

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

Renan Sant’Anna Madeira

**DOSES DE *Pseudomonas fluorescens* EM SISTEMA HIDROPÔNICO NA
NUTRIÇÃO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DO ESPINAFRE**

**Ilha Solteira - SP
2024**

RENAN SANT'ANNA MADEIRA

**DOSES DE *PSEUDOMONAS FLUORESCENS* EM SISTEMA HIDROPÔNICO NA
NUTRIÇÃO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DO ESPINAFRE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada à Faculdade de Engenharia de
Ilha Solteira – UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira
Filho

Orientador

Guilherme Carlos Fernandes

Coorientador

Ilha Solteira - SP
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

M181d Madeira, Renan Sant'Anna.
Doses de pseudomonas fluorescens em sistema hidropônico na nutrição,
produção e qualidade do espinafre / Renan Sant'Anna Madeira. -- Ilha Solteira:
[s.n.], 2024
36 f.

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. Tetragonia tetragonoides . 2. Hortaliças . 3. Hidroponia. 4. Rizobactérias.

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: Doses de *Pseudomonas fluorescens* em sistema hidropônico na nutrição, produção e qualidade do espinafre

ALUNO: Renan Sant'Anna Madeira

RA: 182055124

ORIENTADOR: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Aprovado ☒ - Reprovado () pela Comissão Examinadora com Nota: 10

Comissão Examinadora:

Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

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

Angélica Cristina Fernandes Deus

Profa. Dra. Angélica Cristina Fernandes Deus

Carlos Eduardo da Silva Oliveira

Prof. Dr. Carlos Eduardo da Silva Oliveira

Renan S. Madeira

Renan Sant'Anna Madeira

Ilha Solteira, 24 de junho de 2024.

AGRADECIMENTOS

À minha família, por sempre estar comigo em todos os momentos, me apoiando e incentivando para que eu alcance meus sonhos e objetivos.

À minha namorada, Beatriz Silvério, por me apoiar e por estar comigo nos momentos difíceis da minha graduação, por me fazer crescer como pessoa e como profissional.

À República Taiada que em 6 anos me acolheu, trazendo bons momentos, aprendizados e membros que fizeram toda a diferença em meu crescimento e nesse período de graduação.

Aos meus amigos de graduação que fiz em Ilha Solteira, que com certeza agregaram muito nos momentos bons e nos momentos difíceis.

Ao Prof. Dr Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, que me orientou e trouxe diversos ensinamentos para minha vida acadêmica e profissional, confiando no meu potencial para conduzir experimentos na hidroponia.

Ao Marcelo Rinaldi da Silva, Guilherme Carlos Fernandes e todos os colegas do grupo de Nutrição de Plantas que me auxiliaram na produção deste trabalho, dos experimentos, pelos conhecimentos e pelo dia a dia no laboratório e campo.

À Deus, por sempre estar comigo e guiando meus passos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de pesquisa (PIBIC – CNPq).

RESUMO

Diversas pesquisas reportam os múltiplos mecanismos de ação e benefícios das bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) para agricultura, porém ainda são poucas as pesquisas em sistema hidropônico. Faltam pesquisas sobre a utilização de BPCPs em sistema hidropônico, não se sabe o efeito ou mesmo a melhor dose de inoculante contendo *Pseudomonas fluorescens* que poderá propiciar o maior benefício ao cultivo do espinafre. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi analisar o efeito de doses de inoculante de *Pseudomonas fluorescens*, aplicado na solução nutritiva em sistema hidropônico Nutrient Film Technique (NFT), sobre a nutrição, produtividade e qualidade de espinafre, além de verificar o acúmulo de nitrato no final do ciclo desta hortaliça. O experimento foi realizado em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições e os tratamentos foram: inoculação com *P. fluorescens* estirpe CCTB03 (garantia de 2×10^8 UFC mL⁻¹), nas doses de 0; 8; 16; 32 e 64 mL do inoculante líquido para cada 100 litros de solução nutritiva. O inoculante foi aplicado na solução nutritiva na ocasião do transplântio das mudas de espinafre cultivar Maori, onde cada bancada recebeu uma dose de inoculante. Foi utilizada para todos os tratamentos uma solução nutritiva com todos os nutrientes do transplântio ao final do ciclo da hortaliça. A dose do inoculante de 16 mL 100 L⁻¹ proporcionou a maior massa fresca e comprimento da parte aérea, trazendo maior produtividade e consequentemente maior rentabilidade ao produtor por ser a parte comercial. No momento da colheita, as doses de 8 e 16 mL de *P. fluorescens* foram as que mais aumentaram o acúmulo de macronutrientes e foram mais eficazes na eficiência de utilização de todos os nutrientes. Por outro lado, a dose de 32 mL de *P. fluorescens* diminuiu o acúmulo de nitrato na parte aérea do espinafre. Portanto a inoculação de *P. fluorescens* nas doses de 8 e 16 mL 100 L⁻¹ é a mais indicada por proporcionar maior produtividade de espinafre no cultivo hidropônico.

