

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

**INOCULAÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS NO CRESCIMENTO,
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE NUTRICIONAL DA SALSA HIDROPÔNICA**

NICOLE AMORIM KAWAKAMI

Ilha Solteira

2024



NICOLE AMORIM KAWAKAMI

**INOCULAÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS NO CRESCIMENTO,
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE NUTRICIONAL DA SALSA HIDROPÔNICA**

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira
Filho

Orientador

Guilherme Carlos Fernandes

Coorientador

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha
Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Ilha Solteira

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- K22i Kawakami, Nicole Amorim.
Inoculação de rizobactérias no crescimento, produtividade e qualidade nutricional da salsa hidropônica / Nicole Amorim Kawakami. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
31 f. : il.
- Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024
- Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Coorientador: Guilherme Carlos Fernandes
Inclui bibliografia
1. Hidroponia. 2. *Pseudomonas fluorescens*. 3. *Azospirillum Brasilense*. 4. Hidroponia. *Pseudobacillus Subtilis*. 5. *Bacillus Amyloliquefaciens*. 6. *Petroselinum Crispum*.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Inoculação de rizobactérias no crescimento, produtividade e qualidade nutricional da salsa hidropônica

ALUNO: *Nicole Amorim Kawakami*

RA: 191050059

ORIENTADOR: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora com Nota: 9,8

Comissão Examinadora:

 Documento assinado digitalmente
MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO
Data: 26/06/2024 14:15:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Presidente (Orientador)

 Documento assinado digitalmente
ANTONIO FLAVIO ARRUDA FERREIRA
Data: 26/06/2024 14:08:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Antonio Flávio Arruda Ferreira

 Documento assinado digitalmente
EDSON CABRAL DA SILVA
Data: 26/06/2024 12:53:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Edson Cabral da Silva

 Documento assinado digitalmente
NICOLE AMORIM KAWAKAMI
Data: 26/06/2024 12:31:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nicole Amorim Kawakami

Ilha Solteira, 26 de junho de 2024.

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Elisangela Dos Santos Amorim por ter dedicado grande parte da sua vida buscando meios para que eu vivesse a minha.

Aos meus avós maternos, Rosalia Dos Santos Amorim e Anizio Amorim (*in memoriam*) que não tiveram a oportunidade de realizar seus maiores sonhos, mas sempre torceram para que eu realizasse os meus.

Às minhas companheiras de república, Lilybeth (Enzo), Amanda (Decepção), Isabela (Febem), Laura (Ifood), Beatriz (Clone), Lanay (Jessie), Júlia (Canário) e Mayana (Gudang), que foram minha segunda família durante a graduação e me deram mais um lar.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre guiar os meus passos e me proteger através da minha fé.

Às minhas amigas Maria Eduarda Calister e Bruna Tedd, que contribuíram para o meu estado emocional sempre me dando apoio e amor, sempre guardarei todos os momentos em meu coração.

À minha amiga, Lilybeth Tomita que esteve comigo desde a primeira semana de aula, acompanhou e dividiu a trajetória pessoal e profissional

Aos meus amigos que conheci durante a graduação, em especial o Matheus Vaitkevicius, que foi meu colega e parceiro de experimento, trazendo felicidade e leveza durante os nossos dias de trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, pela orientação, pela confiança e pelos ensinamentos compartilhados.

Ao Guilherme Carlos Fernandes, que confiou e compartilhou seus conhecimentos durante a realização desta pesquisa.

Ao Marcelo Rinaldi da Silva, que contribuiu para o meu crescimento profissional e pessoal durante minha trajetória no Grupo de Nutrição de Plantas.

À todos os professores e funcionários da UNESP de Ilha Solteira, que me treinaram e desenvolveram para exercer essa linda profissão.

À todas as mulheres que me antecederam e lutaram pelos nossos direitos para que eu pudesse realizar uma graduação.

RESUMO

Pesquisas têm relatado a eficácia na utilização de bactérias promotoras de crescimento para aumentar a nutrição de plantas e produtividade de várias culturas. Entretanto, a inoculação de bactérias como de *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens* via solução nutritiva em sistema hidropônico na cultura da salsa não foi estudada. Sendo assim, objetivou-se verificar os efeitos benéficos da inoculação destes microrganismos no desenvolvimento, exportação de nutrientes e produtividade da salsa “Chácara” em sistema hidropônico NFT. O experimento foi realizado em casa de vegetação na UNESP – Campus de Ilha Solteira. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições, cada unidade experimental foi representada por 9 plantas, composto pela inoculação via solução nutritiva dos microrganismos, sendo o controle (não inoculado), seguido da inoculação com *A. brasilense*, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* e *P. fluorescens* nas respectivas doses de 0; 44; 32; 32 e 29 ml do inoculante líquido a cada 100 litro de solução nutritiva, aplicadas apenas no dia de transplântio das mudas de salsa. Foram avaliados os componentes biométricos, acúmulo dos nutrientes na parte aérea e produtividade por m². A inoculação com *Azospirillum brasilense* foi benéfica para o cultivo de salsa chácara no sistema hidropônico NFT, proporcionou as maiores produtividades, número de folhas e acúmulos dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe e Zn), além de amônio na parte aérea da hortaliça.

Palavras-chaves: Hidroponia. *Pseudomonas fluorescens*. *Azospirillum brasilense*. *Bacillus subtilis*. *Bacillus amyloliquefaciens*. *Petroselinum crispum*.

ABSTRACT

Research has reported the effectiveness of using growth-promoting bacteria to increase plant nutrition and the productivity of various crops. However, the inoculation of bacteria such as *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis* and *Bacillus amyloliquefaciens* via nutrient solution in a hydroponic system in parsley cultivation has not been studied. The aim was therefore to verify the beneficial effects of inoculating these microorganisms on the development, nutrient export and productivity of "Chácara" parsley in an NFT hydroponic system. The experiment was carried out in a greenhouse at UNESP - Ilha Solteira Campus. A randomized block experimental design was used, with four replications, each experimental unit was represented by 9 plants, consisting of inoculation via nutrient solution of the microorganisms, the control (non-inoculated), followed by inoculation with *A. brasilense*, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* and *P. fluorescens* at the respective doses of 0; 44; 32; 32 and 29 ml of the liquid inoculant per 100 liters of nutrient solution, applied only on the day the parsley seedlings were transplanted. Biometric components, nutrient accumulation in the aerial part and productivity per m² were evaluated. Inoculation with *Azospirillum brasilense* was beneficial for growing 'Chácara' parsley in the NFT hydroponic system, providing the highest yields, number of leaves and accumulation of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg and S) and micronutrients (B, Cu, Fe and Zn), as well as ammonium in the aerial part of the vegetable.

Keywords: *Pseudomonas fluorescens*. *Azospirillum brasilense*. *Bacillus subtilis*. *Bacillus amyloliquefaciens*. *Petroselinum sativum*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Cultura da Salsa	11
2.2 Hidroponia	11
2.3 Bactérias Promotoras de Crescimento	12
2.3.1 <i>Azospirillum brasilense</i>	12
2.3.2 <i>Bacillus subtilis</i> e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	13
2.3.3 <i>Pseudomonas fluorescens</i>	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Caracterização e condução do experimento.....	15
3.2 Tratamentos e delineamento experimental	17
3.3. Avaliações.....	17
3.3.1 Avaliações biométricas	17
3.3.2 Avaliações nutricionais.....	17
3.3.4 Análise estatística.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 Variáveis biométricas	19
4.2 Acúmulo de nutrientes na parte aérea da salsa	22
5. CONCLUSÕES.....	25
REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

A hidroponia é uma alternativa de produção de plantas sem a utilização de solo. Chegou ao Brasil na década de 70, e que, cada vez mais ganha espaço, tendo como destaque a produção de hortaliças (SANTOS et al., 2020). Este modo de produção possui vários benefícios para os produtores, consumidores e meio ambiente, é possível o cultivo em pequenas áreas, aumento da precocidade, menor necessidade de mão de obra, insumos agrícolas e água, produzindo-se uma hortaliça de maior qualidade (PAULUS et al., 2012; SANTOS et al., 2013).

