (F_v), a eficiência quântica potencial do fotossistema 2 - PS2 (F_v/F_m), e a razão F_v/F_0 segundo Azevedo Neto et al. (2011).

3.4.2 Potencial hídrico

O potencial hídrico foliar (Ψ_w) foi determinado na madrugada entre 4 -6 horas aos 48 dias após o plantio, coletando as folhas do terço médio da parte aérea da planta e armazenadas em um cooler com gelo para posteriormente lê na bomba de pressão Scholander (Modelo 1515D Pressure Chamber Instrument - PMS Instrument Company) para estimar o Ψ_w da planta (PAULINO et al., 2020). No momento da medição, foi realizado um corte com tesoura nas laterais da folha para colocar o colmo na câmara, e abrir o gás para pressurizar a câmara até que sair a seiva na superfície do corte, depois parar a pressurização e notar a pressão marcada no manômetro que corresponde ao potencial hídrico negativo da planta.

3.4.3. Potencial osmótico

Para calcular o potencial osmótico na planta, determinou-se a osmolalidade total do tecido foliar, usando as folhas da determinação do potencial hídrico armazenadas no freezer que foram maceradas em almofariz com pistilo com nitrogênio líquido (N_2). A seiva obtida do tecido foi filtrada e centrifugada a 10.000 g por 10 min a 4°C (SILVA et al, 2009, SOUSA, 2010). Uma alíquota de 50 μ L do sobrenadante foi utilizada para a determinação da osmolalidade do tecido em um osmômetro de pressão de vapor (modelo VAPRO WESCOR 5B00). Os valores obtidos em milimoles por quilograma foram convertidos em potencial osmótico, por meio da equação de Van't Hoff (KIRKHAM, 2004; HILLEL, 2007; SOUSA, 2010).

O Ψ_s da solução pode ser calculado pela equação de van't Hoff como seguintes:

$$\Psi_s = - C.R.T$$

Em que: C = concentração molar (moles por kg de água);

R = constante universal dos gases (0,00831 kg MPa mol⁻¹ °K⁻¹);

T = temperatura absoluta (°C + 273).

3.4.4 Vazamento de eletrólitos

A integridade da membrana celular foi avaliada em 44 dias após o início do tratamento salino, observando o vazamento de eletrólitos do tecido foliar. Dez discos foliares de 1 cm de diâmetro foram imersos em 10 mL de água destilada por 24 h, seguido da leitura da condutividade elétrica livre (CE_L) com um medidor de condutividade de bancada (modelo Digimed DM-32). Após a leitura, as amostras foram submetidas a banho-maria a 95 °C por 1

hora, para posterior leitura da condutividade elétrica total (CE_T). Esses dados foram usados para calcular a porcentagem de vazamento de eletrólito usando a relação $CE_L/CE_T \times 100$ (VASQUEZ-TELLO et al., 1990; PAULINO et al., 2020).

3.4.5 Alocação de sais no tecido vegetal

A massa seca de cada parte da planta foi moída em moinho tipo Willey e extraída com a solução de HCl 1 mol L⁻¹ processo sem digestão (SILVA, 2009), para posterior execução das determinações dos teores de Na⁺, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺. Sendo os cátions Na⁺ e K⁺ dosados por fotometria de emissão de chama. O cloreto foi determinado em extrato aquoso por titulação com nitrato de prata, conforme ao método de Mohr, adaptado pelo base dos trabalhos de Lacroix, Keeney e Walsh (1970) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1989) (SILVA et al., 2009).

3.5 Colonização micorrízica

A colonização micorrízica foi avaliada conforme a metodologia de coloração descrita por Vierheilig et al. (1998). As raízes coletadas foram clarificadas através de aquecimento com KOH a 10 %, por 30 min, em banho-maria a 90 °C, sendo em seguida, transferidas para uma solução 5 % de tinta Quink (Parker) diluída em solução de ácido acético 5 % a 90 °C durante 3 min, lavadas em ácido acético 5 % e armazenadas em lactoglicerol. A quantificação da colonização foi realizada através da observação das estruturas típicas dos fungos micorrízicos arbusculares na região cortical das raízes coradas, utilizando-se um microscópio estereoscópico (aumento de 72 vezes) e placas reticuladas (GIOVANETTI; MOSSE, 1980).

3.6 Análises Estatísticas

Os dados foram inicialmente avaliados utilizando o procedimento one-way anova do SAS OnDemand for Academics, para avaliação de homocedase, necessidade de transformação e eventual retirada de outliers. Em seguida os dados foram submetidos a análise de variância e, quando apropriado, ao teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$), utilizando o programa SISVAR 5.8.92.

4 RESULTADOS

4.1 Promoção de crescimento e alívio de estresses salinos da co-inoculação de BPCP e de FMA em planta de milho (*Zea mays L.*)

Os resultados de altura (Alt), diâmetro de caule (DC), área foliar total (AFT) e Massa seca da parte aérea (MSPA) da planta do milho não apresentaram interações significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos e as concentrações de NaCl (APÊNDICE A). Porém, os resultados totais (Tabela 2) mostraram que os tratamentos de co-inoculações 28-10+FMA e 43+FMA respectivamente aumentaram significativamente a AFT em 7 % e 9 % e a MSPA em 38 % e 23 % quando comparados com o tratamento controle de FMA. Ademais, a co-inoculação 28-10+FMA foi significativamente diferente em 10 % na MSPA comparado com o controle sem inoculação.

Tabela 2- Promoção de crescimento da planta de milho e alívio de estresses salinos pela co-inoculação de Bacterias promotoras de crescimentos de plantas (BPCP) e de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pelas variáveis de altura da planta (Alt), diâmetro de caule (DC), área foliar total (AFT) e massa seca da parte aérea (MSPA)

Tratamentos	Alt (cm)	DC (cm)	AFT (cm ²)	MSPA (g)
24-1 + FMA	52,28 ± 8,26 a	0,75 ± 0,12 a	167,50 ± 31,85 b	4,79 ± 0,89 c
28-10 + FMA	59,16 ± 9,28 a	0,75 ± 0,09 a	195,22 ± 40,59 a	5,92 ± 0,62 a
28-7 + FMA	52,69 ± 8,27 a	0,73 ± 0,13 a	169,74 ± 42,38 b	4,35 ± 1,28 c
43 + FMA	58,75 ± 13,23 a	0,76 ± 0,14 a	198,54 ± 31,30 a	5,28 ± 0,86 b
46-1 + FMA	53,26 ± 10,18 a	0,68 ± 0,07 a	171,90 ± 30,14 b	4,44 ± 0,96 c
52 + FMA	49,00 ± 11,12 a	0,75 ± 0,12 a	167,78 ± 35,16 b	4,66 ± 1,09 c
59-3 + FMA	49,25 ± 12,02 a	0,72 ± 0,09 a	168,47 ± 43,82 b	4,06 ± 0,97 c
70 + FMA	58,35 ± 17,45 a	0,72 ± 0,15 a	175,44 ± 40,38 b	4,59 ± 0,78 c
79-1 + FMA	50,53 ± 11,92 a	0,69 ± 0,10 a	162,30 ± 40,46 b	4,25 ± 1,10 c
85 + FMA	51,53 ± 12,16 a	0,77 ± 0,18 a	171,53 ± 34,92 b	4,47 ± 0,96 c
FMA	50,58 ± 11,73 a	0,72 ± 0,12 a	182,52 ± 36,03 b	4,29 ± 0,65 c
Sem Inoculação	53,74 ± 9,19 a	0,76 ± 0,11 a	202,95 ± 35,61 a	5,40 ± 0,85 b
CV	20,39	15,45	19,40	16,71

Valores em uma mesma coluna, seguidos por letras minúsculas idênticas, não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Scott-Knott.

Por outro lado, na Tabela 3, observou-se que a altura da planta em diferentes concentrações de NaCl de 0, 40 e 80 mM apresentou uma diminuição significativa ($p < 0,05$) de 14 % na concentração de 80 mM quando comparado com a concentração de 40 mM. No caso de DC, observou-se uma diminuição significativa de 7 e 8 % respectivamente para as concentrações de 40 e 80 mM comparado com 0 mM. Também, foi observado que o aumento da concentração de NaCl a 80 mM diminuiu significativamente em 14 % e 17 % a AFT quando comparado com as concentrações de 40 e 0 mM respectivamente. A MSPA foi significativamente diferente nas concentrações de NaCl, e apresentou uma diminuição significativa em 9 e 17 % respectivamente quando foi aumentado as concentrações de NaCl em 40 e 80 mM quando comparados com 0 mM.

Tabela 3- Altura da planta (Alt), diâmetro de caule (DC), área foliar total (AFT) e massa seca da parte aérea (MSPA) de milho co-inoculado com bactéria promotora de crescimento de planta e fungo micorrízico arbuscular sob estresse salino

(NaCl) mM	Alt (cm)	DC (cm)	AFT (cm ²)	MSPA (g)
0	52,87 ± 11,05 b	0,768 ± 0,11 a	183,44 ± 30,46 a	5,10 ± 0,83 a
40	56,84 ± 12,19 a	0,715 ± 0,11 b	189,14 ± 43,84 a	4,71 ± 1,10 b
80	50,075 ± 10,9 b	0,714 ± 0,13 b	160,90 ± 33,92 b	4,33 ± 1,07 c
CV	20,39	15,45	19,40	16,71

Valores em uma mesma coluna, seguidos por letras minúsculas idênticas, não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Scott-Knott.

4.2 Análise da fluorescência da clorofila a, fluorescências inicial (F_o), máxima (F_m), variável (F_v), rendimento quântico variável (F_v/F_o) e rendimento quântico máximo (F_v/F_m) em planta de milho (*Zea mays* L.) com co-inoculação de BPCP e FMA no alívio de estresse salino

As análises de variância para os parâmetros da fluorescência da clorofila a F_o , F_m , F_v , F_v/F_o e F_v/F_m não apresentaram interações significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos e as concentrações de NaCl (APÊNDICE A). Portanto, os resultados da fluorescência da clorofila a para F_o , F_m , F_v , F_v/F_o e F_v/F_m não diferiram significativamente ($p > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4- Análise dos transientes da fluorescência da clorofila a em planta de milho co-inoculado com bactéria promotora de crescimento de planta e fungo micorrízico arbuscular sob estresse salino

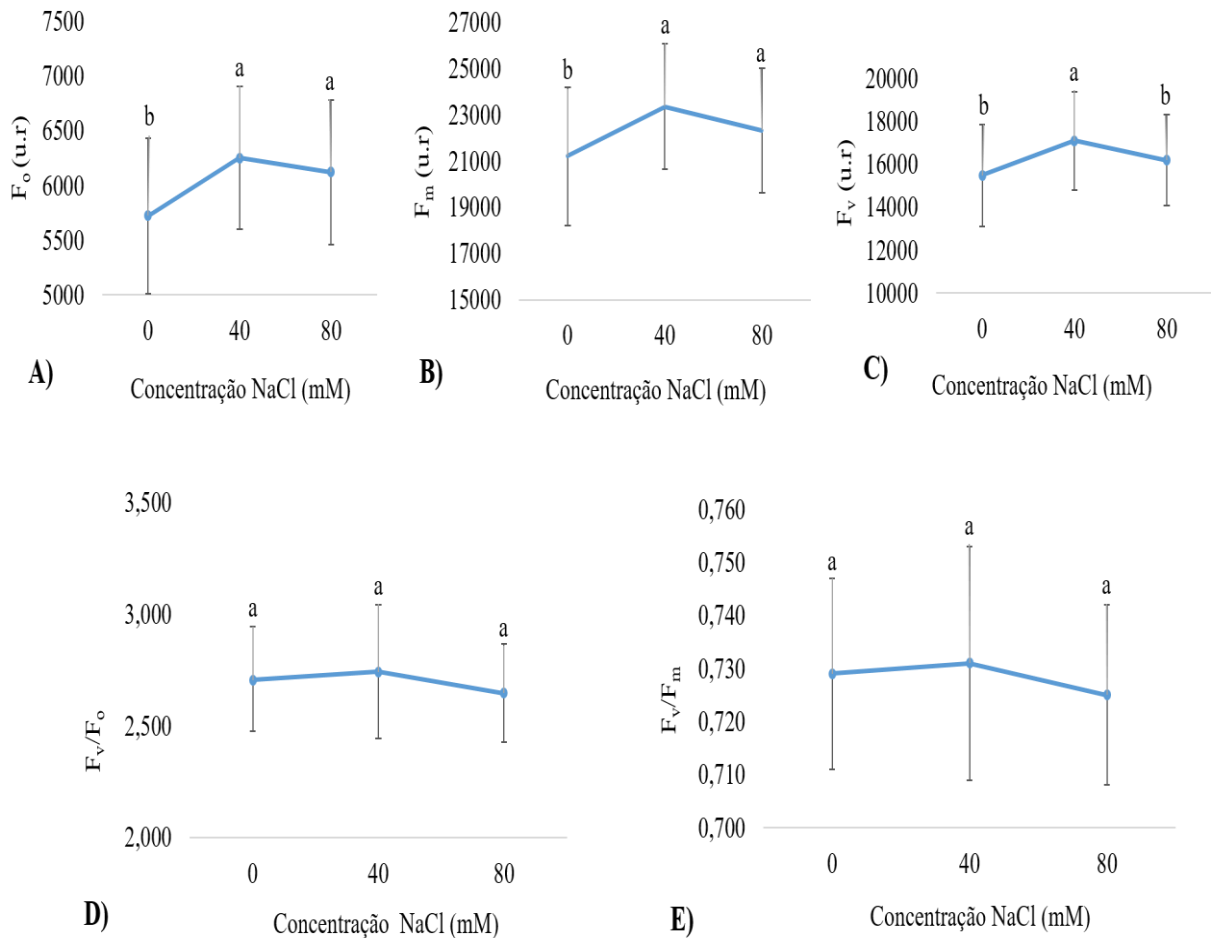
Tratamentos	F _o (u.r)	F _m (u.r)	F _v (u.r)	F _v /F _o	F _v /F _m
24-1+FMA	6430±734 a	23261±1471 a	16831±1079 a	2,64±0,29 a	0,73±0,022 a
28-10+FMA	5682±770 a	21479±3183 a	15797±2535 a	2,78±0,27 a	0,73±0,019 a
28-7+FMA	6090±856 a	21438±3104 a	15348±2371 a	2,53±0,23 a	0,71±0,017 a
43+FMA	5867±632 a	22277±3135 a	16410±2612 a	2,79±0,28 a	0,73±0,017 a
46-1+FMA	6149±564 a	23321±2276 a	17172±1895 a	2,80±0,25 a	0,74±0,015 a
52+FMA	6010±668 a	22069±2395 a	16059±1897 a	2,68±0,24 a	0,73±0,019 a
59-3+FMA	5999±857 a	22485±3366 a	16486±2712 a	2,76 ±0,32 a	0,73±0,026 a
70+FMA	5935±700 a	21530±3457 a	15595±2791 a	2,61±0,21 a	0,72±0,016 a
79-1+FMA	6169±889 a	22437±3288 a	16268±2530 a	2,64±0,25 a	0,73±0,019 a
85+FMA	5686±663 a	21125±3730 a	15439±3097 a	2,69±0,29 a	0,73±0,023 a
FMA	6384±633 a	23949±2964 a	17566±2389 a	2,75±0,19 a	0,73±0,013 a
Sem inoculação	5988±398 a	22085±2158 a	16097±1866 a	2,69±0,23 a	0,73±0,017 a
CV %	10,68	12,94	14,58	9,56	2,66

Fluorescências inicial (F_o), máxima (F_m), variável (F_v), Rendimento quântico variável (relação F_v/F_o) e rendimento quântico máximo (relação F_v/F_m). Valores em uma mesma coluna, seguidos por letras minúsculas idênticas, não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Scott-Knott.