Palavras-chave: *Tetragonia tetragonoides*; hortaliças; hidroponia; rizobactérias.

ABSTRACT

Numerous studies report the multiple mechanisms of action and benefits of plant growth-promoting bacteria (PGPB) for agriculture,6 however, there are still few studies in hydroponic systems. There is a lack of studies on the use of PGPB in hydroponic systems and the effects or even the optimal dose of inoculant containing *Pseudomonas fluorescens* that could provide the greatest benefit to spinach cultivation are unknown. Therefore, the objective of this research was to analyze the effect of different doses of *Pseudomonas fluorescens* inoculant, applied to the nutrient solution in a hydroponic NFT (Nutrient Film Technique) system, on the nutrition, productivity, and quality of spinach, as well to examine the nitrate accumulation at the end of this vegetable's cycle. The experiment was designed as a randomized block design with four replicates, and the treatments were: inoculation with *P. fluorescens* strain CCTB03 (guaranteed 2×10^8 CFU mL⁻¹), at doses of 0; 8; 16; 32, and 64 mL of the liquid inoculant per 100 liters of nutrient solution. The inoculant was applied to the nutrient solution at the time of transplanting the spinach seedlings, of the Maori cultivar, with each bench receiving the inoculant treatment. A nutrient solution containing all necessary nutrients was used for all treatments from transplanting to the end of the vegetable's cycle. The dose of 16 mL 100 L⁻¹ resulted in the highest fresh mass and shoot length, which translates to higher productivity and consequently greater profitability for the grower, as this is the commercial part. At harvest, the doses of 8 and 16 mL of *P. fluorescens* significantly increased the accumulation of macronutrients and were more effective in use of all nutrients. On the other hand, the dose of 32 mL of *P. fluorescens* reduced nitrate accumulation in the spinach shoots. Therefore, the inoculation of *P. fluorescens* at a dose of 8 and 16 mL 100 L⁻¹ is the most recommended for achieving higher spinach productivity in hydroponic cultivation.

Keywords: *Tetragonia tetragonoides*; vegetables; hydroponics; rizobacteria.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Correção do pH e reposição condutividade elétrica (CE) em sistema hidropônico NFT no tratamento controle (A), com a inoculação de <i>Pseudomonas fluorescens</i> via solução nutritiva na dose 8 mL 100 L ⁻¹ (B) 16 mL 100 L ⁻¹ (C), 32 mL 100L ⁻¹ (D), 64 mL 100 L ⁻¹ (E).....	20
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA) e das raízes (MFR) de espinafre em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.....22

Tabela 2 - Comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) de espinafre em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.....23

Tabela 3 - Massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) de espinafre em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.....23

Tabela 4 - Produtividade do espinafre aos 30 dias após o transplântio em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.....24

Tabela 5 - Acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na parte aérea do espinafre aos 30 dias após o transplântio em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.....25

Tabela 6 - Acúmulos de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) na parte aérea do espinafre aos 30 dias após o transplântio em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.....26

Tabela 7 - Acúmulos de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) na parte aérea da planta de espinafre em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.....26

Tabela 8- Acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na raiz do espinafre aos 30 dias após o transplântio em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.....27