Os consumidores de hortaliças estão mais exigentes em relação a qualidade dos produtos. Nesse contexto, a produção de hortaliças em sistema hidropônico é uma alternativa promissora (DESPONTIN et al., 2010). A produção desta hortaliça e a sua qualidade final estão atreladas ao ambiente de cultivo que foi implantada (COSTA, 2017).

O sistema hidropônico construído em ambiente protegido, permite maior controle das condições climáticas, devido ao fornecimento balanceado de nutrientes o crescimento e desenvolvimento homogêneo da planta são favorecidos, o que aumenta a produtividade e qualidade do produto final (LÓPEZ-POZOS et al., 2011; GENUNCIO et al., 2012), por isso é crescente o cultivo da salsa em hidroponia.

No cultivo em solo, muitas culturas foram aptas a se associarem com bactérias promotoras de crescimento de plantas, apresentando resultados benéficos como maior produtividade, tolerância a patógenos, resistência a estresse, biofortificação com nutrientes (Ex: zinco) e também diminuição na quantidade de adubo necessário devido à maior eficiência na absorção de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo (MOREIRA et al., 2022). A utilização das bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) pode ser empregada da mesma maneira em sistema hidropônico *Nutrient Film Technique* (NFT).

O *Azospirillum brasilense* promove o aumento da produção de hormônios nas plantas e em consequência, há o aumento do crescimento radicular, pois se trata de uma bactéria com capacidade de realizar a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (FBN), além de aumentar a eficiência fotossintética. Por meio da FBN e aumento da absorção de nutrientes, *A. brasilense* foi capaz de proporcionar uma redução de 25% na dose de fertilizantes nitrogenados na agricultura (FUKAMI et al., 2016; GALINDO et al., 2020).

As bactérias do gênero *Pseudomonas* têm capacidade de promover o crescimento das plantas de modo direto e indireto através do controle biológico de doenças, produção de metabólitos secundários como antibióticos, fito-hormônios, compostos voláteis e sideróforos (SIVASAKTHI; USHARANI; SARANRAJ, 2014).

Em ensaio realizado *in vitro* com plântulas de tomate inoculados com *Bacillus amyloliquefaciens*, foi possível verificar o aumento no crescimento de plântulas, em ocorrência da produção de sideróforos e ácido indol-3-acético (AIA), foi capaz de realizar FBN e a solubilização de fosfato, plantas inoculadas aumentaram 36% o comprimento das raízes e houve incremento na absorção de nutrientes e água pelas plântulas (ABDALLAH et al., 2018).

O *Bacillus subtilis* é uma bactéria que apresenta características de promoção de crescimento múltiplas, além da capacidade para crescer a níveis mais elevados de estresse alcalino (pH), e capacidade de solubilização de fosfato, que consegue colonizar eficientemente as raízes das plantas e aumentar a aquisição de fosforo (P) pelas plantas (AHMAD et al., 2018).

Todavia, faltam pesquisas sobre a utilização e inoculação de *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorencens*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens*, as chamadas BPCPs em sistema hidropônico e na cultura da salsa (*Petroselinum crispum*) nunca foram antes estudadas. Sendo assim, objetivou-se verificar os efeitos da inoculação destes microrganismos no desenvolvimento, exportação de nutrientes e produtividade da Salsa ‘Chácara’ em sistema hidropônico NFT.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da Salsa

A salsa (*Petroselinum crispum*) é uma planta herbácea, originária da Europa (LORENZI; MATOS, 2002). Destaca-se como um condimento de grande importância e utilizada na culinária brasileira, possui um relevante valor nutritivo e, constitui uma fonte de vitamina C, A e cálcio (OLIVEIRA, et al., 2016).

Além de seu uso na gastronomia, é uma planta terapêutica com ação diurética, utilizada no tratamento de hipertensão arterial, edemas diversos, retenção urinária e no auxílio de cistites, possui efeito antitérmico, estimulante geral, antidepressivo, hepatoprotetor, antioxidante e antialérgico (APARECIDA, et al, 2009).

O ciclo da cultura varia de acordo com a estação do ano, no verão a salsa tem seu desenvolvimento total em cerca de 65 dias e no inverno, em torno de 85 dias (ISLA, 2002). A melhor época de semeadura desta hortaliça é no outono-inverno, devido a sua melhor adaptação em temperaturas amenas, entretanto, pode ser cultivada durante todo o ano (FILGUEIRA, 2008). A produção e qualidade da salsa ao final do seu ciclo, são dependentes do ambiente em que foi plantada e as características genéticas da cultivar (COSTA, 2017).

O cultivo da salsa depende de diversos fatores citados anteriormente, como temperatura e ambiente, assim como diversas outras hortaliças. Para evitar perdas devido a adversidades climáticas, como temperaturas altas, chuvas intensas, ventos fortes e até granizo, a solução encontrada foi o cultivo protegido em casas de vegetação, que além de protegerem permite o uso racional de água e nutrientes (REIS JUNIOR, 2008).

2.2 Hidroponia

Cerca de 45% da produção de hortaliças folhosas no Brasil vêm do cultivo hidropônico (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HIDROPONIA, 2018). A produção hidropônica tem como vantagens a diminuição da ocorrência de pragas e patógenos por conta da proteção do ambiente de cultivo. No sistema *Nutrient Film Technique* (NFT), a solução nutritiva possui o principal e múltiplo papel nas interações solo-água-planta, sendo possível disponibilizar a quantidade adequada de suprimento de água, oxigênio e nutrientes para a planta (TAIZ et al., 2017).

No sistema convencional, é necessário que os produtores escolham a região e a época adequada de plantio para o bom desenvolvimento da cultura escolhida (CARRIJO et al., 2000). A produção hidropônica permite que os produtores que estão em regiões de temperaturas elevadas não ideais para cultivo de hortaliças folhosas, cultivá-las durante todo o ano (XU et al., 2015).

A utilização do sistema hidropônico permite a redução no ciclo da cultura e maior produtividade, pode-se atingir a máxima produtividade correspondente ao potencial genético de cada espécie devido as condições controladas em cultivo protegido. Entre as vantagens, pode-se destacar o melhor consumo de água e de fertilizantes. Os nutrientes são fornecidos por meio de uma solução nutritiva, reutilizada por várias vezes. Descartando a possibilidade de lixiviação, por ser cultivada em meio aquoso, não há perdas significativas de nutrientes (NETO, et al, 2012).

Considerando que o conjunto de desenvolvimento das plantas, que envolve a fisiologia estão diretamente relacionados às condições ambientais e suprimento de nutrientes (SIGNORE et al., 2016), o cultivo hidropônico é benéfico. Para melhorar a produção agrícola, é essencial a otimização da aplicação de nutrientes as plantas, especialmente para vegetais folhosos de crescimento rápido (HAYDON et al., 2015). A manutenção inadequada da solução nutritiva pode afetar de maneira negativa no crescimento da planta, o uso de uma concentração muito alta ou muito baixa da solução nutritiva, ou uma composição de íons pode ter como resultado a toxidez ou deficiência induzida por nutrientes (NOZZI et al., 2018). Com o propósito de produzir alimento cada vez mais nutritivos, o aumento da eficiência da absorção de nutrientes fornecidos para as plantas é imprescindível, pois proporciona a redução do uso de fertilizantes minerais, que atualmente é um grande gargalo na horticultura (OLIVEIRA et al., 2017).