As análises para os parâmetros da clorofila a entre as concentrações de NaCl (Figura 3) mostraram que houve um aumento significativo ($p < 0,05$) para F_o (subfigura A) com o aumento das concentrações de NaCl de 40 e 80 mM quando comparados com a concentração de 0 mM. Os parâmetros de F_m (subfigura B) aumentou significativamente ($p < 0,05$) quando comparado as concentrações de NaCl de 0 com as concentrações de 40 e 80 mM. Também, foi observado que a F_v aumentou significativamente ($p < 0,05$) com o aumento da concentração de

NaCl a 40 mM. No caso das relações de F_v/F_o e F_v/F_m (subfigura D e E) observou-se uma diminuição não significativa entre as concentrações de 0, 40 e 80 mM.

Figura 3.- Fluorescência da clorofila a F_o , F_m , F_v , F_v/F_o e F_v/F_m em milho, co-inoculado com bactéria promotora de crescimento de planta e fungo micorrízico arbuscular sob estresse salino



4.3 Crescimento e alívio de estresses salinos pela co-inoculação de BPCP e de FMA em planta de milho (*Zea mays L.*) pelas variáveis de potencial hídrico (Ψ_w), potencial osmótico (Ψ_s) e vazamento eletrolítico (VE)

Os resultados das análises de variância (APÊNDICE A) mostraram que o potencial osmótico apresentaram interação significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e as concentrações de NaCl. Porém, as variáveis de potencial hídrico (Ψ_w) e de vazamento de eletrólitos (VE) não apresentaram interação significativa entre os tratamentos e as concentrações de NaCl.

Por outro lado, os resultados totais para Ψ_w , Ψ_s e VE não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos estudados (Tabela 5).

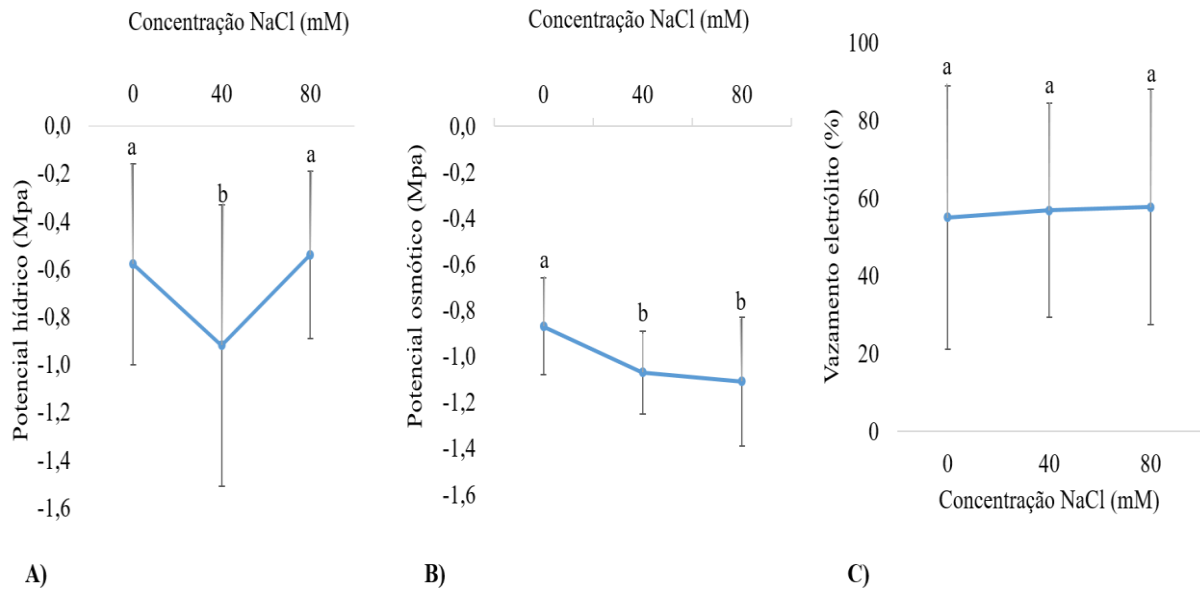
Tabela 5- Potencial hidrico (Ψ_w), potencial osmótico (Ψ_s) e vazamento eletrolítico (VE) em milho co-inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrizico arbuscular (FMA) sob estresse salino

Tratamentos	Ψ_w (Mpa)	Ψ_s (Mpa)	VE (%)
24-1 + FMA	-0,58 ± 0,49 a	-1,03 ± 0,39 a	58,35 ± 39,21 a
28-10 + FMA	-0,83 ± 0,42 a	-1,20 ± 0,22 a	59,70 ± 24,24 a
28-7 + FMA	-0,65 ± 0,32 a	-0,99 ± 0,26 a	49,09 ± 21,94 a
43 + FMA	-0,70 ± 0,36 a	-1,06 ± 0,28 a	54,16 ± 25,78 a
46-1 + FMA	-0,69 ± 0,44 a	-1,04 ± 0,16 a	61,39 ± 45,36 a
52 + FMA	-0,67 ± 0,40 a	-0,95 ± 0,28 a	51,47 ± 33,69 a
59-3 + FMA	-0,78 ± 0,67 a	-0,95 ± 0,21 a	67,37 ± 38,51 a
70 + FMA	-0,75 ± 0,80 a	-0,95 ± 0,31 a	63,11 ± 28,55 a
79-1 + FMA	-0,64 ± 0,48 a	-0,93 ± 0,18 a	42,02 ± 21,29 a
85 + FMA	-0,54 ± 0,40 a	-0,98 ± 0,29 a	57,63 ± 44,68 a
FMA	-0,71 ± 0,55 a	-1,09 ± 0,21 a	51,66 ± 19,54 a
Sem inoculação	-0,66 ± 0,66 a	-0,99 ± 0,11 a	58,18 ± 18,72 a
CV %	-58,24	-16,92	46,95

Valores em uma mesma coluna, seguidos por letras minúsculas idênticas, não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Scott-Knott.

A parte A da figura 4 mostrou que o Ψ_w diminuiu significativamente ($P < 0,05$) quando comparado com a concentração de NaCl de 0 para 40 mM. Na parte B, observou-se uma diminuição significativa do Ψ_s com as concentrações de NaCl de 40 e 80 mM comparado com 0 mM. Para o vazamento eletrólito na parte C, não se observou diferença significativa entre as concentrações de NaCl 0, 40 e 80 mM.

Figura 4.- Potencial hídrico (Ψ_w), potencial osmótico (Ψ_s) e vazamento eletrolítico pelos diferentes Concentrações de NaCl (mM) em milho co-inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrizico arbuscular (FMA) sob estresse salino



Em quanto a interação significativa entre os tratamentos e as concentrações de NaCl do potencial osmótico (Tabela 6) observou-se nas concentrações de NaCl uma diminuição significativa ($p < 0,05$) do Ψ_s em 123 % e 54 % para inoculação 24-1+FMA e em 34 % e 38 % para a inoculação 28-7+FMA quando comparado a concentração de NaCl de 80 mM com as concentrações de NaCl 0 e 40 mM respectivamente. Também, o Ψ_s diminuiu significativamente em 53 % e 44 % para co-inoculação 43+FMA, em 38 % e 52 % para a co-inoculação 59-3+FMA e em 47 % e 55 % para FMA quando comparado as concentrações de NaCl de 40 e 80 mM respectivamente com a concentração de NaCl 0 mM. Por outro lado, entre os tratamentos observou-se uma diminuição significativa ($p < 0,05$) do Ψ_s na concentração de NaCl de 80 mM em 68 %, 45 % e 30 % respectivamente para as co-inoculações 24-1+FMA, 28-10+FMA e 28-7+FMA quando comparado com o controle sem inoculação. Além disso, observou-se uma diminuição significativa ($p < 0,05$) do Ψ_s em 39 % do controle FMA comparado com o controle sem inoculação.

Tabela 6- Potencial osmótico em milho co-inoculado de bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrizico arbuscular (FMA) sob estresse salino.

Tratamentos	Concentração NaCl (mM)		
	0	40	80
	Média ± <i>Desvio padrão</i>	Média ± <i>Desvio padrão</i>	Média ± <i>Desvio padrão</i>
24-1 + FMA	-0,70 ± 0,28 aA	-1,01 ± 0,12 aA	-1,56 ± 0,06 bB
28-10 + FMA	-1,03 ± 0,15 aA	-1,23 ± 0,17 aA	-1,35 ± 0,23 aB
28-7 + FMA	-0,90 ± 0,22 aA	-0,88 ± 0,28 aA	-1,21 ± 0,05 bB
43 + FMA	-0,80 ± 0,21 aA	-1,22 ± 0,11 bA	-1,15 ± 0,32 bA
46-1 + FMA	-0,88 ± 0,02 aA	-1,19 ± 0,09 aA	-1,05 ± 0,16 aA
52 + FMA	-0,95 ± 0,08 aA	-1,07 ± 0,09 aA	-0,84 ± 0,34 aA
59-3 + FMA	-0,73 ± 0,32 aA	-1,01 ± 0,13 bA	-1,11 ± 0,26 bA
70 + FMA	-0,77 ± 0,20 aA	-0,98 ± 0,19 aA	-1,10 ± 0,11 aA
79-1 + FMA	-0,93 ± 0,33 aA	-1,04 ± 0,31 aA	-0,80 ± 0,37 aA
85 + FMA	-1,01 ± 0,14 aA	-0,94 ± 0,09 aA	-1,00 ± 0,31 aA
FMA	-0,83 ± 0,34 aA	-1,22 ± 0,08 bA	-1,29 ± 0,08 bB
Sem inoculação	-0,97 ± 0,12 aA	-1,08 ± 0,14 aA	-0,93 ± 0,02 aA
CV %	16,92		

Valores em uma mesma coluna, seguidos por letras maiúsculas idênticas, ou em uma mesma linha, seguidos por letras minúsculas idênticas, não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Scott-Knott.

4.4 Análise dos teores médios de cloro (Cl⁻), sódio (Na⁺), potássio (K⁺), e das relações de Na⁺/k⁺ e K⁺/Na⁺ na parte aérea da planta de milho pela co-inoculação de BPCP e FMA, com diferentes concentrações.

Segundo os resultados da tabela de análises de variância (APÊNDICE) os teores médios de cloro, sódio, potássio, e das relações de N⁺/K⁺ e K⁺/Na⁺ na parte aérea da planta apresentaram interação significativa (p<0,05) entre os tratamentos e as concentrações de NaCl.

Comparando os valores de Cl⁻ nas concentrações de NaCl tabela 7, observou-se um aumento significativo com o aumento das concentrações de NaCl de 0 para 40 e 80 mM. Porém,

entre os tratamentos na concentração de 40 mM observou-se uma redução significativa nos valores de Cl^- quando comparado as co-inoculações com os controles de FMA e sem inoculação, exceto a 28-10+ FMA com uma diminuição não significativa e 43+FMA com um aumento não significativo. Na concentração de 80 mM houve uma redução significativa pelas co-inoculações quando comparado com o controle sem-inoculação, exceto a 59-3+FMA com uma diminuição não significativa e 43+FMA com um aumento não significativo.

Os valores de Na^+ aumentaram significativos quando comparado a concentração de NaCl de 0 mM com as concentrações de NaCl de 40 e 80 mM, exceto o valor da co-inoculação 24-10+FMA que a concentração 0 mM não diferiu de 40 mM. Por outro lado, entre os tratamentos houve uma redução significativa nos valores de Na^+ na concentração de NaCl de 40 mM quando comparado as co-inoculações e, FMA com o controle sem inoculação.

Os valores de K^+ diminuíram quando aumentou as concentrações de NaCl de 40 e 80 mM com destaques significativos para as co-inoculações 28-10+FMA e 85+FMA, para FMA, e para o controle sem inoculação na concentração de 80 mM. Entre os tratamentos, observou-se um decréscimo significativo na concentração de 40 mM quando comparado as co-inoculações com o controle sem inoculação.

Os valores da relação de Na^+/K^+ aumentaram significativamente quando comparado as concentrações de NaCl de 0 mM com 40 e 80 mM para as co-inoculações. No entanto, entre os tratamentos observou-se uma redução significativa da relação de Na^+/K^+ na concentração de 80 mM quando comparado as co-inoculações com o controle FMA e sem inoculação, exceto as co-inoculações 43+FMA e 59-3+FMA demonstrando tolerância a este nível de NaCl para a planta.

Os valores da relação K^+/Na^+ foram reduzidos significativamente com o aumento da concentração de NaCl quando comparado a concentração de 0 mM com as concentrações de 40 e 80 mM. Por outro lado, na concentração de 80 mM as co-inoculações 24-1+FMA, 28-10+FMA, 28-7+ FMA, 70+FMA, 79-1+FMA e 85+FMA aumentaram significativamente a relação K^+/Na^+ quando comparados com os controles FMA e sem inoculação.