2.3 Bactérias Promotoras de Crescimento

2.3.1 *Azospirillum brasilense*

O *Azospirillum brasilense* está relacionado ao aumento da produção de hormônios nas plantas e em consequência o aumento do crescimento radicular, como é uma bactéria com capacidade de realizar FBN, pode aumentar a eficiência fotossintética e do uso de N (GALINDO et al., 2016). Além disso, *A. brasilense* através da fixação biológica de N, e da eficiência do uso do nitrogênio, como consequência, proporciona uma redução de 25% na aplicação de fertilizantes nitrogenados na agricultura (FUKAMI et al., 2016; GALINDO et al., 2020).

Em diferentes estirpes, essas bactérias são capazes de romper a tripla ligação do N₂ atmosférico e reduzi-lo à amônia, podendo promover o crescimento das raízes e da parte aérea, além de aumentar a absorção de água e nutrientes minerais, e a tolerância a estresses abióticos das plantas, tais como salinidade, seca e redução de adubação (ROSCOE; MIRANDA, 2013).

Todavia, em alguns ensaios conduzidos no Brasil por Hungria et al. (2011), foi observado o aumento da produtividade dado à inoculação com *Azospirillum* sp. não apenas pelo

aumento do fornecimento de N, mas também com outros nutrientes, como o P e potássio (K), fato também relatado em outros países (STEENHOUDT; VANDERLEYDEN 2000; BASHAN; HOLGUIN, 2005; BASHAN et al., 2010; NAHER et al., 2018; HAFEZ et al., 2022). Seguindo este panorama, o fato de que existem diversos mecanismos implicados no desenvolvimento de plantas pelo *Azospirillum* sp., o resultado observado no crescimento vegetal pode haver atuação de um ou normalmente da interação de diversos desses mecanismos de crescimento (BASHAN; BASHAN, 2010), podendo ainda variar conforme a espécie, a estirpe e as condições ambientais de cultivo.

2.3.2 *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens*

O *B. subtilis* promove crescimento devido a diversos mecanismos, relacionado com a realização da FBN, como o auxílio na solubilização de fosfato e zinco; síntese de fitohormônios; melhora as condições do solo e é capaz de realizar o biocontrole de fitopatógenos (CORRÊA et al., 2010). Ainda, a associação benéfica também permite o aumento fisiológico de metabolitos capazes de estimular a sensibilidade do sistema radicular as condições externas, propiciando uma melhor aptidão da percepção e absorção de nutrientes (MANJULA; PODILE, 2005).

Os diferentes *B. subtilis* possuem a habilidade de conduzir a regulação hormonal de plantas (TSAVKELOVA et al., 2006), ocasionando no aumento do crescimento radicular pela síntese de auxina, giberelina e citocinina. Assim, é conveniente o rápido desenvolvimento da plântula ao estágio adulto, permanecendo menos tempo no campo, obtendo maior escape contra patógenos presentes no solo e no ambiente externo. Além do mais, há maior resistência a condições abióticas adversas por estar nutricionalmente balanceada (CORRÊA et al., 2010).

Através de estudos, foi descoberto que a espécie *Bacillus amyloliquefaciens* possui afinidade filogenética com *B. subtilis*; antes foram até consideradas subespécies. Estudos desenvolvidos com *B. amyloliquefaciens*, revelaram que uso dessa bactéria é capaz de aumentar a defesa de plantas, incluindo controle de nematóides e outros microrganismos. Além disso, quando utilizada em diferentes espécies de cultivo, mostram ainda mais benefícios além de controle de doenças e nematóides, mas também são capazes de promover o crescimento das plantas, como observado em tomate e outras grandes culturas (NG et al., 2012; PAZ et al., 2012; KASIM et al., 2013; SZILAGYI-ZECCHIN et al., 2015).

2.3.3 *Pseudomonas fluorescens*

As bactérias do gênero *Pseudomonas* estão associadas a promoção de crescimento e proteção contra patógenos. Apesar dessas bactérias não estabelecerem uma simbiose como as do gênero *Rhizobium*, são capazes de penetrar nos tecidos vegetais e constitui-se como endófitos (RYAN et al., 2008; MARQUEZ-SANTACRUZ et al., 2010).

A *Pseudomonas* possui um relevante papel como promotoras de crescimento de plantas e inibem o crescimento de agentes patogênicos por meio de diferentes mecanismos (RYAN et al., 2008). Essas bactérias também são capazes de proporcionar resistência a doenças nas plantas, podendo ainda, sintetizar sideróforos em condições de limitação do ferro, fator que induz expressão genica em genes desenvolvidos na síntese de sideróforos (SANTOYO; OROZCOMOSQUEDA; GOVINDAPPA, 2012).

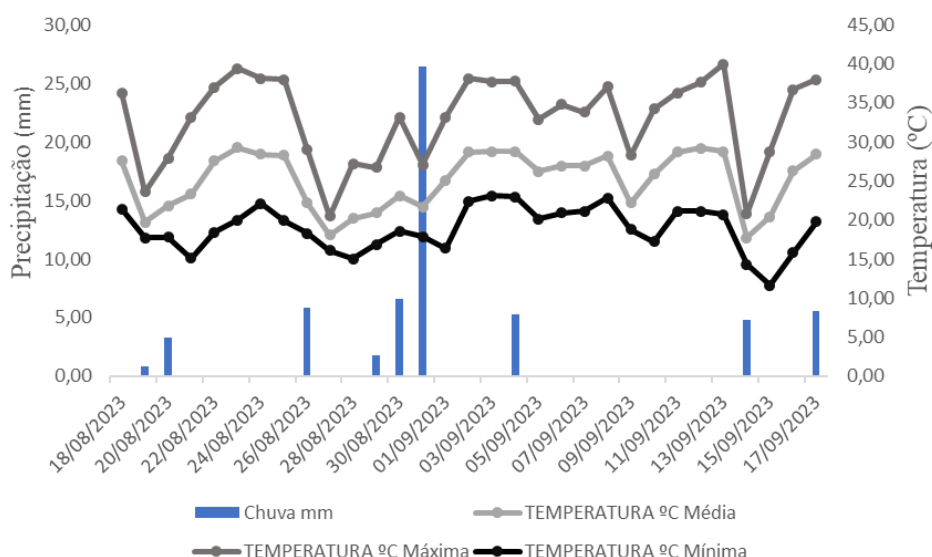
Além disso, no grupo das rizobactérias, as *Pseudomonas* são as mais promissoras no crescimento de plantas, controle biológico de doenças e produção de metabólitos secundários como antibióticos, fito-hormônios, compostos voláteis e sideróforos. A habilidade de promover crescimento de plantas se dá ao fato desses organismos sintetizarem o AIA e outros compostos importantes (SIVASAKTHI; USHARANI; SARANRAJ, 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização e Condução Do Experimento

O experimento foi conduzido em cultivo hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*) sob cultivo protegido com sombreamento de 30%, pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, localizada em Ilha Solteira – SP, com coordenadas geográficas (20°25'07" S e 51°20'31" O), com altitude de 376 m. Os dados climáticos foram coletados por estação meteorológica automática instalada na Universidade, abrangendo o período de 18 de agosto de 2023 (data de transplântio) a 17 de setembro de 2023 (data de colheita) (Figura 1).

Figura 1 - Temperatura (Tmédia, Tmáxima e Tmínima), precipitação pluvial (mm) durante a condução do experimento.



Fonte: Autoria própria, com dados do Canal CLIMA da UNESP de Ilha Solteira.

As unidades experimentais foram instaladas em bancadas individuais, de seis metros de comprimento e declividade de 10%. Os canais de cultivos são de perfil de PVC com seção retangular, de 8 centímetros de largura e 4 centímetros de altura, com perfurações superiores para alojamentos das plantas a cada 25 centímetros. Cada bancada contém 6 canais de cultivo espaçados em 20 centímetros, com sistema de bombeamento individual, e um reservatório de 300 litros, a vazão utilizada foi de 1 L⁻¹ min⁻¹ e o período de exposição da solução nutritiva foi de fluxo contínuo.

Foi utilizado a Salsa ‘Chácara’, essa cultivar possui ciclo médio de 50 dias, entretanto devido as condições favoráveis do sistema hidropônico NFT, houve a precocidade do ciclo para

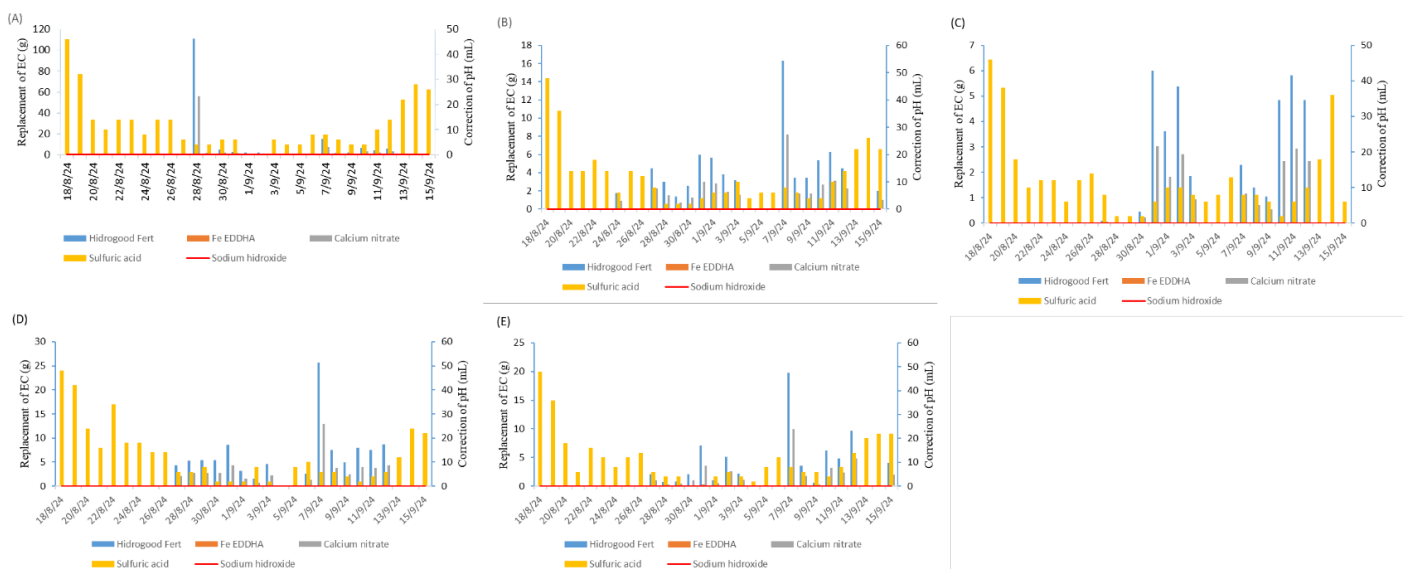
30 dias. As mudas foram transplantadas as bancadas e permaneceram nestas por 30 dias, até o ponto de colheita.

Foi utilizado a solução nutritiva composta pelos fertilizantes concentrados Hidrogood Fert Nacional na dose de 82,70 g, Hidrogood Fert Ferro EDDHA 6% na dose de 4,36 g e Nitrato de Cálcio na dose de 61,15 g, sendo eles com as seguintes contrações de nutrientes dadas em porcentagem:

- 1) Fert Nacional na dose de ($0,666 \text{ g L}^{-1}$): 10 de N; 9 de P; 28 de K; 4,3 de S; 3,3 de Mg; 0,06 de B; 0,01 de Cu; 1,09 de Fe; 0,05 de Mn; 0,07 de Mo e 0,02 de Zn.
- 2) Nitrato de Cálcio na dose de ($0,495 \text{ g L}^{-1}$): 15,5 de N e 26,5 de Ca;
- 3) Hidrogood Fert Ferro EDDHA na dose de ($0,030 \text{ g L}^{-1}$): 6 de Fe.

Aplicou-se de forma preventiva o fungicida Ranman (Ciazofamida) na dose de 5 mL por caixa d'água no momento da implantação das mudas. A aferição e correção da condutividade elétrica (CE) e pH foram realizados diariamente no período noturno, entre 18:00 – 18:30. A CE inicial foi de $800 \mu\text{S cm}^{-1}$ para todas as bancadas de cultivo, foi necessário aumentá-la semanalmente ao longo do experimento para 1200, 1400 e $1600 \mu\text{S cm}^{-1}$, e o pH foi mantido entre 5,5 e 6,5, para isso foi utilizado para ajustes, ácido fosfórico quando superior a 6,5 e hidróxido de sódio quando pH estava inferior a 5,5.

Figura 2 – Correção do pH e reposição condutividade elétrica (CE) em sistema hidropônico NFT no tratamento controle (A), com a inoculação de *Azospirillum brasilense* (B) *Bacillus amyloliquefaciens* (C), *Bacillus subtilis* (D) e *Pseudomonas fluorescens* (E) e a elevação da CE ocasionada pela inoculação no período do experimento.



3.2 Tratamentos e Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC) com 3 repetições, cada unidade experimental foi representada por 9 plantas, composto pela inoculação via solução nutritiva apenas no dia do transplântio das mudas de salsa, sendo o controle (não inoculado), inoculações com *Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas fluorescens*.

A inoculação com a bactéria *Azospirillum brasilense* estirpes AbV5 e AbV6 (garantia de 2×10^8 unidades formadoras de colônia (UFC) mL^{-1}) foi realizada na dose de 44 mL de inoculante líquido 100 L^{-1} de solução nutritiva; *Bacillus amyloliquefaciens* estirpe CCTB06 (garantia de 1×10^8 UFC mL^{-1}) na dose de 32 mL 100 L^{-1} de inoculante líquido; *Bacillus subtilis* estirpe CCTB04, (garantia de 1×10^8 UFC mL^{-1}) na dose de 32 mL 100 L^{-1} de inoculante líquido e *Pseudomonas fluorescens* estirpe CCTB03 (garantia de 2×10^8 UFC mL^{-1}) na dose de 29 mL 100 L^{-1} de inoculante líquido.

3.3 Avaliações

3.3.1 Avaliações biométricas

As avaliações foram realizadas aos 10, 20 e 30 DAT das mudas de salsa, no momento da colheita de cada avaliação foi realizada a colheita e pesagem da matéria fresca do sistema radicular e da parte aérea, quantificou-se o comprimento da parte aérea e das raízes, e o número de folhas de salsa. Em seguida, o material foi enviado para secagem em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas, para obtenção da matéria seca do sistema radicular e da parte aérea. Em 30 DAT, foi obtido a produtividade de massa fresca baseada na população de plantas de $19,5 \text{ m}^{-2}$, conforme a equação a seguir:

$$Prod = MFF * PP$$

Prod: produtividade de massa fresca (kg m^{-2})

MFF: massa fresca das folhas (kg planta^{-1})

PP: população de plantas (plantas m^{-2})

3.3.2 Avaliações nutricionais

Após secagem, pesagem e trituração dos materiais vegetais em moinho Wiley, foram determinadas as concentrações de N, P, K, S, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, B e Zn segundo a metodologia de (MALAVOLTA et al., 1997) e a concentração de nitrato e amônio de acordo com a metodologia descrita por (SILVA, 2009) na parte aérea da salsa na avaliação final (30 DAT).

O acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas foi calculado com base nas respectivas na produtividade de massa seca e concentração de nutrientes nas plantas conforme a equação:

$$AC = PMS * CN$$

AC: acúmulo de nutrientes (g ou mg m⁻²)

PMS: produtividade de massa seca (kg m⁻²)

CN: concentração de nutrientes (g ou mg kg⁻¹)

3.4 Análises Estatísticas

Os dados foram analisados utilizando a análise de variância (ANOVA), onde a significância dos quadrados médios foi testada pelo teste F a 5% de probabilidade. As médias correspondentes aos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, considerando um nível de significância de 5%, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis biométricas

Para a primeira avaliação (10 DAT) não se observou efeito significativo ($p > 0,05$) sobre o número de folhas (NF) na salsa hidropônica. Porém, houve efeito significativo ($p < 0,01$) no comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca raiz (MSR), onde de modo geral o tratamento controle foi inferior aos tratamentos com inoculação de BPCP (Tabela 1).

Tabela 1 – Primeira avaliação (10 DAT) de comprimento de parte aérea (CPA); comprimento de raiz (CR); Número de folhas (NF); Massa fresca da parte aérea (MFPA); Massa fresca da raiz (MFR); Massa seca parte aérea (MSP) e Massa seca raiz (MSR) de salsa. Ilha Solteira- SP.

Tratamento	CPA	CR	NF	MFPA	MFR	MSPA	MSR
	(cm)		-			(g)	
Controle	7,72b	4,99 b	56,99 a	1,70 d	1,16 c	0,55 c	0,03 c
<i>Azospirillum</i>	7,33b	5,50 a	56,77 a	3,53 a	1,31 b	0,54 c	0,02 c
<i>brasilense</i>							
<i>Bacillus</i>	7,33b	4,75 b	56,77 a	2,26 c	1,14 c	0,73 b	0,15 a
<i>amyloliquefaciens</i>							
<i>Bacillus subtilis</i>	8,61a	4,77 b	63,55a	2,81 b	1,51 a	1,01 a	0,07 b
<i>Pseudomonas</i>	8,33a	5,38 a	60,67a	2,25 c	1,05 c	0,75 b	0,05 b
<i>fluorescens</i>							
Teste F							
Média geral	7,86	5,09	58,95	2,51	1,23	0,71	0,06
Erro padrão	0,20**	0,15*	2,25 ^{ns}	0,12**	0,03**	0,06**	0,00**
CV(%)	4,49	5,37	6,64	8,93	4,96	15,86	18,11

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. **, * e ns: significativo a 1% e a 5% em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativos, respectivamente.

A inoculação com *B. subtilis* proporcionou maior comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) em relação as outras inoculações. A inoculação com *B. amyloliquefaciens* não foi interessante, não diferindo em relação ao controle para o comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), número de folhas (NF) e massa fresca da raiz (MFR) na primeira avaliação (Tabela 1). Essa espécie de rizobactéria em inoculantes promove resultados positivos devido as suas características biológicas, devido a sua capacidade de formação de estruturas de resistência em ambientes e

condições desfavoráveis a planta (LANNA FILHO; FERRO; PINHO, 2010; MELO, 1998), ou seja, condição essa diferente em relação ao cultivo hidropônico.

De modo geral a inoculação com *P. fluorescens* também proporcionou bons resultados quando comparada as demais inoculações e controle (Tabela 1). A *P. fluorescens* possui capacidade de colonizar diferentes ambientes devido a sua versatilidade nutricional e metabólitos produzidos (MACHADO, 2021).

O comprimento de arte aérea (CPA), número de folhas (NF), massa seca parte aérea (MFPA) e massa seca da raiz (MSR), o *Azospirillum brasilense* apresentou baixa eficiência quando comparado ao controle (Tabela 1)

Para a segunda avaliação (20 DAT) diferente da primeira avaliação (Tabela 1), foi observado efeito não significativo ($p > 0,05$) para o comprimento da parte aérea (CPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) da salsa. Os tratamentos apresentaram efeito significativo ($p < 0,01$) apenas no comprimento de raiz (CR), número de folhas (NF) e massa fresca da parte aérea (MSPA) (Tabela 2).

Tabela 2 - Segunda avaliação (20 DAT) de comprimento de parte aérea (CPA); comprimento de raiz (CR); Número de folhas (NF); Massa fresca da parte aérea (MFPA); Massa fresca da raiz (MFR); Massa seca parte aérea (MSP) e Massa seca raiz (MSR) de salsa. Ilha Solteira- SP.

Tratamento	CPA	CR	NF	MFPA	MFR	MSPA	MSR
	(cm)			(g)			
Controle	12,77 a	7,27 a	111 c	6,06 c	3,08 a	2,70 a	0,54 a
<i>Azospirillum brasilense</i>	12,77 a	7,61 a	115 b	8,16 a	4,30 a	3,24 a	0,53 a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	12,66 a	6,66 b	120 a	7,33 b	3,94 a	2,80 a	0,50 a
<i>Bacillus subtilis</i>	13,11 a	7,83 a	110 c	8,63 a	4,04 a	3,24 a	0,59 a
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	12,44 a	6,50 b	111 c	7,99 a	3,57 a	3,94 a	0,60 a
Teste F							
Média geral	12,75	7,17	113	7,63	3,78	3,18	0,55
Erro padrão	0,3 ^{ns}	0,19 ^{**}	0,74 ^{**}	0,16 ^{**}	0,25 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,06 ^{ns}
CV(%)	4,19	4,82	1,13	3,79	11,59	17,97	19,88

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. **, * e ns: significativo a 1% e a 5% em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativos, respectivamente.

A inoculação com *Bacillus subtilis* proporcionou maior comprimento de raiz (CR) e massa fresca parte aérea (MFPA), parâmetro este último que influencia no produto final da salsa chácara (Tabela 2). Esse microrganismo tem ação de biofertilizantes, devido ao aumento

da disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento da planta, em consequência auxiliam no crescimento da planta e na redução da necessidade de fertilização mineral sideróforos (CORTIVO et al., 2017; LOPES et al., 2021).

O tratamento com *Azospirillum brasiliense*, de modo geral, propiciou resultados semelhantes ao controle, exceto para o número de folhas por planta e MFPA em que proporcionou resultados superior ao controle. A bactéria do gênero *Azospirillum brasiliense* possui capacidade de aumentar a fixação de nitrogênio e produzir fitormônios, resultando em maior crescimento radicular, aumento da absorção de água e de nutrientes (MACHADO, 2021).

A inoculação com *Pseudomonas fluorescens* foi inferior ao controle no comprimento da raiz (CR), mas promoveu maior MFPA da salsa, sendo este último resultado bem mais importante.

Os resultados anteriores reforçam a capacidade de algumas bactérias aumentarem a absorção de nutrientes, e consequentemente, promoverem o crescimento da planta.

Na terceira e última avaliação (30 DAT) observou-se que não houve efeito significativo ($p < 0,05$) apenas para o comprimento de raiz (CR) da salsa chácara. As demais variáveis apresentaram efeito significativo ($p < 0,01$) para os tratamentos com BPCps (Tabela 3).

O maior número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade da salsa foi observado com a inoculação de *Azospirillum brasiliense* (Tabela 3). A bactéria *Azospirillum brasiliense* é capaz de aumentar o índice de clorofila foliar em diversas culturas, consequentemente, maior eficiência fotossintética, maior crescimento vegetal e acúmulo de massa nos tecidos vegetais das plantas (ALVAREZ et al., 2019).