Tabela 7- Teores médios de cloro, sódio, potássio, e das relações de N^+/K^+ e K^+/Na^+ na parte aérea de milho co-inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrizico arbuscular (FMA) sob estresse salino

Tratamentos	Concentração NaCl (mM)					
	0		40		80	
	Cl ⁻ (g/kg)					
24-1 + FMA	14,55	cA	22,74	bB	33,46	aB
28-10 + FMA	11,75	bA	29,83	aA	31,41	aB
28-7 + FMA	16,60	bA	28,10	aB	31,25	aB
43 + FMA	16,12	cA	32,20	bA	41,49	aA
46-1 + FMA	14,71	bA	27,31	aB	29,83	aB
52 + FMA	15,65	bA	27,90	aB	32,19	aB
59-3 + FMA	14,71	cA	25,11	bB	36,97	aA
70 + FMA	15,81	bA	26,84	aB	31,88	aB
79-1 + FMA	14,23	cA	22,74	bB	31,09	aB
85 + FMA	17,07	aA	24,95	bB	34,72	aB
FMA	15,02	bA	31,25	bA	31,09	aB
Sem inoculação	12,34	cA	31,88	bA	39,29	aA
CV %	18,64					
	Na ⁺ (g/kg)			K ⁺ (g/kg)		
24-1 + FMA	12,09	bA	13,57	bB	19,02	aA
28-10 + FMA	14,39	bA	18,27	aB	19,52	aA
28-7 + FMA	10,55	cA	15,72	bB	19,31	aA
43 + FMA	11,47	cA	17,83	bB	22,01	aA
46-1 + FMA	10,96	cA	15,30	bB	19,71	aA
52 + FMA	11,99	cA	16,35	bB	19,12	aA
59-3 + FMA	11,16	cA	15,72	bB	19,71	aA
70 + FMA	12,32	bA	15,95	aB	17,82	aA
79-1 + FMA	11,17	cA	14,52	bB	18,02	aA
85 + FMA	12,45	bA	15,79	aB	16,53	aA
FMA	11,27	cA	14,92	bB	19,62	aA
Sem inoculação	13,33	bA	22,38	aA	20,91	aA
CV %	13,31			14,92		
	Na ⁺ /K ⁺ (g/kg)			K ⁺ /Na ⁺ (g/kg)		
24-1 + FMA	0,42	cA	0,63	bA	0,81	aB
28-10 + FMA	0,44	cA	0,69	bA	0,86	aB
28-7 + FMA	0,40	cA	0,61	bA	0,85	aB
43 + FMA	0,48	cA	0,65	bA	1,07	aA
46-1 + FMA	0,42	cA	0,65	bA	0,95	aB
52 + FMA	0,43	cA	0,65	bA	0,92	aB
59-3 + FMA	0,43	cA	0,64	bA	1,11	aA
70 + FMA	0,44	cA	0,70	bA	0,89	aB
79-1 + FMA	0,42	cA	0,58	bA	0,85	aB
85 + FMA	0,41	bA	0,74	aA	0,78	aB
FMA	0,43	cA	0,67	bA	0,99	aA
Sem inoculação	0,41	cA	0,66	bA	1,13	aA
CV %	18,67			9,95		

Valores em uma mesma coluna, seguidos por letras maiúsculas idênticas, ou em uma mesma linha, seguidos por letras minúsculas idênticas, não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Scott-Knott.

4.5 Colonização micorrízica em milho co-inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrizico arbuscular (FMA) sob estresse salino

Os resultados das análises de variância (APÊNDICE A) mostraram que a colonização micorrízica não apresentaram interação significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e as concentrações de NaCl. Segundo o resultado total da colonização micorrízica observou-se que as co-inoculações 28-10+FMA, 43+FMA, 52+FMA, 70+FMA e 85+ FMA foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) comparado com as outras co-inoculações, porém não foram significativamente diferente com FMA. Por outro lado, a colonização micorrízica decresceu quando aumentou-se a concentração de NaCl (Figura 6).

Figura 5.- Colonização micorrízica em milho co-inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrizico arbuscular (FMA) sob estresse salino

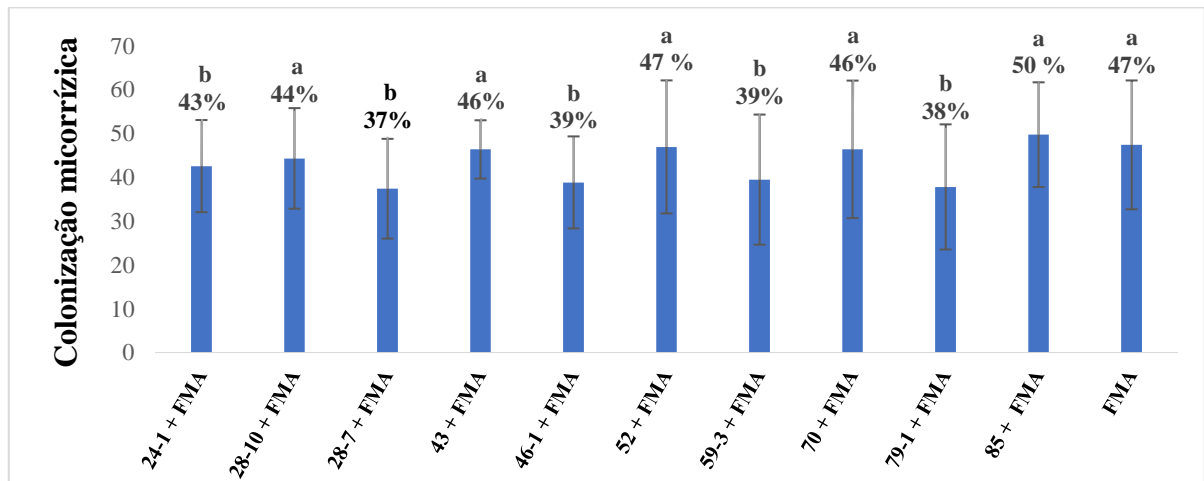
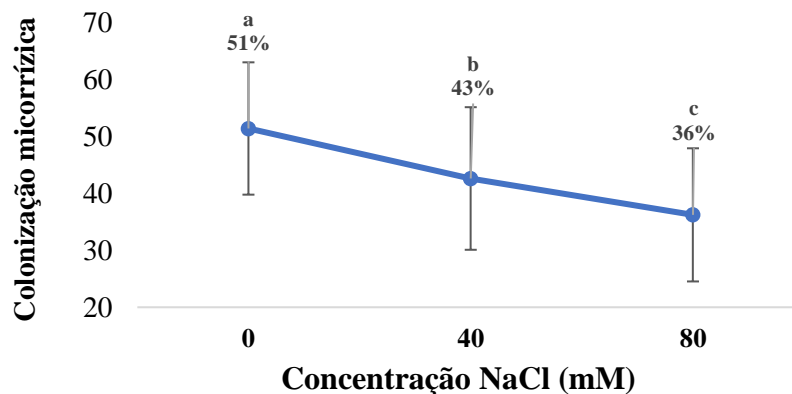


Figura 6.- Colonização micorrízica em milho co-inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrizico arbuscular (FMA) em diferentes concentrações de NaCl.



5 DISCUSSÃO

5.1 Promoção de crescimento de milho sob estresse salino

O estresse salino afeta a produção das culturas devido à redução de crescimento da planta (MUNNS; TESTER, 2008, ZHANG et al., 2020). Vários estudos relataram que a salinidade reduziu o crescimento, a área foliar, o conteúdo de clorofila, a absorção de nutrientes e a fotossíntese (SHENG et al., 2008; DAEI et al., 2009; ABDEL et al., 2011; SELVAKUMAR et al., 2018). Além disso, foi documentado que fungos micorrízicos arbusculares e bactérias halotolerantes promotoras do crescimento de plantas aliviam o estresse salino (HAJIBOLAND et al. 2010; WU et al., 2012; LEE et al., 2015). Portanto, a co-inoculação de *G. mosseae* e *P. mendocina* foi relatada para aumentar a biomassa seca da planta do que a inoculação única em *Lactuca sativa* sob estresse salino (KOHLENER et al. 2007; LEE et al., 2015).

O aumento da concentração de NaCl no solo afetou negativamente a biomassa da planta do milho, porém as plantas inoculadas com rhizobactéria *Pseudomonas reactans*, bactéria endofítica *Pantoea Alli*, FMA *Rhizoglyphus irregulare* tanto isolada como misturadas tenderam a apresentar maior crescimento de raiz e parte aérea (MOREIRA et al., 2020). Em nosso estudo, observou-se que a produção de crescimento de CC, DC, AFT e MSPA diminuíram significativamente com o aumento da concentração de NaCl de 0 para 40 e 80 mM. No entanto, as co-inoculações de 28-10+FMA e 43+FMA respectivamente aumentaram significativamente a produção de crescimento da AFT e a MSPA comparados com os controles de FMA, e a co-inoculação 28-10+FMA foi significativamente diferente com o controle sem inoculação. Em um estudo similar, foi observado um efeito significativamente negativo da salinidade no crescimento da planta em todos os tratamentos e o mais proeminente foi evidente na maior concentração de sal de 50 mM de NaCl. No entanto, a co-inoculação de FMA e *Pseudomonas koreensis* S2CB35 bactéria associada a esporo (SAB em inglês) aumentaram significativamente o peso seco do milho em comparação com o controle em todas as concentrações de sal (SELVAKUMAR et al., 2018).

Diagne et al. (2020) observaram que na presença de 150 mM a biomassa aérea de *Casuarina obesa* foi melhorada pela inoculação com *Pantoea agglomerans* combinadas com *Rhizophagus fasciculatus* em comparação com as plantas de controle em todas as concentrações de NaCl. Porém, eles observaram que à 300 mM de NaCl, a inoculação com PGPR e/ou FMA tem nenhum efeito significativo na altura de *C. obesa*. Para Menezes-Benavente et al. (2004) e Farroq et al. (2015), um nível salino de mais de 0,25 M de NaCl (250 mM) danifica o milho plantas e pode prejudicar o crescimento e causar murcha severa. Esses níveis de concentrações

foram superiores comparados a àqueles usaram em nosso estudo, isso pode dezuir à concentrações mais alta de NaCl afetariam as plantas mesmo se for com as co-inoculações de BPCP e FMA e também dependendo das cepas utilizadas.

5.2 Parâmetros dos transientes da clorofila a (F_o , F_m , F_v , F_v/F_o e F_v/F_m)

Altas concentrações do acúmulo de sal reduzem a capacidade fotossintética do Fotossistema II (PSII) nas plantas. O PSII é considerado um componente significativo da cadeia de transporte de elétrons (ETC) que pode ser danificado pelo estresse de salinidade (ALDESUQUY et al., 2014; TIWARI et al., 2022). Segundo os resultados estatísticos dos parâmetros da fluorescência da clorofila a F_o , F_m , F_v , F_v/F_o e F_v/F_m não houve interação significativa entre os tratamentos e as concentrações de NaCl (mM). Por outro lado, com o estresse salino induzido, a fluorescência inicial (F_o) aumentou significativamente quando aumentou-se as concentrações de NaCl. Portanto, Melo et al. (2017) observaram um aumento de F_o com o incremento de sais até a CE de 20 dsm^{-1} na umidade do solo correspondente a 70 % da capacidade de campo. Neste caso, a planta *Atriplex nummularia* ficaram danificadas por reduções nos valores dos outros transientes da clorofila sendo principalmente no F_m . Resultado diferente encontrado neste presente estudo com aumento significativo da F_m quando aumentou as concentrações de NaCl de 40 e 80 mM.

A relação F_v/F_o , assim como F_v/F_m tem sido recomendada para detectar, respectivamente, alterações e distúrbios no sistema fotossintético induzidas pelo estresse salino, pois suas diminuições indicam redução da eficiência fotoquímica do PSII e danos ao aparato fotossintético (AZEVEDO NETO et al., 2011; MELO et al., 2017). Também, reduções nesses valores em plantas sob estresse salino severo indicam que a eficiência do processo fotossintético e a cadeia de transporte de elétrons foram afetadas (LI et al., 2010; SHU et al., 2013). Incrementos nos valores de F_v/F_m indicam aumento na eficiência da conversão fotossintética do PSII (SHU et al., 2013; MEHTA et al., 2011). Ademais, os valores das concentrações críticas das plantas sem estresses são contidos entre 0,75-0,86 segundo Bjorkman e Demming (1987); Bolhár-NordenKampf e Öquist (1993). Valores abaixo dessas concentrações poderiam ser considerados indicativos à condições inibitórias do PSII da planta (MACHADO et al., 2004). Entretanto, neste presente estudo os valores médios para a relação F_v/F_m foram encontrados entre 0,73 e 0,72 nas concentrações de NaCl, e 0,74 e 0,71 entre os tratamentos, sendo valores que mostraram que a planta está sob estresse salino. Porém, essas diminuições da F_v/F_m poderiam ser facilitada pelas co-inoculações de BPCP e FMA na absorção de água pela planta,

no alívio de estresses salinos ou poderiam ser um incremento na concentração da condutividade elétrica (CE) da água de irrigação (MELO et al., 2019).

5.3 Potencial osmótico (Ψ_s) em milho sob estresse salino

O potencial osmótico (Ψ_s) é um dos parâmetros fisiológicos utilizados para quantificar o nível de estresse nas plantas. Segundo Soni et al. (2021), as plantas não conseguem absorver água suficiente para atender às suas demandas evaporativas em solos salinos e, portanto, o baixo turgor cria uma diminuição no potencial osmótico. Portanto, o Ψ_s diminuiu significativamente com o aumento da concentração de NaCl para as co-inoculações 24-1+FMA, 28-7+FMA, 43+FMA e 59-3+FMA e entre os tratamentos para as co-inoculações 24-1+FMA, 28-10+FMA, 28-7+FMA. Essas co-inoculações resultou na tolerância da planta ao estresse salino. Entretanto, sob estresse salino, a principal estratégia adaptativa nas plantas é a regulação do potencial osmótico (ZHANG et al., 2020). Isso pode ser feito modulando a produção de osmólitos, incluindo açúcar solúvel e prolina (BLUMWALD, 2003, ZHANG et al., 2020).

Vários autores mostraram que as plantas com FMA possuem um maior potencial osmótico do que suas contrapartes sem FMA sob estresse salino, devido ao acúmulo de mais osmólitos (EVELIN et al., 2013; 2019; GARG; BAHER, 2013; ALQARAWI et al., 2014; NAVARRO et al., 2014). No presente trabalho, o Ψ_s diminuiu significativa em 39 % para a FMA comparado com o controle sem inoculação. Diversas das co-inoculações BPCP e FMA conseguiram aliviar o estresse salino que reduziu potencial osmótico no milho. Porém, elas favoreceram a planta do milho a desenvolver capacidade e estratégias tolerantes à absorver mais água para seu crescimento sob essas condições de estresses salinos.

5.4 Teores médios de cloro (Cl^-), sódio (Na^+), potássio (K^+), e das relações de Na^+/K^+ e K^+/Na^+ na parte aérea da planta de milho sob estresse salino

A salinidade interfere na aquisição de minerais e nutrientes e influencia muitos processos metabólicos na planta (MISHRA et al., 2021). Portanto, a absorção de fósforo (P), potássio (K^+), cálcio (Ca^{++}) e nitrogênio (N) pelas plantas é reduzida pelo aumento nas concentrações de íons Na^+ e Cl^- em solo salino (KHAN et al., 2011; RUIZ –LOZANO et al., 2012; SORTY et al., 2016; TIWARI et al., 2022). No presente estudo, o resultado não foi diferente, observou-se na parte aérea do milho um incremento significativo no acúmulo de íons Na^+ e Cl^- com o aumento da concentração de NaCl. No entanto, houve uma redução significativa nas concentrações de Na^+ e de Cl^- na parte aérea da planta quando comparado as

co-inoculações com os controles de FMA e sem inoculação para o Cl^- e o controle sem inoculação para Na^+ . Além disso, as co-inoculações 43+FMA, 28-10+FMA e 59-3+FMA mostraram ser tolerante ao nível de 80 mM NaCl pelas altas concentrações de Cl^- encontradas na planta.