As inoculações com *Bacillus amyloliquefaciens* e *Pseudomonas fluorescens* apresentaram valores inferiores em todas as avaliações em relação ao controle, exceto para o comprimento de raiz que não houve diferença (Tabela 3). O crescimento das plantas é promovido por diversos mecanismos, como produção síntese de fito-hormônios como citocininas, giberelinas, ácido indol-3-acético (AIA) e etileno (MEZA et al., 2015). Dessa maneira, a produtividade da cultura pode ser afetada e alterada pela interação entre microrganismos e plantas (EMMETT et al., 2017). Como visto anteriormente na Tabela 3, a produtividade pode sofrer consequências negativas com a inoculação, entretanto, quando há um equilíbrio entre o microrganismo e a planta, ocorre uma contribuição no desenvolvimento e crescimento da planta, devido a associação do vegetal com as comunidades microbianas, auxiliando na nutrição e ciclo do carbono e nitrogênio (VACHERON et al., 2015), com reflexos no crescimento e produtividade agrícola.

Tabela 3 - Terceira avaliação (30 DAT) de comprimento de parte aérea (CPA); comprimento de raiz (CR); Número de folhas (NF); Massa fresca da parte aérea (MFPA); Massa fresca da raiz (MFR); Massa seca parte aérea (MSPA); Massa seca raiz (MSR) e Produtividade de salsa. Ilha Solteira- SP.

Tratamento	CPA	CR	NF	MFPA	MFR	MSPA	MSR	Prod.
		(cm)	-		-----	(g)-----		(kg m ⁻²)
Controle	22,67 a	10,66 a	212 b	25,85 a	13,04 a	9,00 a	2,16 b	0,50 b
<i>Azospirillum brasilense</i>	22,30 a	10,99 a	228 a	27,13 a	13,48 a	9,43 a	1,13 b	0,55 a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	19,22 b	10,00 a	120 e	11,83 d	11,53 b	6,93 b	1,80 c	0,24 e
<i>Bacillus subtilis</i>	23,44 a	10,89 a	198 c	20,86 b	11,22 b	8,20 b	2,55 a	0,41 c
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	20,66 b	10,50 a	153 d	14,11 c	7,86 c	6,20 b	1,40 d	0,27 d
Teste F								
Média geral	21,66	10,61	182	19,95	11,42	7,95	2,01	0,39
Erro padrão	0,58**	0,23 ^{ns}	3,37**	0,48**	0,60**	0,48**	0,11**	0,00**
CV(%)	4,62	3,82	3,20	4,20	9,21	10,55	10,03	1,63

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. **, * e ns: significativo a 1% e a 5% em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativos, respectivamente.

O *Bacillus subtilis* quando comparado ao controle, também foi inferior para o número de folhas por planta, a massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) (Tabela 3). Estudos indicam que o *Bacillus subtilis* possui como principal característica a ação antagônica direta contra patógenos, além disso, promove o crescimento das bactérias devido ao aumento da fixação biológica de nitrogênio, solubilização de nutrientes e síntese de fitohormônios (ARAÚJO, 2008; ARAÚJO et al., 2010; ARAÚJO; HUNGRIA, 1999). Provavelmente, a dose dos inoculantes de *Bacillus* e *Pseudomonas* testados no presente estudo não foram as ideias para cultura da salsa hidropônica, sendo necessárias mais pesquisas.

4.2 Acúmulo de nutrientes na parte aérea da salsa

Para os acúmulos de macronutrientes, nitrato e amônio na parte aérea da salsa constataram-se efeito significativo dos tratamentos com BPCPs (Tabela 4).

Tabela 4 – Acúmulos de macronutrientes, nitrato e amônio na parte aérea da salsa, Ilha Solteira - SP.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
	(g m ⁻²)					(mg m ⁻²)		
Controle	7,85 b	1,05 b	5,51 b	1,30 a	0,48 b	0,56 b	942 a	32,60 a
<i>Azospirillum brasilense</i>	8,51 a	1,15 a	6,16 a	1,37 a	0,52 a	0,69 a	916 a	33,71 a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	5,79 d	0,74 d	3,74 c	0,81 c	0,34 d	0,32 c	781 b	28,19 b
<i>Bacillus subtilis</i>	7,14 c	0,92 c	4,32 c	0,95 b	0,38 c	0,56 b	914 a	31,40 a
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	5,20 e	0,66 e	3,13 d	0,73 c	0,40 c	0,32 c	454 c	23,12 c
Teste F								
Média geral	6,92	0,90	4,57	1,03	0,42	0,49	802	29,80
Erro padrão	0,11**	0,02**	0,18**	0,03**	0,01**	0,02**	11,84**	0,57**
CV(%)	2,89	4,43	7,15	6,28	4,33	7,36	2,56	3,32

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. **, * e ns: significativo a 1% e a 5% em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativos, respectivamente.

Com relação ao acúmulo dos macronutrientes na parte aérea da salsa, o tratamento com *Azospirillum brasilense* foi superior para N, P, K, Ca, Mg e S (Tabela 4). Essa bactéria promove o crescimento das plantas, se destacando pela produção de hormônios e estímulo ao enraizamento (FUKAMI et al., 2016). Além disso, produz AIA, auxina capaz de aumentar o comprimento e pelos radiculares, consequentemente promovendo uma maior absorção de nutrientes e tolerância a baixa umidade do solo (RYAN et al., 2008; MOREIRA et al., 2010; CASSAN; VANDERLEYDEN; SPAEPEN, 2014). Em pesquisa realizada com alface americana, foi citado que há crescimento de raízes da inoculação com *A. brasilense* em diversas culturas por meio do solo, quando se trata de inoculação via solução nutritiva, não possui relatos de sucesso no crescimento. Apesar disso, foi observado a capacidade da bactéria colonizar raízes em sistema hidropônico e houve o aumento do comprimento das raízes de alface em 22% aos 31 DAT (OLIVEIRA, 2023).

Vale destacar que o controle sem inoculação apresentou melhores resultados na absorção de certos nutrientes quando comparados a alguns tratamentos com BPCPs. O acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea da salsa no controle foi superior ao *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas fluorescens* (Tabela 4).

Os maiores acúmulos de amônio e nitrato foram verificados nos tratamentos controle e com as inoculações de *Azospirillum brasilense* e de *Bacillus subtilis* (Tabela 4).

Verificou-se o mesmo padrão nos acúmulos de micronutrientes na parte aérea da salsa, o *Azospirillum brasilense* foi superior nos acúmulos B, Cu, Fe e Zn, embora para B e Mn não tenha diferença em relação a inoculação com *Bacillus subtilis*. O controle e o *Bacillus subtilis* proporcionaram os maiores acúmulos do Mn na parte aérea da salsa (Tabela 5).

Tabela 5 – Acúmulos de micronutrientes na parte aérea da salsa. Ilha Solteira- SP.

Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(mg m ⁻²)				
Controle	7,40 a	2,52 b	39,72 a	20,80 a	36,30 b
<i>Azospirillum brasilense</i>	7,88 a	3,83 a	41,78 a	15,14 b	41,95 a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	5,54 b	2,23 c	26,26 c	1640 b	17,75 d
<i>Bacillus subtilis</i>	7,86 a	2,75 b	35,46 b	21,38 a	33,42 c
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	5,66 b	1,82 c	24,14 d	6,93 c	15,57 d
Teste F					
Média geral	6,87	2,63	33,47	16,13	29,02
Erro padrão	0,22**	0,15**	0,63**	0,49**	0,68**
CV(%)	5,72	10,47	3,29	5,33	4,10

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. **, * e ns: significativo a 1% e a 5% em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativos, respectivamente.