Moreira et al. (2019) mostraram um efeito sinérgico entre FMA e PGPR no aumento do crescimento do milho em condições salinas pelo aumento no teor de K^+ acompanhado por uma diminuição efetiva de Na^+ nos tecidos vegetais (DIAGNE et al., 2020). A seguir, alta relação Na^+/K^+ cria o desequilíbrio iônico no citoplasma e os íons Na^+ competem com K^+ por sítios de ligação essenciais para várias funções celulares (GIRI et al., 2007; DAR et al., 2022), consequentemente interrompe vários processos enzimáticos e a síntese de proteínas (SAGAR et al., 2021). Por comparação, os resultados do presente estudo mostraram que houve um incremento significativo na relação Na^+/K^+ com o aumento da concentração de NaCl. Porém, foi reduzida significativamente com as co-inoculações quando comparado com o controle sem inoculação, exceto 43+FMA e 59-3+FMA. Por outro lado, Selvakumar et al. (2018) observaram que tanto na parte aérea quanto nas raízes do milho a razão K^+/Na^+ foi afetada negativamente pela salinidade em todas as concentrações.

A parte aérea foi a mais proeminente, onde as diferenças entre o tratamento não salino e qualquer um dos tratamentos com sal foram altamente significativas. No entanto, os tratamentos microbianos não mostraram diferenças significativas do controle a 0 e 25 mM de NaCl. Em NaCl 50 mM, apenas a co-inoculação de *Claroideoglossum lamellosum* com *Pseudomonas koreensis* S2CB35 bactéria associada a esporo (SAB em inglês) apresentou menor razão K^+/Na^+ . Neste presente estudo, observou-se a razão K^+/Na^+ diminuída com o aumento da concentração de NaCl. Por outro lado, na concentração de 80 mM as co-inoculações 24-1+FMA, 28-10+FMA, 28-7+FMA, 70+FMA, 79-1+FMA e 85+FMA aumentaram significativamente a razão K^+/Na^+ quando comparados com os controles FMA e sem inoculação.

Para Evelin et al. (2009) e Tiwari et al. (2022), a alta proporção de K^+/Na^+ na citosólica em plantas é considerada uma característica da tolerância ao sal porque o Na^+ compete diretamente com o K^+ pelos sítios de ligação que são essenciais para várias funções metabólicas. Em um estudo similar foi relatado que BPCP *Azosprillum lipoferum* e *Azotobacter chroococcum* aumentam a concentração de K^+ , mantêm a relação K^+/Na^+ e reduzem a concentração de Na^+ em plantas de milho afetadas pela salinidade (ABDEL LATEF et al., 2020; MISHRA et al., 2021). Também, Wang et al. (2020) observaram uma relação de K^+/Na^+ mais alto em mudas de FMA, o qual indicou que *F. mosseae* aumentou a tolerância ao sal de muda de *Zelkova serrata*.

5.5 Colonização micorrízica pelos diferentes tratamentos combinados de BPCP e FMA sob estresse salino

O uso criterioso de FMA é um dos meios potenciais para mitigar os efeitos adversos induzidos pela salinidade nas plantas (SANTANDER et al., 2019; BEGUM et al., 2019). O FMA é conhecido por promover a tolerância à salinidade empregando vários mecanismos, como aumentar a eficiência do uso da água e a aquisição de nutrientes, produzindo hormônios e reguladores de crescimento vegetal, melhorando a taxa fotossintética, equilibrando o equilíbrio iônico e produzindo antioxidantes (EVELIN et al., 2019; SAGAR et al., 2021). Porém, já foi relatado uma redução da colonização micorrízica sob salinidade (EVELIN et al., 2021; SELVAKUMAR et al., 2018). Por outro lado, a inoculação dupla de PGPR e FMA pode ser uma ferramenta eficaz para aliviar o estresse salino nas culturas (SAGAR et al., 2021).

Neste estudo, o FMA foi usada combinado com BPCP produzido ACC deaminase, AIA entre outros mecanismos de crescimento de planta, para avaliar seu efeito em planta de milho em condição de estresse salino. Os resultados mostraram que FMA apresentou uma colonização micorrízica de 47 % e não diferiu significativamente com as co-inoculações 28-10+FMA, 43+FMA, 52+FMA, 70+FMA e 85+ FMA. Por outro lado, a colonização micorrízica na planta foi reduzida com aumento da concentração de NaCl nos resultados totais. Resultado semelhante foi encontrado por Selvakumar et al. (2018), onde a colonização de micorrizas foi reduzida sob estresse salino; no entanto, a co-inoculação de bactérias associadas a esporos (SAB em inglês) com FMA aumentou a colonização micorrízica em toda a concentração de sal do que o tratamento com FMA sozinho. Em outro estudo por Aliasgharzadeh et al. (2001) foi relatado que a FMA aumentou a esporulação e colonização sob condições de estresse salino (EVELIN et al., 2009).

6 CONCLUSÃO

A salinidade do solo afeta o crescimento das culturas e constitui um grande problema para produção agrícola no mundo. Neste estudo, uma combinação de bactérias promotoras de crescimento em plantas e fungo micorrízico arbuscular foi utilizado para aliviar o estresse salino na planta com objetivo de aumentar o crescimento do milho nesta condição. De fato, a co-inoculação de BPCP e FMA favoreceu o crescimento da área foliar total e da massa seca da parte aérea. Também, manteve a capacidade fotossintética do fotossistema II (PSII) tolerante a salinidade, pois os parâmetros da clorofila não foram afetados por sais, exceto a fluorescência inicial (F_0). Além disso, a co-inoculação melhorou a absorção de água da planta de milho por

tolerantes a baixos potenciais osmóticos. As co-inoculações reduziram a concentração de Na^+ e de Na^+/K^+ na planta favorecendo um aumento na razão K^+/Na^+ sendo um melhor absorção desse nutriente importante para o crescimento e desenvolvimento da planta. Além disso, as co-inoculações mantiveram a colonização micorrizica tolerante em condição salina. Por todos esses efeitos benéficos, as bactérias mais eficientes foram 28-10, 43, 28-7, 24-1 e 85, dentro as dez combinadas com a FMA. Assim, pode-se concluir que o uso da co-inoculação é uma boa alternativa para aliviar o estresse salino no milho, e pode contribuir para a melhoria da produção da cultura. Seria importante avaliar os outros componentes que poderiam contribuir no alívio de estresse na planta de milho, como os osmoprotetores, a exemplo de proline, betaínas entre outros, e as enzimas. Por fim, de testar esse tipo de experimento repetidamente em condição de campo para mais confirmação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL LATEF, A. A. H.; ABU ALHMAD, M. F.; KORDROSTAMI, M.; ABO-BAKER, A.-B.A.-E.; ZAKIR, A. Inoculation with *Azospirillum lipoferum* or *Azotobacter chroococcum* reinforces maize growth by improving physiological activities under saline conditions. **Journal of Plant Growth Regulations**, v. 39, p. 1293-1306, 2020.
- ABDEL LATEF, A. A. H.; CHAOXING, H. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition, antioxidant enzymes activity and fruit yield of tomato grown under salinity stress. **Science Horticulture**, v. 127, p. 228–33, 2011.
- ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. JR. Ethylene in Plant Biology, 2nd Edn. San Diego, CA: **Academic Press**, 1992. E-book.
- ACOSTA-MOTOS, J. R.; ORTUNO, M. F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ BLANCO, M. J.; HERNANDEZ, J. A. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**, v.7, n.18, 2017.
- AHANGER, M. A.; TYAGI, S. R.; WANI, M. R.; AHMAD, P. “Drought tolerance: role of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients,” in Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment. Eds. P. Ahmad and Wani MR. **Springer**. New York, NY, vol. 1, p. 25-55, 2014.
- AJITHKUMAR, P.I.; IBADAPBIANGSHYLLA. Morphological and biochemical response to salinity stress on *Setaria italic* Seedlings. **Journal of Applied and Advanced Research**, v.2, n.4, 235–248, 2017.
- AKRAM, M.S.; SHAHID, M.; TARIQ, M.; AZEEM, M.; JAVED, M.T.; SALEEM, S.; RIAZ, S. Deciphering *Staphylococcus sciuri* SAT-17 mediated antioxidative defense mechanisms and growth modulations in salt stressed maize (*Zea mays* L.). **Frontiers in Microbiol**, Faisalabad, v. 7, n. 867, 14p. 2016.

ALDESUQUY, H.; BAKA, Z.; MICKKY, B. Kinetin and spermine mediated induction of salt tolerance in wheat plants: Leaf area, photosynthesis and chloroplast ultrastructure of flag leaf at ear emergence. **Egy J Basic Appl Sci.** v.1, p. 77-87, 2014.

ALIASGHARZADEH N.; SALEH R. N.; TOWFIGHI H.; ALIZADEH A. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz Plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. **Mycorrhiza**, v. 11, p. 119–122, 2001.

ALIZADEH, O., ZARE, M. & NASR, A. H. Evaluation effect of mycorrhiza inoculate under drought stress condition on grain yield of sorghum (*Sorghum bicolor*). **Advances Environmental Biology**, Arsanjan, v. 5, n.8, p. 2361–2364, 2011.

ALMEIDA, E. S. Respostas Fisiológicas e Bioquímicas de Plantas de Milho (*Zea Mays* L.) Inoculadas com Fungos Micorrízicos Arbusculares sob Estresse Salino. 86f. Dissertação de Mestrado (Mestre em fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

ALQARAWI, A. A.; ABD ALLAH, E. F.; HASHEM, A. Alleviation of salt-induced adverse impact via mycorrhizal fungi in *Ephedra aphylla* Forssk. **Journal of Plant Interactions**, v.9, p. 802–810, 2014.

ARAÚJO, V. L. V. P. Prospecção de bactérias promotoras de crescimento de plantas de uma lagoa temporária do semiárido tropical 2019. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

ARAÚJO, Victor Lucas Vieira Prudêncio et al. Bacteria from tropical semiarid temporary ponds promote maize growth under hydric stress. **Microbiological Research**, v. 240, p. 126564, 2020.

ARTURSSON, V.; FINLAY, R. D.; JANSSON, J. K. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. **Environmental Microbiology**, v. 8, n. 1, p. 1–10, 2006.

AZEVEDO NETO, A. D. D., PEREIRA, P. P. A., COSTA, D. P., SANTOS, A. C. C. D. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância à salinidade em girassol. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 4, p. 893-897, 2011.

BAGO, B.; PFEFFER, P. E.; ABUBAKER, J.; JUN, J.; ALLEN, J. W.; BROUILLETTE, J. et al. Carbon export from arbuscular mycorrhizal roots involves the translocation of carbohydrate as well as lipid. *Plant Physiology*. Pennsylvania, v. 131, n. 3, p. 1496-507, 2003.

BANKS, J. A.; NISHIYAMA, T.; HASEBE, M.; BOWMAN, J. L.; GRIBSKOV, M.; DEPAMPHILIS, C.; ALBERT, V. A.; AONO, N.; AOYAMA, T.; AMBROSE, B. A.; ASHTON, N. W.; AXTELL, M. J.; BARKER, E.; BARKER, M. S.; BENNETZEN, J. L.; et al. The *Selaginella* genome identifies genetic changes associated with the evolution of vascular plants. **Science**. USA, v. 332, n. 6032, p. 960–963, 2011

BARADAR, A.; SABERI-RISEH, R.; SEDAGHATI, E.; AKHGAR, A. Effect of some bacteria and iron chelators on potato colonization by arbuscular mycorrhiza fungi inoculated by *Rhizoctonia*. **Indian Journal of Science Technology**, Rafsanjan, v. 8, n. 19, p. 1-5, 2015.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. A Cultura do Milho. Texto de apoio para as Unidades Curriculares de Sistemas e Tecnologias Agropecuários, Tecnologia do Solo e das Culturas, Noções Básicas de Agricultura e Fundamentos de Agricultura Geral, 52f. Évora, 2014.

- BEGUM, N.; QIN, C.; AHANGER, MA. ; RAZA, S.; KHAN, MI.; ASHRA, M. AHMED, N.; ZHANG, L. Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 1068, 2019.
- BERTA, G.; COPETTA, A.; GAMALERO, E.; BONA, E.; CESARO, P.; SCARAFONI, A.; et AL. Mycorrhizal fungi and a growth-promoting pseudomonad in the field differentially affect maize development and grain quality. **Mycorrhiza**, v. 24, p.161–70, 2014.
- BINDER, B. M. Ethylene signaling in plants. **Journal of Biological Chemistry**. Tennessee, v. 295, n. 22 p. 7710 -7725, 2020.
- BITTERLICH, M.; ROUPHAEL, Y.; GRAEFE, J.; FRANKEN, P. Arbuscular mycorrhizas: a promising component of plant production systems provided favorable conditions for their growth. *Frontiers in Plant Science*. Germany, v. 9, n. 6p, 1329. 2018.
- BJORKMAN, O.; DEMING, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v.170, p.489-504, 1987.
- BLEECKER, A. B.; ESTELLE, M. A.; SOMERVILLE, C.; KENDE, H. Insensitivity to ethylene conferred by a dominant mutation in *Arabidopsis thaliana*. **Science**. Michigan, v. 241, n. 4869, p. 1086–1089, 1988.
- BLUMWALD, E. Engineering salt tolerance in plants. **Biotechnology Genetic and Engineering Review**, v. 20, p. 261-275, 2003.
- BOLHÁR-NORDENKAMPF, H. R.; ÖQUIST, G. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: HALL, D. O.; SCURLOCK, J. M. O.; BOLHÁR-NORDENKAMPF, H. R.; LEEGOOD, LONG, R. C.; S. P. (Eds.). **Photosynthesis and production in changing environment: a field and laboratory manual**, London, Chapman e Hall, p. 193-206, 1993.
- BOWLES, T. M.; BARRIOS-MASIAS, F. H.; CARLISLE, E. A.; CAVAGNARO, T. R.; JACKSON, L. E. Effects of arbuscular mycorrhizae on tomato yield, nutrient uptake, water relations, and soil carbon dynamics under deficit irrigation in field conditions. **Science of the Total Environment**. USA, v. 566, p. 1223-234, 2016.
- BRÍGIDO, C.; DUAN, J.; GLICK, B. R. Methods to Study 1-Aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) Deaminase in Plant Growth-Promoting Bacteria. **ICAAM—Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas**, Évora, p. 287-305, 2015.
- BROWN, K. M. Ethylene and abscission. **Physiologia Plantarum**. Pennsylvania, v. 100, n. 3, p. 567–576, 1997. E-book.
- BRUNDRETT, M.C.; TEDERSOO, L. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. **New Phytologist**. Australia, V. 220, p. 1108 -1115, 2018.
- CAO, Y.; LIANG, X.; YIN, P.; ZHANG, M.; JIANG, C. A domestication-associated reduction in K⁺-preferring HKT transporter activity underlies maize shoot K⁺ accumulation and salt tolerance, **New Phytologist**. v. 222, p. 301–317, 2019.
- CAO, Y.; ZHOU, X.; SONG, H.; ZHANG, M.; JIANG, C. Advances in deciphering salt tolerance mechanism in maize. **The Crop Journal**. China, 2023.

CAMERON, D. D.; NEAL, A.L.; VAN WEES, S.C.M.; TON, J. Mycorrhiza-induced resistance: More than the sum of its parts? **Trends Plant Science**, Sheffield, v. 18, n. 10, p. 539–545, 2013.

CAMPANELLI, A.; RUTA, C.; DE MASTRO, G.; MORONE-FORTUNATO, I. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in alleviating salt stress in *Medicago sativa* L. var. icon. **Symbiosis**. Italy, v. 59, p. 65-76, 2013.

CARDOSO, M. J.; CARVALHO, B. C. L. DE; LIRA, M. A. T.; ALBUQUERQUE, M. M. DE. Melhoramento genético de milho no Nordeste brasileiro. Embrapa Meio-Norte, 1999. DispoConcentração em < <http://www.cpatia.embrapa.br> > catalogo > livrorrg> Acesso em 13 de Janeiro 2022.

CARILLO, P.; ANNUNZIATA, M. G.; PONTECORVO, G.; FUGGI, A.; WOODROW P. Salinity Stress and Salt Tolerance, Abiotic Stress in Plants - Mechanisms and Adaptations. InTechopen, 2011. Available from: <http://www.intechopen.com/books/abioticstress-in-plants-mechanisms-and-adaptations/salinity-stress-and-salt-tolerant>.

CARVALHO, F. DE S. L. DE. Crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) sob estresse salino e adubação nitrogenada. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Paraíba, 2012.

CARVALHO, H. W. L. DE; SANTOS, M. X. DOS; LEAL, M. DE L. DA S.; TABOSA, J. N.; CAVAGNARO, T. R. ; JACKSON, L. E., Six, J. *et al.* Arbuscular mycorrhizas, microbial communities, nutrient availability, and soil aggregates in organic tomato production. **Plant and Soil**, v. 282, p. 209–225, 2006.

CHANG, C.; KWOK, S. F.; BLEECKER, A. B.; MEYEROWITZ, E. M. Arabidopsis ethylene-response gene ETR1: similarity of product to two component regulators. **Science**. Pasadena, v. 262, n. 5133, p. 539–544, 1993.

CI, D.; TANG, Z.; DING, H.; CUI, L.; ZHANG, G.; LI, S.; et al. The synergy effect of arbuscular mycorrhizal fungi symbiosis and exogenous calcium on bacterial community composition and growth performance of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in saline alkali soil. **Journal of Microbiology**. v. 59, n. 1, p. 51–63, 2021.

COHEN, A. C.; BOTTINI, R.; PONTIN, M.; BERLI, F. J.; MORENO, D.; BOCCANLANDRO, H.; TRAVAGLIA, C. N.; PICCOLI, P. N. *Azospirillum brasilense* ameliorates the response of *Arabidopsis thaliana* to drought mainly via enhancement of ABA levels. **Physiology Plantarum**. Argentina, v. 153, n. 1, p. 79–90.2015.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2022/23. Dispo em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/grao>>. Acesso em 2 fevereiro de 2023.

COSTA, F. H. R.; GOES, G. F.; ALMEIDA, M. DE S.; MAGALHÃES, C. L.; SOUSA, J. T. M. DE; SOUSA, G. G. Produtividade da cultura do milho em função da salinidade e da cobertura morta vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.25, n.12, p.840-846, 2021.

- DAEI, G.; ARDEKANI, M.R.; REJALI, F.; TEIMURI, S.; MIRANSARI, M. Alleviation of salinity stress on wheat yield, yield components, and nutrient uptake using arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 617–25, 2009.
- DANIELS, B. A.; SKIPPER, H. D. Methods for the Recovery and quantitative estimation of propagules from soil. In: N.C. Schenck, (ed.), *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. **American Phytopathological Society**, St Paul, Minnesota, p. 29-37, 1982.
- DAR, M.; RAZVI, S. M.; SINGH, N.; MUSHTAQ, A.; DAR, S. Arbuscular Mycorrhizal Fungi-alleviator for salinity stress: A review. In Press, Journal Pre-proof. **Pedosphere**, India, 2022.
- DEMONTIÊZO, F. L. L.; ARAGÃO, M. F.; JÚNIOR, M. V.; PAIVA, P. V. V.; LIMA, S. C. R. V. Emergência e crescimento inicial de tomate ‘santa clara’ em função da salinidade e condições de preparo das sementes. **Irriga**, Botucatu, v. 1, p. 81-92, 2016.
- DIAGNE, N.; NDOUR, M.; DJIGHALY, P. I.; NGOM, D.; NGOM, M.C.N.; NDONG, G.; SVISTOONOFF, S.; CHERIF-SILINI. H. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) on Salt Stress Tolerance of *Casuarina obesa* (Miq.). **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, n. 601004, 2020.
- DIAS, N. DA S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R. DE; FERREIRA, J. F. DA S.; NETO, O. N. DE S.; QUEIROZ, Í. S. R. DE. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. (ed.) *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados INCTSAL*, Fortaleza - CE, 2016.
- DORLING, S.J.; MCMANUS, M. T. The fate of ACC in higher plants. **Annual Plant Reviews**. Wiley-Blackwell, v. 44, p. 83-115, 2012.
- EVELIN, H.; DEVI, T. S.; GUPTA, S.; KAPOOR, R. Mitigation of Salinity Stress in Plants by Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis: Current Understanding and New Challenges. **Frontiers in Plant Science**, New Delhi, v.10, n. 470, 21p. 2019.
- EVELIN, H.; GIRI, B.; KAPOOR, R. Contribution of Glomus intraradices inoculation to nutrient acquisition and mitigation of ionic imbalance in NaCl-stressed *Trigonella foenum-graecum*. **Mycorrhiza**, v. 22, p. 203–17, 2012.
- EVELIN, H.; GIRI, B.; KAPOOR, R. Ultrastructural evidence for AMF mediated salt stress mitigation in *Trigonella foenum-graecum*. **Mycorrhiza**, v. 23, p.71-86, 2013.
- EVELIN, H.; KAPOOR, R.; GIRI, B. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. **Annals of Botany**, v. 104, n.7, p. 1263-1280, 2009.
- Farooq, M.; Hussain, M.; Wakeel, A.; Siddique, K.H.M. Salt stress in maize effects resistance mechanisms and management: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, 461 e 481, 2015.
- FENG, Z.; LIU, X.; ZHU, H.; YAO, Q. Responses of Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis to Abiotic Stress: A Lipid-Centric Perspective. **Frontiers in Plant Science, China**, Guangzhou, v. 11, n. 578919, 11p. 2020.
- FERRANTE, A.; FRANCINI, A. Ethylene and leaf senescence. **Ethylene Action in Plants**. Berlin, springler, p. 51–67, 2006. E-book.

- FRACETTO, G. G. M.; PERES, L. E. P.; MEHDY, M. C.; LAMBAIS, M. R. Tomato ethylene mutants exhibit differences in arbuscular mycorrhiza development and levels of plant defense-related transcripts. **Symbiosis**. Canada, v.60, p.155–167, 2013.
- FUKAMI, J.; DE LA OSA, C.; OLLERO, F. J.; MEGÍAS, M.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of maize with *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium tropici* as a strategy to mitigate salinity stress. **Functional Plant Biology**, v.45, p.328-339, 2017.
- GALLIE, D. Appearance and elaboration of the ethylene receptor family during land plant evolution. **Plant Molecular Biology**. USA, v. 87, p. 521–539, 2015.
- GALLIE, D.R.; GEISLER-LEE, J.; CHEN, J.; JOLLEY, B. Tissue-specific expression of the ethylene biosynthetic machinery regulates root growth in maize. **Plant Molecular Biology**, v.69, p.195-211, 2009.
- GAMALERO, E.; GLICK, B. R. Bacterial ACC deaminase and IAA: interactions and consequences for plant growth in polluted environments, in Handbook of Phytoremediation, I. A. Golubev, Ed., New York, pp. 763–774, **Nova Science**, 2010.
- GAMALERO, E.; GLICK, B.R. Bacterial modulation of plant ethylene levels. **Journal of Plant Physiology**, Ontario, v. 169, n. 1, p. 13–22, 2015.
- GARG, N.; BAHAR, N. Role of arbuscular mycorrhizal symbiosis in proline biosynthesis and metabolism of *Cicer arietinum* L. (chickpea) genotypes under salt stress. **Journal of Plant Growth Regulations**, v. 32, p.767-778, 2013.
- GEISLER-LEE, J.; CALDWELL, C.; GALLIE, D.R. Expression of the ethylene biosynthetic machinery in maize roots has regulated in response to hypoxia. **Journal of Experimental Botany**, v.61, p.857-871, 2010.
- GEISSLER, N.; HUSSIN, S.; EL-FAR, M. M. M.; KOYRO, H. W. Elevated atmospheric CO₂ concentration leads to different salt resistance mechanisms in a CK (*Chenopodium Euinoa*) and a C4 (*Atriplex nummularia*) halophyte. **Environmental and Experimental Botany**, v. 118, p. 67-77 2015.
- GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T.S. DE; ASSIS JR,R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. (org.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**.Viçosa: Folha de Viçosa/SBCS, v. 1, p. 329-346, 2000.
- GHEYI, Hans Raj et al. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Básicos e aplicados. 2. ed. **INCTSal**. Fortaleza, 2016. 504p.
- GHOSH, P. K., DE, T. K., AND MAITI, T. K. “Role of ACC Deaminase as a Stress Ameliorating Enzyme of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Useful in Stress Agriculture: A Review. In: Meena V. (Eds) Role of Rhizospheric Microbes in Soil. **Springer**, Singapore, p.57-106, 2018. E-book.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, p. 489-500, 1980.
- GIRI, B.; MUKERJI, K. G. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. **Mycorrhiza**, v. 14, p. 307-312, 2004.

- GLICK, B. R. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. **Hindawi Publishing Corporation Scientifica**, Waterloo, n. 963401, 15p, 2012.
- GLICK, B. R. The Enhancement of plant growth by free-living bacteria. **Canadian Journal of Microbiology**, Ontario, v. 41, no. 2, pp.109–117, 1995.
- GLICK, B. R.; CHENG, Z.; CZARNY, J.; DUAN J. Promotion of plant growth by ACC deaminase-producing soil bacteria. **European Journal of Plant Pathology**, vol. 119, no. 3, pp. 329–339, 2007.
- GULL, A.; LONE, A. A. WANI, N. UL. I. Biotic and Abiotic Stresses in Plants. **Intechopen**, SKUAST-Kashmir, v. 85832, p.1-6, 2019.
- HAJIBOLAND, R.; ALIASGHARZADEH, N.; LAIEGH, S. F.; POSCHERNRIEDER, C. Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi improves salinity tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. **Plant Soil**, v. 331, p. 313–327, 2010.
- HALL, A. E.; CHEN, Q. G.; FINDELL, J. L.; SCHALLER, G. E.; BLEECKER, A. B. The relationship between ethylene binding and dominant insensitivity conferred by mutant forms of the ETR1 ethylene receptor. **Plant Physiology**. Wisconsin, v. 121, n. 1, p. 291–300, 1999.
- HASEGAWA, P. M., BRESSAN, R. A., ZHU, J. K., & BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 463-499, 2000.
- HASHEM, A.; ABD-ALLAH, E. F.; ALQARAWI, A. A.; AL-HUQAIL, A. A.; WIRTH, S.; EGAMBERDIEVA, D. The interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and endophytic bacteria enhances plant growth of *Acacia gerrardii* under salt stress. **Frontiers Microbiology**, v.7, n. 1089, 2016.
- HASSANI, F.; ARDAKANI, M.; ASGHARZADE, A.; PAKNEZHAD, F.; HAMIDI, A. Efficiency of mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria on phosphorus uptake and chlorophyll index in potato plants. **International Journal of Bioscience**, Dakar, v. 4, n. 1, p. 244–251, 2014.
- HASSINE, A.; LUTTS, S. Differential responses of saltbush *Atriplex halimus* L. exposed to salinity and water stress in relation to senescing hormones abscisic acid and ethylene. **Journal of Plant Physiology**, v. 167, 1448-1456, 2010.
- HA-TRAN, D. M.; Nguyen, T. T. M.; HUNG, S.-H.; HUANG, E.; HUANG, C.-C. Roles of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) in Stimulating Salinity Stress Defense in Plants. **International Journal Molecular Sciences**. Taichung, v. 22, n. 3154, 39p. 2021.
- HELBER, N.; WIPPEL, K.; SAUER, N.; SCHAARSCHMIDT, S.; HAUSE, B.; REQUENA, N. A versatile monosaccharide transporter that operates in the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus* sp is crucial for the symbiotic relationship with plants. **The Plant Cell**. Germany, v. 23, n. 10, p. 3812-3823.
- HILLEL, D. Soil in the Environment: Crucible of Terrestrial Life. **Academic Press**, 320p, 2007.
- HILTNER, L. Ueber neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiete der Bodenbakteriologie und unter besonderer Berücksichtigung der Grundung und Brache. **Soil Biology and Biochemistry**. Germany, v. 98, p.59-78, 1904.

- HOLMSTRÖM, K. O., SOMERSALO, S., MANDAL, A., PALVA, T. E., & WELIN, B. (2000). Improved tolerance to salinity and low temperature in transgenic tobacco producing glycine betaine. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 343, p. 177-185, 2000.
- HONMA, M.; SHIMOMURA, T. Metabolism of 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic Acid. **Agricultural and Biological Chemistry**, Japão, v.42, n.10, p. 825-1831, 1978.
- HOPKINS, W. G. Introduction to Plant Physiology. 2. Ed. New York, **John Wiley & Sons, Inc.**, 512p, 2000.
- HORIE, T., KARAHARA, I. & KATSUHARA, M. Salinity tolerance mechanisms in glycophytes: An overview with the central focus on rice plants. **Rice, Open Journal Springer**. Japan, v. 5, n. 11, p18, 2012.
- HOUBEN, Maarten; VAN DE POEL, Bram. 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase (ACO): the enzyme that makes the plant hormone ethylene. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 695, 2019.
- HOWAT, D. Acceptable Salinity, Sodidity and pH Values for Boreal Forest Reclamation. Available at www.gov.ab.ca/env/protenf/landrec/index.html. In E. S. D. Alberta Environment, Edmonton Alberta. Report # ESD/LM/00-2. P19, 2000.
- HUA, J.; CHANG, C.; SUN, Q.; AND MEYEROWITZ, E. M. Ethylene insensitivity conferred by Arabidopsis ERS gene. **Science**. Pasadena, v. 269, n. 5231, p. 1712–1714, 1995.
- HUA, J.; SAKAI, H.; NOURIZADEH, S.; CHEN, Q. G.; BLEECKER, A. B.; ECKER, J. R.; MEYEROWITZ, E. M. EIN4 and ERS2 are members of the putative ethylene receptor gene family in Arabidopsis. **The Plant Cell**. California, Pasadena, v.10, n. 8, p. 1321–1332, 1998.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 331, n. 1–2, p. 413–425, 2010.
- IQBAL, Noushina et al. Ethylene role in plant growth, development and senescence: interaction with other phytohormones. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 475, 2017.
- ISHII T, SHRESTHA YH, MATSUMOTO I, KADOYA K. Effect of ethylene on the growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and on the mycorrhizal formation of trifoliolate orange roots. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**. Ehime, v. 68, n. 2, p 321–326, 1999.
- INVAM: International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi. <http://fungi.invam.wvu.edu>. West Virginia University, 2022.
- JACOBSON, C.B.; PASTERNAK, J. J.; GLICK, B. R. Partial purification and characterization of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase from the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. **Canadian Journal of Microbiology**, Canada, v. 40, n. 12, p. 1019-1025, 1994.
- JAMIL, M.; RHA, E.S. The effect of salinity (NaCl) on the germination and seedling of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* L.). **Korean Journal of Plant Responses**, v.7, p.226–232, 2004.