O *B. subtilis* possui a capacidade de secretar ácidos orgânicos, sendo estes, ácido oxálico, málico e malônico, que solubilizam nutrientes do solo, e melhoram sua disponibilidade na rizosfera, além de ter a capacidade de secretar compostos secundários que agem como quelantes, podendo assim facilitar a absorção de nutrientes metálicos pelas raízes das plantas (KIM et al., 2018; SATYAPRAKASH et al., 2017). Alguns microrganismos são capazes de produzir compostos quelantes formam um complexo na ligação com zinco, liberando na zona radicular da planta, alguns compostos quelados, aumentando a disponibilidade desse micronutriente para o vegetal (SAXENA et al., 2014; KOUR et al., 2020; RANA et al., 2020).

5. CONCLUSÃO

A inoculação com *Azospirillum brasilense* foi benéfica para o cultivo de salsa chácara no sistema hidropônico NFT, proporcionou as maiores produtividades, número de folhas e acúmulos dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe e Zn), além de amônio na parte aérea da hortaliça.

Nas doses testadas, a inoculação com *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus subtilis* via solução nutritiva para produtividade e acúmulo da maioria dos nutrientes na salsa foram menos eficazes comparados até mesmo com o controle, sem a inoculação.

Portanto, para uma maior produtividade de salsa mais nutritiva em sistema hidropônico NFT recomenda-se a inoculação com *Azospirillum brasilense*.

REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, D. B.; FRIKHA-GARGOURI, O.; TOUNSI, S. Rhizospheric competence, plant growth promotion and biocontrol efficacy of *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* strain 32a. **Biological Control**, v.124, p.61-67, 2018.
- AHMAD, M.; AHMAD, I.; HILGER, T. H.; NADEEM, S. M.; AKHTAR, M. F.; JAMIL, M.; HUSSAIN, A.; ZAHIR, Z. A. Preliminary study on phosphate solubilizing *Bacillus subtilis* strain Q3 and *Paenibacillus sp.* strain Q6 for improving cotton growth under alkaline conditions. **PeerJournal**, v.6, p.1-22, 2018.
- ALVAREZ, R. C. F.; BENETÃO, J.; BARZOTTO, G. R.; ANDRADE, M. G. O.; LIMA, S. F. Application methods of *Azospirillum brasilense* in first and second-crop corn. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, p.840-846, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n11p840-846>.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HIDROPONIA. Novo Hamburgo, RS: Equilíbrio Comunicação Sustentável, 1º Ed. 152 p. 2018.
- ARAÚJO, Ademir Sérgio Ferreira de et al. Coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena: efeito sobre a nodulação, a fixação de N₂ e o crescimento das plantas. **Ciência Rural**, v. 40, p. 182-185, 2010.
- ARAUJO, F.F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.456-462, 2008.
- BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. **Advances in Agronomy**, v.108. p.77-136, 2010.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E. Plant growth-promoting. **Encyclopedia of soils in the environment**, v. 1, n. 1, p. 103-115, 2005.
- CARRIJO, Osmar A. et al. Principios de hidroponia. 2000. Londrina, EMBRAPA, 2000.
- CASSÁN, Fabricio; VANDERLEYDEN, Jos; SPAEPEN, Stijn. Physiological and agronomical aspects of phytohormone production by model plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) belonging to the genus *Azospirillum*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 33, p. 440-459, 2014.
- CORRÊA, E. B.; BETTIOL, W.; SUTTON, J. C. Controle biológico da podridão radicular (*Pythium aphanidermatum*) e promoção de crescimento por *Pseudomonas chlororaphis* 63-28 e *Bacillus subtilis* GB03 em alface hidropônica. **Summa Phytopathologica**, v.36, p.275-281, 2010.
- CORTIVO, C. D.; BARION, G.; VISIOLI, G.; MATTAROZZI, M.; MOSCA, G.; VAMERALI, T. Increased root growth and nitrogen accumulation in common wheat following PGPR inoculation: Assessment of plant-microbe interactions by ESEM. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.247, p.396-408, 2017.
- COSTA, Marco Thulio Silva. **Ensaio de competição entre cultivares de salsa (*Petroselinum crispum*) em ambiente aberto**. 2017. Orientador: Michelle Souza Costa.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília DF, 2017.

DE SOUZA MOREIRA, Fatima Maria et al. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74-74, 2010.

DESPONTIN, Guilherme Guilger et al. Relação K: Ca e aplicação de silício na solução nutritiva para o cultivo hidropônico de salsa. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2,

DOS SANTOS LOPES, Monyck Jeane et al. Biotecnologia microbiana: inoculação, mecanismos de ação e benefícios às plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e356101220585-e356101220585, 2021.

EGÍDIO, N. B.; LEVY, B. P. AS TÉCNICAS DE HIDROPONIA. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, [S. l.], v. 8, p. 107–137, 2013. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/152>. Acesso em: 27 jun. 2024

EMMETT, B. D.; YOUNGBLUT, N. D.; BUCKLEY, D. H.; DRINKWATER, L. E. Plant phylogeny and life history shape rhizosphere bacterial microbiome of summer annuals in an agricultural field. **Frontiers Microbiology**, v.8, 2414, 2017.

FABIANO, Aparecido Rios et al. Agronomic performance of soybean treated with *Bacillus amyloliquefaciens*. **African Journal of Microbiology Research**, v. 12, n. 45, p. 1020-1027, 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FILGUEIRA, Fernando Antonio Reis. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Ed. UFV, 2008.

FUKAMI, J., NOGUEIRA, M.A., ARAUJO, R.S., HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **Amb. Express**, v. 6, n. 1, p. 1-13, 2016.

GALINDO, F. S.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, W. L.; BOLETA, E. H. M.; SILVA, V. M.; TAVANTI, R. F. R.; FERNANDES, G. C.; BIAGINI, A. L. C.; ROSA, P. A. L.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Inoculation of *Azospirillum brasilense* associated with silicon as a liming source to improve nitrogen fertilization in wheat crops. **Scientific Reports**, v.10, a.6160. 2020.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; NOGUEIRA, L. M.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ANDREOTTI, M.; BELLOTTE, J. L. M. Corn yield and foliar diagnosis affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p.1-18, 2016.

GENUNCIO, Gláucio da C. et al. Hydroponic lettuce production in different concentrations and flow rates of nutrient solution. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 526-530, 2012.

HAFAZ, Mohamed; POPOV, Alexander I.; RASHAD, Mohamed. The biological correction using humic substances, vermicompost, and *Azospirillum* as an optimum way of

optimizing plant production and enhancing soil micronutrients in arid regions. **The Open Agriculture Journal**, v. 16, n. 1, 2022.

HAYDON, M. J.; MIELCZAREK O., ROBERTSON F.C., HUBBARD K.E., WEBB A.A. Nutrient homeostasis within the plant circadian network. **Frontiers in Plant Science**, v.6, n.299, p.1-6, 2015.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2011.

IMPORTADORA DE SEMENTES PARA LAVOURA - ISLA – Catálogo. 2001/2002.

KIM, M. J.; KO, D.; KO, K.; KIM, D.; LEE, J. Y.; WOO, S. M.; KIM, W.; CHUNG, H. Effects of silver-graphene oxide nanocomposites on soil microbial communities. **Journal of Hazardous Materials**, v.346, p.93-102, 2018.

LÓPEZ-POZOS, R., G. A.; MARTÍNEZ-GUTIÉRREZ, R.; PÉREZ-PACHECO, M.; URRESTARAZU. The effects of slope and channel nutrient solution gap number on the yield of tomato crops by a nutrient film technique system under a warm climate. **HortScience**, v.46, p.727–729, 2011.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. Plantas Medicinais no Brasil. Nativas e Exóticas. 2ªed. Plantarum, 2002. 576p.