JIA, Y.J.; KAKUTA, Y.; SUGAWARA, M.; IGARASHI, T.; OKI, N.; KISAKI, M.; SHOJI, T.; KANETUNA, Y.; HORITA, T.; MATSUI, H.; HONMA, M. Synthesis and degradation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid by *Penicillium citrinum*. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**. Japan, v. 63, n. 3, p.542-549, 1999.

JU, C.; VAN DE POEL, B.; COOPER, E. D.; THIERER, J. H.; GIBBONS, T. R.; DELWICHE, C. F.; CHANG, C. Conservation of ethylene as a plant hormone over 450 million years of evolution. **Nature Plants**. Maryland, v. 1, n. 14004, 2015.

KAWASAKI, A.; DONN, S.; RYAN, P.R.; MATHESIUS, U.; DEVILLA, R.; JONES, A.; Watt, M. Microbiome and Exudates of the Root and Rhizosphere of *Brachypodium distachyon*, a Model for Wheat. **PLoS ONE, Julich**, v.11, n. 10, 25p, 2016.

KEYMER, A.; GUTJAHR, C. Cross-kingdom lipid transfer in arbuscular mycorrhiza symbiosis and beyond. **Current Opinion in Plant Biolology**. Germany, v. 44, p. 137-144, 2018.

KHAN A L, HAMAYUN M, AHMAD N, HUSSAIN J, KANG S-M, KIM Y-H, ADNAN M, TANG D-S, WAQAS M, RADHAKRISHNAN R. Salinity stress resistance offered by endophytic fungal interaction between *penicillium minioluteum* lhl09 and *glycine max*. L. **J Microbiol Biotechnol**, v. 21, p. 893-902, 2011.

KHATABI B, SCHAFFER P. Ethylene in mutualistic symbioses. **Plant Signaling & Behavior**. Knoxville, TN, v. 7, n. 12, p. 1634–1638, 2012.

KHATRI, K.; RATHORE, M. S. Salt and osmotic stress-induced changes in physio-chemical responses, PSII photochemistry and chlorophyll a fluorescence in peanut. **Plant Stress**, v. 3, n. 100063, 2022.

KING, E. O.; WARD, M. K.; RANEY, D. E. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, v. 44, p. 301-307, 1954.

KLEE, H. J.; GIOVANNONI, J. J. Genetics and control of tomato fruit ripening and quality attributes. **Annual Review of Genetics**. USA, v. 45, p. 41–59, 2011.

KLOEPPER, J.; SCHROTH, M. N. Plant growth-promoting rhizobacteria on radishes. In: IV International Conference on Plant Pathogenic Bacteria, France. **Anais IV International Conference on Plant Pathogenic Bacteria**, France v. 2, p. 879-882.

KOHLER, J.; CARAVACA, F.; CARRASCO, L.; ROLDAN, A. Interactions between a plant growth-promoting *rhizobacterium*, an AM fungus and a phosphate-solubilising fungus in the rhizosphere of *Lactuca sativa*. **Applied Soil abd Ecology**, v. 35, n. 3 p. 480–487, 2007.

KONG, Z., MOHAMAD, O.A., DENG, Z. ET AL. Rhizobial symbiosis effect on the growth, metal uptake, and antioxidant responses of *Medicago lupulina* under copper stress. **Environmental Science and Pollution Research**. China, v. 22, p. 12479–12489, 2015.

KRISHNAMOORTHY, R.; KIM, K.; SUBRAMANIAN, P.; SENTHILKUMAR, M.; ANANDHAM, R.; SA, T. Arbuscular mycorrhizal fungi and associated bacteria isolated from salt-affected soil enhances the tolerance of maize to salinity in coastal reclamation soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 231, p. 233-239, 2016.

- KUMAR, A.; SINGH, S.; GAURAV, A. K.; SRIVASTAVA, S.; VERMA, J. P. Plant Growth-Promoting Bacteria: Biological Tools for the Mitigation of Salinity Stress in Plants. **Frontiers in Microbiology**, Varanasi, v. 11, n. 1216, 15p. 2020.
- KUMAR, N.; NANDWAL, A. S.; WALDIA, R. S.; SINGH, S.; DEVI, S.; SHARMA, K. D.; KUMAR, A. Drought tolerance in chickpea as evaluated by root characteristics, plant water status, membrane integrity and chlorophyll fluorescence techniques. **Experimental Agriculture**, v. 48, n. 3, p. 378-387, 2012.
- LANDGRAF, R.; SCHAARSCHMIDT, S.; HAUSE B. Repeated leaf wounding alters the colonization of *Medicago truncatula* roots by beneficial and pathogenic microorganisms. **Plant, Cell & Environment**. Halle (Saale), v. 35, p.1344–1357, 2012.
- LATA, C.; SONI, S.; KUMAR, N.; KUMAR, A.; POOJA; MANN, A.; RANI, S. Adaptive mechanism of stress tolerance in Urochondra (grass halophyte) using roots study. **Indian Journal of Agricultural Sciences** v. 89, n. 6, p. 1050-1052, 2019.
- LATEF, A. A. H. A. & CHAOXING, H. Arbuscular mycorrhizal influence on growth, photosynthetic pigments, osmotic adjustment and oxidative stress in tomato plants subjected to low temperature stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, Qena, v. 33, p.1217–1225, 2011.
- LEE, Y.; KRISHNAMOORTHY, R.; SELVAKUMAR, G.; KIM, K.; SA, T. Alleviation of salt stress in maize plant by co-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and *Methylobacterium oryzae* CBMB20. **Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry**, v. 58, n. 4, p. 533-540, 2015.
- LENOIR, I.; FONTAINE, J.; LOUNÈS-HADJ, S. A. Arbuscular mycorrhizal fungal responses to abiotic stresses: A review. **Phytochemistry**. v. 123, p. 4–15, 2016.
- LI, G.; WAN, S.; ZHOU, J.; YANG, Z.; QIN, P. Leaf chlorophyll fluorescence, hyperspectral reflectance, pigments content, malondialdehyde and proline accumulation responses of castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings to salt stress levels. **Industrial Crops and Products**, v. 31, p.13-19, 2010.
- LI, T.; Hu, Y.-J.; Hao, Z.-P.; Li, H.; Chen, B.-D. Aquaporin genes GintAQP1 and GintAQP2 from *Glomus intraradices* contribute to plant drought tolerance. **Plant Signaling & Behavior** Beijing, v. 8, n. 5, 2013.
- LINS, C. M.; RODRIGUES DE SOUZA, E.; FARIAS DE MELO, H.; SILVA SOUZA PAULINO, M. K.; DOURADO MAGALHÃES, P. R.; YAGO DE CARVALHO LEAL, L.; BENTZEN SANTOS, H. R.; Pressure-volume (P-V) curves in *Atriplex nummularia* Lindl. for evaluation of osmotic adjustment and water status under saline conditions. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 124, p.155-159, 2016.
- LIU, Y.; LU, J.; CUI, L.; TANG, Z.; CI, D.; ZOU, X.; ZHANG, X.; YU, X.; WANG, Y.; SI, T. The multifaceted roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in peanut responses to salt, drought, and cold stress. **BMC Plant Biology**. China, v. 23, n. 36, 2023.
- LUDWICZAK, A.; OSIĄK, M.; CÁRDENAS-PÉREZ, S.; LUBINSKA-MIELINSKA, S.; PIERNIK, A. Osmotic Stress or Ionic Composition: Which Affects the Early Growth of Crop Species More? **Agronomy**, v.11, n. 435, 2021.

- LUDWIG-MULLER, J.; BENNETT, R.N.; GARCIA-GARRIDO, J. M.; PICHÉ, Y.; VIERHEILIG, H. Reduced arbuscular mycorrhizal root colonization in *Tropaeolum majus* and *Carica papaya* after jasmonic acid application cannot be attributed to increased glucosinolate levels. **Journal of Plant Physiology**. Dresden, v. 159, p. 517-523, 2002.
- LUGINBUEHL, L. H.; MENARD, G. N.; KURUP, S.; VAN ERP, H.; RADHAKRISHNAN, G. V.; BREAKSPEAR, A., et al. Fatty acids in arbuscular mycorrhizal fungi are synthesized by the host plant. **Science**. UK, v. 356, n. 6343, p. 1175-1178, 2017.
- MA, B.; CHEN, S. Y.; AND ZHANG, J. S. Ethylene signaling in rice. **Chinese Science Bulletin**. China V. 55, p. 2204–2210, 2010
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, ASCE, v.103, p.115-134, 1977.
- MACHADO, R. A. F.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. D.; MAGALHÃES P. C.; CANTÃO, F. R. O. Análise de Fluorescência da Clorofila em Linhagens de Milho Contrastantes para Tolerância à Seca Submetidas a dois Níveis de Nitrogênio. XXV CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, Cuiabá, 2004.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. Reuso de água. Barueri: Manole, p. 579, 2003.
- MANOLI, A.; STURARO, A.; TREVISAN, S.; QUAGGIOTTI, S.; NONIS, A. Evaluation of candidate reference genes for qPCR in maize. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 8, p. 807-815, 2012.
- MARDUKHI, B.; REJALI, F.; DAEI, G.; ARDAKANI, M. R.; MALAKOUTI, M. J.; MIRANSARI, M. Arbuscular mycorrhizas enhance nutrient uptake in different wheat genotypes at high salinity levels under field and greenhouse conditions. **Comptes Rendus Biologies**. Iran, v. 334, n. 7, p. 564-571, 2011.
- MARTÍN-RODRÍGUEZ, J.; LEÓN-MORCILLO, R.; VIERHEILIG, H.; OCAMPO J. A.; MULLER J. L.; GARCIA-GARRIDO J. M. Ethylene-dependent/ethylene-independent ABA regulation of tomato plants colonized by arbuscular mycorrhiza fungi. **New Phytologist**, Cambridge, p. 193–205, 2011.
- MEHTA, P.; KRASLAVSKY, V.; BHARTI, S.; ALLAKHVERDIEV, S. I.; JAJOO, A. Analysis of salt stress induced changes in Photosystem II heterogeneity by prompt fluorescence and delayed fluorescence in wheat (*Triticum aestivum*) leaves. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v.104, p. 308-313, 2011.
- MELO, H. F. de.; SOUZA, E. R. de; DUARTE, H. H. F.; CUNHA, J. C. SANTOS, H. R. B. Trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos em pimentão irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, p. 38-42, 2017.
- MELO, H. F.; DE SOUZA, E. R.; DE ALMEIDA, B. G.; MULAS, M. Water potential in soil and *Atriplex nummularia* (phytoremediator halophyte) under drought and salt stresses. **International Journal of Phytoremediation**, v. 20, 249–255, 2016.

MENEZES-BENAVENTE, L.; KERNODLE, S.P, MARGIS-PINHEIRO, M.; SCANDALIOS J. G. Salt induced antioxidant metabolism defenses in maize (*Zea mays* L.) seedlings. **Redox Report**, v.9, p. 29-36, 2004.

MISHRA, P.; MISHRA, J., ARORA, N. K. Plant growth promoting bacteria for combating salinity stress in plants – Recent developments and prospects: A review. **Microbiological Research**, v. 252, 2021.

MONTEIRO, G.; G. Desenvolvimento de micorrizas arbusculares em mutantes hormonais de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* cv Micro-Tom). 2010. 113 f.Tese de Doutorado (Doutor em Ciências. Área de concentração: Microbiologia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

MONTESINOS-NAVARRO, A.; SEGARRA-MORAGUES, J. G.; VALIENTE-BANUET, A.; VERDÚ, M. The network structure of plant-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 194, p. 536–547, 2012.

MOREIRA, H.; PEREIRA, S. I. A.; VEGA, A.; CASTRO, P. M. L.; MARQUES, A. P.G.C. Synergistic effects of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting bacteria benefit maize growth under increasing soil salinity. **Journal of Environmental Management**, v. 257, n. 109982, 2020.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651–681, 2008.

NADEEM, S. M.; AHMAD, M.; ZAHIR, Z. A.; JAVAID, A.; ASHRAF, M. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. **Biotechnology Advances**. V. 32, p. 429–448, 2014.

NASCIMENTO, F. X. Promoting plant growth using ACC deaminase-producing bacteria: insights into plant-bacterial interactions and agricultural and biotechnological applications 2018. Tese (doutor em Biotecnologia e Biociências) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

NASCIMENTO, F. X.; BRÍGIDO, C.; ROSSI, M. J.; GLICK, B. R. The role of rhizobial ACC deaminase in the nodulation process of leguminous plants. **International Journal of Agronomia**. Florianópolis, v. 2016, p. 1369472, 2016b.

NASCIMENTO, F. X.; ROSSI, M. J.; GLICK, B. R. et al. Role of ACC deaminase in stress control of leguminous plants. *Plant Growth promoting Bacteria*. **Springer Science**, Singapore, p. 179-192, 2016a.

NASCIMENTO, F. X.; ROSSI, M. J.; GLICK, B. R. Ethylene and 1-Aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) in plant–bacterial interactions. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 114, 2018.

NAVARRO, J. M.; PÉREZ-TORNERO, O.; MORTE, A. Alleviation of salt stress in citrus seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi depends on the rootstock salt tolerance. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, p.76–85, 2014.

NETO, A. D. DE A.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: parte I análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.159-164, 2000.

NUMAN, M.; BASHIRA, S.; KHANA, Y.; MUMTAZA, R.; SHINWARI, Z. K.; KHANB, A. L.; KHANB, A.; AL-HARRASIB, A. Plant growth promoting bacteria as an alternative strategy for salt tolerance in plants. **Microbiological Research**, Lahore, n. 209, p.21-32, 2018.

OMIROU, M.; IOANNIDES, I. M.; EHALIOTIS, C. Mycorrhizal inoculation affects arbuscular mycorrhizal diversity in watermelon roots, but leads to improve colonization and plant response under water stress only. **Applied Soil Ecology**. v. 63, p. 112–119, 2013.

OLANREWAJU, O. S.; GLICK, B. R.; BABALOLA, O. O. Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**. South Africa, v. 33, n. 197, 2017.

OLIVEIRA, F. DE A. DE; MEDEIROS, J. F. DE; ALVES, R. DE C.; LINHARES, P. S. F.; MEDEIROS, A. M. A. DE; OLIVEIRA, M. K. T. DE. 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.

OLIVEIRA, T. C.; RODRIGUES CABRAL; J. S.; SANTANA, L. R.; TAVARES, G. G.; SANTOS, S. L. D; PAIM T. P. ; MÜLLER, C.; SILVA, F. G.; COSTA, A. C.; SOUCHIE, E. L.; MENDES, G. C. The arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus clarus* improves physiological tolerance to drought stress in soybean plants. **Scientific Reports**, v. 12, n. 9044, 2022.

OROZCO-MOSQUEDA, M. Del C.; GLICK, B. R.; SANTOYO, G. ACC deaminase in plant growth-promoting bacteria (PGPB): An efficient mechanism to counter salt stress in crops. **Microbiological Research**, Michoacán, v. 235, n. 126439, p10, 2020.

OSBORNE, O. G.; DE-KAYNE, R.; BIDARTONDO, M. I.; HUTTON, I.; BAKER, W. J.; TURNBULL, C. G. N.; SAVOLAINEN, V. Arbuscular mycorrhizal fungi promote coexistence and niche. **New Phytologist**, Lancaster, v. 217, n. 3, p. 1254-1266, 2017.

PAN, J.; PENG, F.; XUE, X.; YOU, Q.; ZHANG, W.; HUANG, C.H. The growth promotion of two salt-tolerant plant groups with PGPR inoculation: A meta-analysis. **Sustainability**, v. 11, n. 378, 2019.

PATERSON, E.; SIM, A.; DAVIDSON, J.; DANIELL, T. J. Arbuscular mycorrhizal hyphae promote priming of native soil organic matter mineralization. **Plant Soil**. P. 408, 243–C254. 2016. E-book.

PATHAK, D. V.; KUMAR, M.; RANI, K. Biofertilizer application in horticultural crops. In: Panpatte, D., Jhala, Y., Vyas, R., Shelat, H. (Eds.), Microorganisms for green revolution. Microorganisms for Sustainability. **Springer**. Singapore, v. 6, p. 215–227, 2017.

PAULINO, M. K. S. S.; DE SOUZA, E. R.; LINS, C. M. T.; DOURADO, P. R. M; LEAL, L. Y. DE C.; MONTEIRO, D. R.; JUNIOR, F. E. DE A. R.; SILVA, C. ´U. DE C. Influence of vesicular trichomes of *Atriplex nummularia* on photosynthesis, osmotic adjustment, cell wall elasticity and enzymatic activity. **Plant Physiology and Biochemistry**, Recife, Pernambuco, Brazil, v. 155, p. 177-186, 2020.

- PEDROTTI, A.; CHAGAS, R.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P.B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.
- PONS, S.; FOURNIER, S.; CHERVIN, C.; BÉCARD, G.; ROCHANGE, S.; FREY, N. D. F.; PAGES, V. Phytohormone production by the arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis*. **PLoS ONE**, Castanet-Tolosan, v. 15, n. 10, p18, 2020.
- POOJA; NANDWAL, A. S.; CHAND, M.; SINGH, K.; MISHRA, A. K.; KUMAR, A.; KUMARI, A.; RANI, B. Varietal variation in physiological and biochemical attributes of sugarcane varieties under different soil moisture regimes. **Indian Journal of Experimental Biology**, v. 57, n. 10, p.721-732, 2019.
- POORMOHAMMAD, K. S.; MAURY, P.; SARRAFI, A.; GRIEU, P. Qtl analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. **Plant Sciences**, v. 175, p. 565-573, 2008.
- POURBABAEE, A. A.; BAHMANI, E.; ALIKHANI, H. A.; EMAMI, S. Promotion of Wheat Growth under Salt Stress by Halotolerant Bacteria Containing ACC deaminase. **Journal of Agricultural Science and Technology**. Iran, v. 18, n. 3, p. 855-864, 2016
- RAI, A.; NABTI, E. Plant Growth-Promoting Bacteria: Importance in Vegetable Production. **FSNV, Equipe de Biomasse et Environnement, Laboratoire de Maitrise des Énergies Renouvelables (LMER)**, Béjaïa, P. 23-48, 2017.
- RANGANI, J.; PARIDA, A.K.; PANDA, A.; KUMARI, A. Coordinated changes in antioxidative enzymes protect the photosynthetic machinery from salinity induced oxidative damage and confer salt tolerance in an extreme halophyte *Salvadora persica* L. **Frontiers Plant Sciences**, v. 7, p.1-18, 2016.
- REDECKER, D. G. Fungi from the Ordovician. **Science**. USA, v. 289, n. 5486, pp. 1920-1921, 2000.
- RENSING, S. A.; LANG, D.; ZIMMER, A. D.; TERRY, A.; SALAMOV, A.; SHAPIRO, H.; NISHIYAMA, T.; PERROUD, P. F.; LINDQUIST, E. A.; KAMISUGI, Y.; TANA-HASHI, T.; SAKAKIBARA, K.; FUJITA, T.; OISHI, K.; SHIN-I, T. et al. The Physcomitrella genome reveals evolutionary insights into the conquest of land by plants. **Science**. Germany, v. 319, n. 5859, p. 64-69, 2008.
- RODRIGUES, V. DOS S.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, G. G.; FIUSA, J. N.; LEITE, K. N.; VIANA, T. V. DE A. Produtividade da cultura do milho irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, p.101-105, 2020.
- RODRIGUEZ, R. J., HENSON, J., VAN VOLKENBURGH, E., HOY, M., WRIGHT, L., BECKWITH, F., ET AL. Stress tolerance in plants via habitat-adapted symbiosis. **International Society for Microbial Ecology**. USA, v. 2, n. 4, p. 404-416, 2008.
- ROUPHAEL, Y.; FRANKEN, P.; SCHNEIDER, C.; SCHWARZ, D.; GIOVANNETTI, M.; AGNOLUCCI, M. Arbuscular mycorrhizal fungi act as bio-stimulants in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**. Italy, v. 196, p. 91-108, 2015.

- RUIZ-LOZANO, J. M.; PORCEL, R.; AZCÓN, C.; AROCA, R. Regulation by arbuscular mycorrhizae of the integrated physiological response to salinity in plants: new challenges in physiological and molecular studies. **Journal Experimental of Botany**, v. 63, n. 11, p. 4033-4044, 2012.
- RZEWUSKI, G.; SAUTER, M. Ethylene biosynthesis and signaling in rice. **Plant Science**. Germany, v. 175, n. 1-2, p. 32–42, 2008
- SABOOR, A.; ALI, M. A.; DANISH, S.; AHMED, N.; FAHAD, S.; DATTA, R.; ANSARI, M. J.; NASIF, O.; HABIB UR RAHMAN, M.; GLICK, B. R. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the physiological functioning of maize under zinc-deficient soils. **Scientific reports**, Riyadh, v. 11, n. 18468, 11p. 2021.
- SAGAR, A.; RATHORE, P.; RAMTEKE, P.W.; RAMAKRISHNA, W.; REDDY, M.S.; PECORARO, L. Plant Growth Promoting Rhizobacteria, Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Their Synergistic Interactions to Counteract the Negative Effects of Saline Soil on Agriculture: Key Macromolecules and Mechanisms. **Microorganisms**, Meerut, v. 907, n. 1491, 19p. 2021.
- SAKAI, H.; HUA, J.; CHEN, Q. G.; CHANG, C.; MEDRANO, L. J.; BLEECKER, A. B.; MEYEROWITZ, E. M. (1998) ETR2 is an ETR1-like gene involved in ethylene signaling in Arabidopsis. **Proceeding of the National Academy of Sciences of U.S.A.** Pasadena, v. 95, n. 10, p. 5812-5817, 1998.
- SALAM, E. A.; ALATAR, A.; EL-SHEIKH, M. A. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi alleviates harmful effects of drought stress on damask rose. **Saudi Journal of Biological Sciences**. Saudi Arabia, v. 25, n. 8, p. 1772-1780, 2017.
- SANTANDER, C.; RUIZ, A.; GARCÍA, S.; AROCA, R.; CUMMING, J.; CORNEJO, P. Efficiency of two arbuscular mycorrhizal fungal inocula to improve saline stress tolerance in lettuce plants by changes of antioxidant defense mechanisms. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v. 100 p. 1577-1587, 2019.
- SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.1, p. 231-2331, 1975.
- SCHAEFER, D. A.; GUI, H.; MORTIMER, P. E.; XU, J. Arbuscular mycorrhiza and sustainable agriculture. **Circ. Agric. Syst.** v. 1, p. 1–7, 2021.
- SCHÜBLER, A; WALKER, C. The Glomeromycota. A Species List with New Families and New Genera. **The Royal Botanic Garden**, Botanische Staatssammlung Munich, Oregon State University, 2010.
- SCHÜSSLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological research**, v. 105, n.12, p. 1413-1421. 2001.
- SELVAKUMAR, G.; SHAGOL, C. C.; KIM, K.; HAN, S.; SA, T. Spore associated bacteria regulates maize root K^+ / Na^+ ion homeostasis to promote salinity tolerance during arbuscular mycorrhizal symbiosis. **BMC Plant Biology**, Republic of Korea, v. 18, n. 109, 2018.
- SELVAKUMAR, G.; SHAGOL, C. C.; KIM, K.; HAN, S.; SA, T. Spore associated bacteria regulates maize root K^+ / Na^+ ion homeostasis to promote salinity tolerance during arbuscular mycorrhizal symbiosis. **BMC Plant Biology**, Republic of Korea, v. 18, n. 109, 2018.

- SHENG, M.; TANG, M.; CHEN, H.; YANG, B.; ZHANG, F.; HUANG, Y. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. **Mycorrhiza**, v.18, n. 287–96, 2008.
- SHINDE, B. P.; SINGH, N. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth parameters of sweet corn under NaCl salinity. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, India, v.6, p.1317 - 1325, 2017.
- SHRIVASTAVA, P.; KUMAR, R. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 22, p.123–131, 2015.
- SHU, S.; YUAN, L.Y.; GUO, S. R.; SUN, J.; YUAN, Y. H. Effects of exogenous spermine on chlorophyll fluorescence, antioxidant system and ultrastructure of chloroplasts in *Cucumis sativus* L. under salt stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, Republic of China, v. 63, p. 209-211, 2013.
- SHULAEV, V.; SARGENT, D. J.; CROWHURST, R. N.; MOCKLER, T. C.; FOLKERTS, O.; DELCHER, A. L.; JAISWAL, P.; MOCKAITIS, K.; LISTON, A.; MANE, S. P.; BURNS, P.; DAVIS, T. M.; SLOVIN, J. P.; BASSIL, N.; HELLENS, R. P. et al. The genome of woodland strawberry (*Fragaria vesca*). **Nature Genetics**. Texas, v. 43, n. 2, p. 109–116, 2011.
- SILVA, E. V.; SILVEIRA, J. A. G. RODRIGUES, C. R. F.; LIMA, C. S. & VIÉGAS, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 5, p.437- 445, 2009.
- SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. Brasília, DF:EMBRAPA, Informação tecnológica, 2009. 627p.
- SMITH, S.; READ, D. Mycorrhizal Symbiosis. **Academic Press**. Australia, v.10 n.1016, 2008.
- SONI, S.; KUMAR, A.; SEHRAWAT, N.; KUMAR, A.; KUMAR, N.; LATA, C.; MANN, A. Effect of saline irrigation on plant water traits, photosynthesis and ionic balance in durum wheat genotypes. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, p. 2510–2517, 2021.
- SORTY, A. M.; MEENA, K. K.; CHOUDHARY, K.; BITLA, U. M.; MINHAS, P.; KRISHNANI, K. Effect of plant growth promoting bacteria associated with halophytic weed (*psoralea corylifolia* L.) on germination and seedling growth of wheat under saline conditions. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.180 p. 872-882, 2016.
- SOUZA, E. R. DE. Fitorremediação de neossolo flúvico sódico salino de Pernambuco com *Atriplex nummularia*. 77f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.
- SOUZA, R.; AMBROSINI, A.; PASSAGLIA, L. M.P. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. **Genetics and Molecular Biology**, Brazil, v. 38, n. 4, p. 401-419, feb. /May 2015.
- SPATAFORA, J. W., CHANG, Y., BENNY, G. L., LAZARUS, K., SMITH, M. E., BERBEE, M. L., ET AL. A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. **Mycologia**. Oregon, v. 108, n. 5, 1028–1046, 2016.

TAHIR, M.; AHMAD, I.; SHAHID, M.; SHAH, G. M.; FAROOQ, A. B. U.; AKRAM, M.; TABASSUM, S. A.; NAEEM, M. A.; KHALID, U.; AHMAD, S. Regulation of antioxidant production, ion uptake and productivity in potato (*Solanum tuberosum* L.) plant inoculated with growth promoting salt tolerant *Bacillus* strains. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 178, p. 33-42, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. "Plant Physiology". Sinauer, Massachussets, 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, p.888, 2017.

TIMMUSK, S.; ABD EL-DAIM, I. A.; COPOLOVICI, L.; TANILAS, T.; KÄNNASTE, A.; BEHERS, L.; NEVO, E.; SEISENBAEVA, G.; STENSTRÖM, E.; NIINEMETS, U. Drought-tolerance of wheat improved by rhizosphere bacteria from harsh environments: Enhanced biomass production and reduced emissions of stress volatiles. **PLoS ONE**. India, v. 9, n. 5, e96086, 2014.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service (FAS). Global Market Analysis (GMA). World Agricultural Production 2023. Washington, 34p. Circular Series WAP 1-23. Disponíble on <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>> Acesso em 2 fevereiro de 2023.

VALADARES, R. B. S. Identification of genes and proteins involved in the regulation of orchid mycorrhiza. Thesis presented to obtain the degree of Doctor in Science. Area: Soil Science and Plant Nutrition. University of São Paulo "Luiz de Queiroz" College of Agriculture. Piracicaba, 2013.

VALADARES, R. B. S.; MESCOLOTTI, D. L. C.; CARDOSO, E. J. B. N. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. (Eds) **Microbiologia do solo**. Piracicaba: Editora ESALQ, 2016, p. 178-196.

VANDERSTRAETEN, L.; VAN DER STRAETEN, D. Accumulation and transport of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic Acid (ACC) in plants: Current status, considerations for future research and agronomic applications. **Frontiers in Plant Science**. Belgium, v. 8, n. 38, p. 3389, 2017.

VANISSA, T. T. G.; BERGER, B.; PATZ, S.; BECKER, M.; TURECKOVÁ, V.; NOVÁK, O.; TARKOWSKÁ, D.; HENRI, F.; RUPPEL, S. The Response of Maize to Inoculation with *Arthrobacter sp.* and *Bacillus sp.* in Phosphorus-Deficient, Salinity-Affected Soil. **Microorganisms**, Grossbeeren, vol. 8, n. 1005, 18p. 2020.