MACHADO, Fabiana Ribeiro et al. **Inoculação de bactérias promotoras de crescimento na cultura da alface**. 2021. Orientador: Valdeir Francisco Guimarães. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, 2021.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba. 1997.

MANJULA, K.; PODILE, A.R. Increase in seedling emergence and dry weight of pigeon pea in the field with chitin-supplemented formulations of *Bacillus subtilis* AF 1. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v.21, p.1057–1062, 2005.

MARQUEZ-SANTACRUZ, H. A. et al. Diversity of bacterial endophytes in roots of Mexican husk tomato plants (*Physalis ixocarpa*) and their detection in the rhizosphere. **Genetics and Molecular Research**, v. 9, n. 4, p. 2372-2380, 2010.

MEZA, B.; BASHAN, L. E.; BASHAN, Y. Involvement of indole-3-acetic acid produced by *Azospirillum brasilense* in accumulating intracellular ammonium in *Chlorella vulgaris*. **Res. Microbiol**, v.166, p.72-83, 2015.

MOREIRA, F. S. et al. Single-stage repeated batch cycles using co-culture of *Enterobacter cloacae* and purple non-sulfur bacteria for hydrogen production. **Energy**, v. 239, p. 122465, 2022.

NAHER, Kamrun et al. Effects of different sources of nitrogen on endophytic colonization of rice plants by *Azospirillum* sp. B510. **Microbes and environments**, v. 33, n. 3, p. 301-308, 2018.

NG L, SARIAH M, SARIAM O, RADZIAH O, ABIDIN M. Rice seed bacterization for promoting germination and seedling growth under aerobic cultivation system. **Australian Journal of Crop Science**, v.6, n.1, p.170-175, 2012.

NOZZI, V., GRABER, A., SCHMAUTZ, Z., MATHIS, A., JUNGE, R. Nutrient management in aquaponics: comparison of three approaches for cultivating lettuce, mint and mushroom herb. **Agronomy**, v.27, n.8, p.1-15, 2018.

OLIVEIRA, L. M., SUCHISMITA, D., GRESS, J., RATHINASABAPATHI, B., CHEN, Y., MA, L. Q. Arsenic uptake by lettuce from As-contaminated soil remediated with *Pteris vittata* and organic amendment. **Chemosphere**, v.176, p.249-254, 2017.

OLIVEIRA, Camila Beatriz da Silva. **Ensaio de cultivares de salsa (*Petroselinum crispum*) em canteiro sob ambiente protegido**. 2016. Orientador: Michelle Souza Vilel. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

OLIVEIRA, Carlos Eduardo da Silva. **Inoculação de rizobactérias em sistema hidropônico na nutrição, produção e qualidade da alface americana**. 2023. Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho. Tese (Doutorado Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2023.

OLIVEIRA, DARLAN MORAIS, et al. "Perfil parasitológico do cheiro verde comercializado em feiras livres de Imperatriz-MA." **Biota Amazônia** (*Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota*) 6.2 (2016): 123-126.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; E. PAULUS. Análise sensorial, teores de nitrato e de nutrientes de alface cultivada em hidroponia sob águas salinas. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.18–25, 2012.

PEREZ-GARCIA, Octavio et al. Efficiency of growth and nutrient uptake from wastewater by heterotrophic, autotrophic, and mixotrophic cultivation of *Chlorella vulgaris* immobilized with *Azospirillum brasilense* 1. **Journal of Phycology**, v. 46, n. 4, p. 800-812, 2010.

PRECIOSO, Mariluce Borges. **Cultivo do agrião em hidroponia, sob diferentes concentrações de solução nutritiva em sistema NFT**. 2003. Orientador: José Magno Queiroz Luz. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – UFU, Uberlândia, 2003

RANA, Kusam Lata et al. Endophytic microbes: biodiversity, plant growth-promoting mechanisms and potential applications for agricultural sustainability. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 113, p. 1075-1107, 2020.

REIS JUNIOR, F. B., MACHADO, C. T. T., MACHADO, A. T., SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1139-1146, 2008.

ROSCOE, R.; MIRANDA, R.A.S. Fixação biológica de nitrogênio e promoção de crescimento em milho safrinha. In: ROSCOE, R.; LOURENÇÃO, A.L.F.; GRIGOLLI, J.F.J. et al. (Eds.) **Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno**. Curitiba: Midiograf, p. 38-44. 2013.

RYAN, R.P.; GERMAINE, K.; FRANKS, A.; RYAN, D.J.; DOWLING, D.N. Bacterial endophytes: recent developments and applications. **FEMS Microbiology Letters**, v.278, p.1-9, 2008.

SANTOS, Esteicy Espanholo Kaus et al. HIDROPONIA CASEIRA NFT DE BAIXO CUSTO. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 4, n. 1, 2020. Carrijo, Osmar A., et al. "Princípios de hidroponia." (2000).

SANTOS, F., P. E.; TRANI, M. C. S. S.; NOVO, F. A.; PASSOS. Desempenho agrônomo de quatro cultivares de almeirão. **Horticultura Brasileira**, v.31, p.153–156, 2013.

SANTOYO, G.; OROZCO-MOSQUEDA, M. DEL C.; M. GOVINDAPPA, M. Mechanisms of biocontrol and plant growth-promoting activity in soil bacterial species of *Bacillus* and *Pseudomonas*: a review. **Biocontrol Science and Technology**, Abingdon, v. 22, n. 8, p. 855-872, 2012.

SATYAPRAKASH, M. et al. Phosphorous and phosphate solubilising bacteria and their role in plant nutrition. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 4, p. 2133-2144, 2017.

SAXENA, A. K.; YADAV, A. N.; KAUSHIK, R.; TYAGI, S.; KUMAR, M.; PRASANNA, R.; & SHUKLA, L. Use of microbes from extreme environments for the benefits of agriculture. In: **Afro-Asian Congress on microbes for human and environmental health**. Amity University, Noida New Delhi., v. 10, 2014.

SIGNORE, A., SERIO, F., SANTAMARIA, P. A. A Targeted management of the nutrient solution in a soilless tomato crop according to plant needs. **Frontier in Plant Science**, v.7, n.391, p.1-15, 2016.

SILVA, F. C. **Manual de análise química de solo, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2009

SIVASAKTHI, S.; USHARANI, G.; SARANRAJ, P. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR) - *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. **African Journal of Agricultural Research**, Victoria Island, v. 16, n. 9, p. 1265-1277, 2014.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **FEMS Microbiology Reviews**, v.24, p.487-506, 2000.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I. M., MURPHY, A. **Plant Physiology and Development**, sixth ed. Sinauer Associates, Sunderland, 888p, 2017.

TSAVKELOVA, E.A.; KLIMOVA, S. Y.; CHERDYNTSEVA, T. A.; NETRUSOV, A. I. Microbial Producers of Plant Growth Stimulators and Their Practical Use: A Review. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v.42, p.117–126, 2006.

TRIBONI, Yago de Barros. Controle biológico com *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. para o tratamento de sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.]. 2021.

VACHERON, J.; RENOUD, S.; MULLER, D.; BABALOLA, O. O.; PRIGENT-COMBARET, C. Alleviation of abiotic and biotic stresses in plants by *Azospirillum*. In:

Cassan, F. D.; Okon, Y.; Creus, C. (eds) **Handbook for *Azospirillum*: technical issues and protocols**. Springer, p.333–365, 2015.

XU, X., LOKE, M., LEUNG, P. Is There a Price Premium for Local Food? The Case of the Fresh Lettuce Market in Hawaii. **Agricultural and Resource Economics Review**, v.44, p.110-123. 2015.