VARGAS-ORTIZ, E.; RAMÍREZ-TOBIAS, H. M.; GONZALEZ-ESCOBAR, J. L.; GUTIÉRREZ-GARCÍA, A. K.; BOJORQUEZ-VELAZQUEZ, E.; ESPITIA-RANGEL, E.; BARBA DE LA ROSA, A. P. Biomass, chlorophyll fluorescence, and osmoregulation traits let differentiation of wild and cultivated *Amaranthus* under water stress. **Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology**, v. 220, n. 112210, 2021.

VERMA, S.; NIZAM, S.; VERMA, P. K. Biotic and abiotic stress signaling in plants. Genomics and Proteomics Perspective. Delhi, v.1 p.25-49, 2013.

VERSLUES, P. E.; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S.; ZHU, J. H.; ZHU, J. K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**. v. 45, p. 523-539, 2006.

VIERHEILIG, H.; PICHÉ, Y. A modified procedure for staining arbuscular mycorrhizal fungi in roots. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 161, p. 601-602, 1998.

VILLA, B. DE; SANTOS, R. F.; SECCO, D.; JÚNIOR, L. A. Z.; TOKURA, L. K.; PRIOR, M.; REIS L. DA S.; SILVA, D. DA. Efeito da salinidade no desenvolvimento inicial do milho. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.8, n.3, p. 42-47, 2019.

VWIOKO, E.; ADINKWU, O.; EL-ESAWI, M. A. Comparative Physiological, Biochemical, and Genetic Responses to Prolonged Waterlogging Stress in Okra and Maize Given Exogenous Ethylene Priming. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v.8, p.632, 2017.

WANG, N. N.; SHIN, M. C.; LI, N. The GUS reporter-aided analysis of the promoter activities of Arabidopsis ACC synthase genes AtACS4, AtACS5 and AtACS7 induced by hormones and stresses. **Journal of Experimental Botany**. China, v. 56, n. 413, p. 909-920, 2005.

WEI, P.; WANG, L.; LIU, A.; YU, B.; LAM, H.M. GmCLC1 Confers Enhanced Salt Tolerance through Regulating Chloride Accumulation in Soybean. **Frontiers in Plant Science**. China, v. 7, p. 1082, 2016.

WEIL, R. R.; BRADY N. C. The Nature and Properties of Soils. Fifth. Ed., Harlow: Pearson 2017.

WRIGHT, D. P.; SCHOLE, J. D.; READ, D. J.; ROLFE, S. A. European and African maize cultivars differ in their physiological and molecular responses to mycorrhizal infection. **New Phytologist**. Lancaster, v. 167, p.881–896, 2005.

WU, Q. S.; ZON, Y. N.; LIU, W.; YE, X. E.; ZAI, H. E.; ZHAO, L. J. Alleviation of salt stress in citrus seedlings inoculated with mycorrhiza: Changes in leaf antioxidant defense systems. **Plant Soil Environment**, v. 56, p. 470–475, 2010.

WU, Z.; YUE, H.; LU, J.; LI, C. Characterization of rhizobacterial strain Rs-2 with ACC deaminase activity and its performance in promoting cotton growth under salinity stress. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, p. 2383–239, 2012.

ZAMAN, M.; SHAHID, S. A.; HENG L. Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. **Springer open**, Vienna, 164 p., 2018. E-book.

ZHANG, R. et al. Comprehensive utilization of cornstarch processing by-products: A review. **Grain & Oil Science and Technology**. China, v. 4, p. 89-107, 2021.

ZHANG, Y.; WANG, Y.; XING, J.; WANG, J.; WANG, X.; ZHANG, J.; WANG, X.; LI, Z.; ZHANG, M. C. Diphosphate Synthase Mutation Improved Salt Tolerance in Maize (*Zea mays*. L) Via Enhancing Vacuolar Na⁺ Sequestration and Maintaining ROS Homeostasis. **Frontiers Plant Sciences**, v.11, n. 457, 2020.

ZHANWU, G.; HUI, O.; JICAI, G.; CHUNWU, Y.; CHUNSHENG, M.; DELI, W. Germination responses of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seeds to various salt-alkaline mixed stress. **African Journal of Agricultural Research**. v. 6, p. 3793-3803, 2011.

ZSÖGÖN, A.; LAMBAIS, M.R.; BENEDITO, V.A.; FIGUEIRA, A.V.O.; PERES, L.E.P. Reduced arbuscular mycorrhizal colonization in tomato ethylene mutants. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 65, n. 3, p. 259–267, 2008.

ZUFFO, A. M.; AGUILERA, J. G. AGRICULTURA 4.0. **Pantanal Editora**, Brasil, P. 81-96, 2020. E-book.

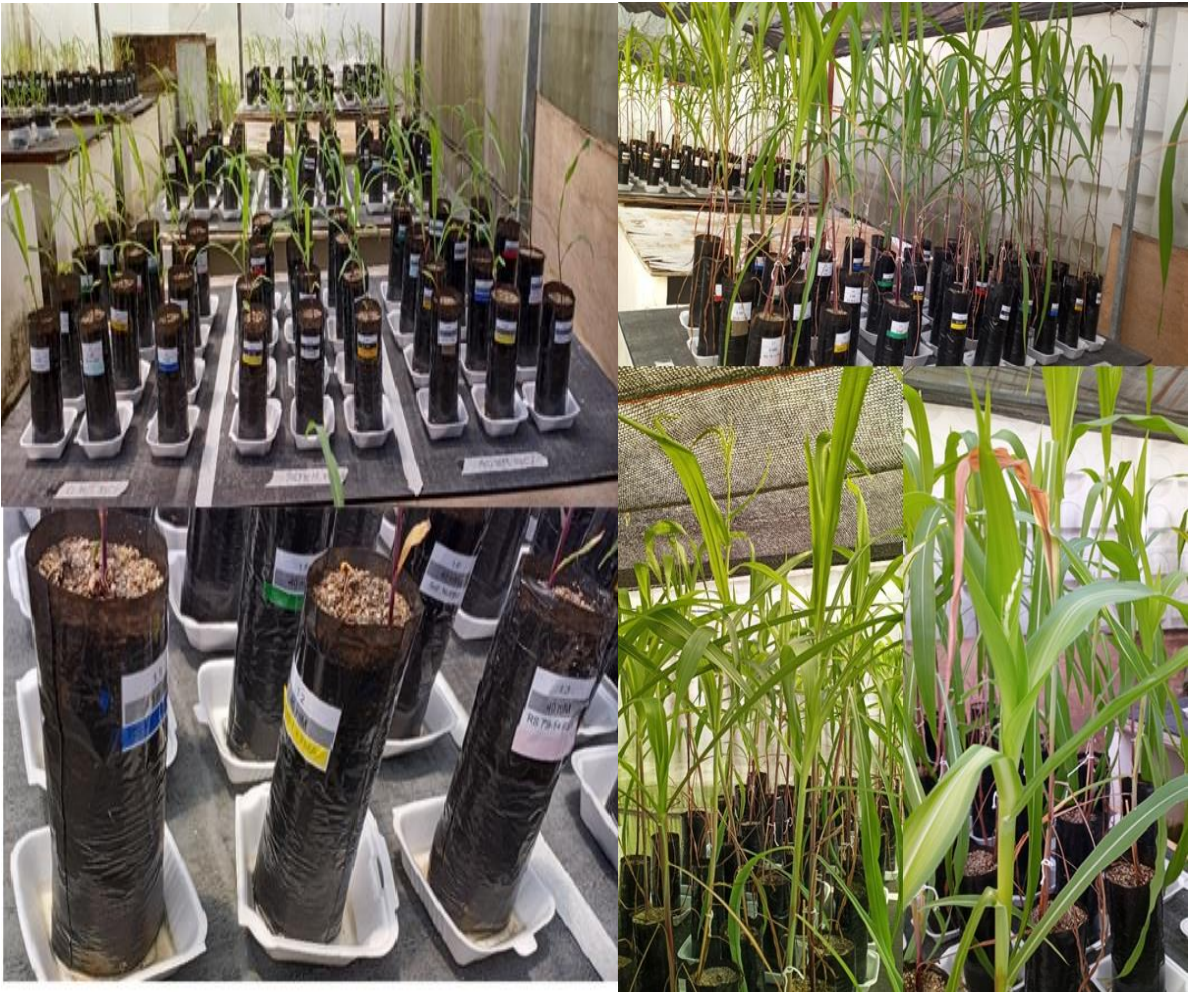
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Este trabalho é uma continuidade de estudos para avaliar o potencial das bactérias obtidas do solo rizosférico e do solo adjacente da *Mimosa bimucronata* em uma lagoa temporária no semiárido tropical em diferentes condições hídricas e salinas pelos atributos fisiológicos e moleculares.
- Os isolados 28-10 e 43 são eficientes no crescimento da planta em condição de salinidade. O 43 59-3 e 85 são mais resistentes sob estresse salino.
- As rizobactérias, assim como FMA, têm sido consideradas para melhorar o crescimento das culturas tanto em condição normal como em condição de estresse abiótico e biótico. No entanto, uma melhora no uso desses micro-organismos é a combinação de bactérias e FMA.
- Neste estudo, a co-inoculação de bacterias promotoras de crescimentos em plantas (BPCP) e fungo micorrízico arbusculares (FMA) aumentou o crescimento do milho em condição de estresse salino, pela área foliar total e Massa seca da parte aérea, manteve tolérante a capacidade fotossintética do fotossistema II (PSII); melhorou a absorção de água com baixo potencial osmótico, melhoraram a absorção de nutriente na parte aérea da planta como K^+ e a relação K^+/Na^+ ; e melhorou a concentração da colonização micorrízica em condição salina.
- Inúmeros estudos têm sido realizados sobre o uso dos micro-organismos, revelando benéficos no desenvolvimento das plantas. Entretanto, no Brasil e, particularmente, no Nordeste faltam estudos que avaliem a interação tripartite no alívio de estresse salino na planta e contém muitas áreas contaminadas com sais, sendo difícil a prática da agricultura, com isso tornam abandonadas. Neste sentido, a co-inoculação de Bactérias e FMA podem uma boa alternativa para melhorar e aliviar as condições de estresses salino nas produções de cultivares nesses solos.

APÊNDICES

A) Análise de variância dos diferentes variáveis estudados no milho co-inoculado com bactéria promotora de crescimento de planta e fungo micorrízico arbuscular sob estresse salino

Promoção de crescimento					
FV	Alt	DC	AFT	MSPA	
	Pr> Fc	Pr> Fc	Pr> Fc	Pr> Fc	
Tratamento	0,1039 NS	0,4272 NS	0,0103 *	0,0000 **	
Dose NaCl	0,0044 **	0,0163*	0,0000 **	0,0000 **	
Tratamento*Dose NaCl	0,9202 NS	0,6242 NS	0,4505 NS	0,6222 NS	
Fluorescência da clorofila a					
FV	F _o	F _m	F _v	F _v /F _o	F _v /F _m
	Pr> Fc	Pr> Fc	0,0679 NS	Pr> Fc	0,0065 **
Tratamento	0,3147 NS	0,6307 NS	0,0189 *	0,5133 NS	0,3375 NS
Dose NaCl	0,0023 *	0,0095 **	0,9343 NS	0,2901 NS	0,9562 NS
Tratamento*Dose NaCl	0,7871 NS	0,9139 NS	0,0679 NS	0,9418 NS	0,0065 **
Potencial hídrico, potencial osmótico e vazamento eletrólitos					
FV	Ψ _w	Ψ _s	VE		
	Pr> Fc	Pr> Fc	Pr> Fc		
Tratamento	0,9661 NS	0,0606 NS	0,8975 NS		
Dose NaCl	0,0001 **	0,0000 **	0,9033 NS		
Tratamento*Dose NaCl	0,6061 NS	0,0028 **	0,8018 NS		
Teores de cloro, sódio, potássio, e razões de sódio /Potássio e Potássio/sódio					
FV	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Na ⁺ /K ⁺	K ⁺ /Na ⁺
	Pr> Fc	Pr> Fc	Pr> Fc	Pr> Fc	Pr> Fc
Tratamento	0,0079 **	0,0000 **	0,0003 **	0,0806 *	0,0118 *
Dose NaCl	0,0000 **	0,0000 **	0,0000 **	0,0000 **	0,0000 **
Tratamento*Dose NaCl	0,0302 *	0,0263 *	0,0104 *	0,0313 *	0,0120 *
SISVAR 5.8.92, teste de Scott-Knott a 5% (P<0,05); *: diferença significativa de P <0,05; **: diferença significativa de P<0,01; NS: não diferença significativa. Tratamento*Dose NaCl (Interação entre tratamentos e doses de NaCl)					

B. Figuras de andamento do experimento



BS43+FMA; 0 mM

BS43+FMA; 40 mM

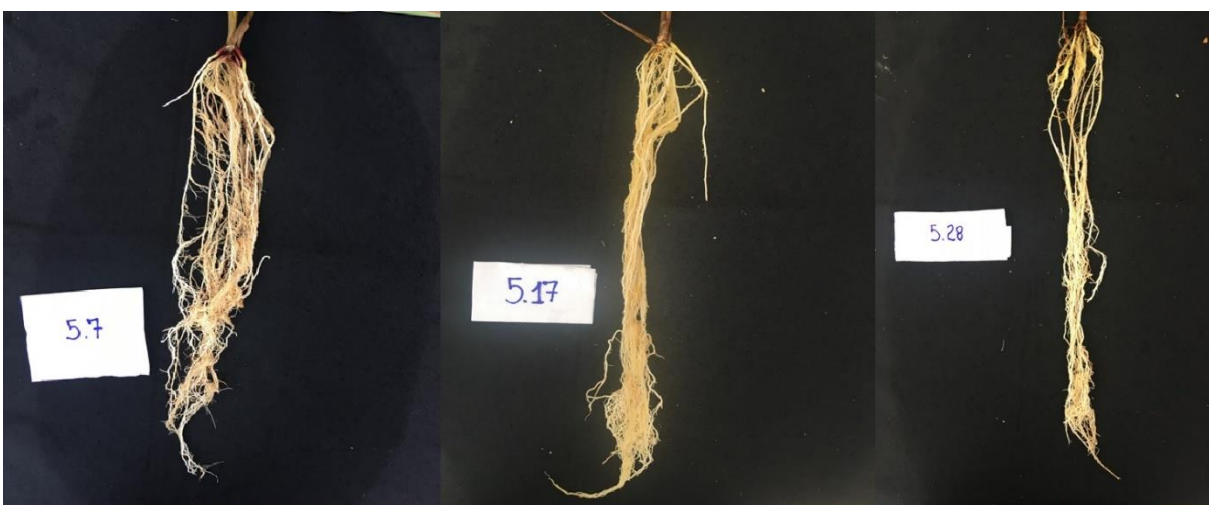
BS43+FMA; 80 mM



BS28-10+FMA; 0 mM

BS28-10+FMA; 40 mM

BS28-10+FMA; 80 mM



BS28-7+FMA; 0 mM

BS28-7+FMA; 40 mM

BS28-7+FMA; 80 mM