Tabela 9 - Acúmulos de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) na raiz do espinafre aos 30 dias após o transplântio em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.....28

Tabela 10 - Eficiência da utilização dos nutrientes para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na planta de espinafre aos 30 dias após o transplântio em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*...29

Tabela 11 - Eficiência da utilização dos nutrientes para boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) na planta de espinafre aos 30 dias após o transplântio em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.....29

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	A CULTURA DO ESPINAFRE.....	16
2.2	CULTIVO HIDROPÔNICO.....	17
2.3	BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS.....	17
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO CULTIVO.....	19
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	20
3.3	AVALIAÇÕES.....	20
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	21
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1	CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO ESPINAFRE HIDROPÔNICO EM RESPOSTA A DOSES DE <i>P. FLUORESCENS</i>	22
4.2	ACÚMULOS DE NUTRIENTES NA PARTE AÉREA DE ESPINAFRE HIDROPÔNICO EM RESPOSTA A DOSES DE <i>P. FLUORESCENS</i>	24
4.3	ACÚMULOS DE NUTRIENTES NA RAIZ DO ESPINAFRE HIDROPÔNICO EM RESPOSTA A DOSES DE <i>P. FLUORESCENS</i>	27 28
4.4.	EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES.....	
5.	CONCLUSÃO.....	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

O cultivo em hidroponia do tipo Nutrient Film Technique (NFT) entrou em processo de expansão no Brasil na década de 90, despertando interesse por ter maior produtividade, redução no uso de defensivos agrícolas e menor uso de água e de fertilizantes (MARTINS, 2009). Além de possuir mais aceitabilidade pelos produtores em relação aos outros tipos de cultivo em ambiente protegido por ser um sistema mais versátil, possuindo um maior controle em relação disponibilidade sais minerais e nutrientes, possibilitando o seu cultivo em qualquer época do ano, favorecendo a produção de hortaliças folhosas como o espinafre (ANDRIOLO, 2017). Assim, as pesquisas buscam maneiras de melhorar a eficiência na absorção dos nutrientes pelas plantas para garantir uma produção agrícola rentável (PANTANO et al., 2016).

No cultivo em solo, a associação com bactérias promotoras de crescimento de plantas tem mostrado resultados benéficos como maior produtividade, tolerância a patógenos, resistência a estresse e também diminuição na quantidade de adubo necessário devido a maior eficiência na absorção de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo (MARIANO, 2004)

As bactérias promotoras de crescimento de planta (BPCPs) apresentam múltiplos mecanismos de atuação no crescimento de plantas, como a produção e secreção de fitormônios como o (ácido indol-3-acético (AIA), citocininas, giberelinas e etileno); e reguladores de crescimento de plantas (ácido abscísico, óxido nítrico e de poliaminas como espermidina, espermina); aumento na disponibilidade de nutrientes, solubilização do fosfato, na atividade da redutase do nitrato e na eficiência de uso do nitrogênio (N); biocontrole de fitopatógenos e doenças; proteção das plantas contra estresse salino e elementos tóxicos do solo; além de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) (TEIXEIRA FILHO; GALINDO, 2019).

Dentre as BPCPs, a *Pseudomonas fluorescens* é uma das mais promissoras, devido suas características de rápido crescimento, simples requisitos nutricionais, alta mobilidade e capacidade de utilizar diversos substratos orgânicos, são rizobactérias gram-negativas, aeróbicas, que colonizam profundamente a superfície da raiz, e são capazes de colonizar e persistir na rizosfera por longo ciclo (DORJEY; DORKAI; SHARMA, 2017).

Todavia, ainda são poucas as pesquisas sobre a utilização de BPCPs em sistema hidropônico, e não se sabe o efeito ou mesmo a melhor dose de inoculante

contendo *Pseudomonas fluorencens* que poderá propiciar o maior benefício ao cultivo do espinafre. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi analisar o efeito de doses de inoculante de *Pseudomonas fluorencens* de forma isolada, aplicada na solução nutritiva em sistema hidropônico NFT, sobre a nutrição, produtividade e qualidade de espinafre, além de verificar o acúmulo de nitrato no final do ciclo desta hortaliça.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do espinafre

O espinafre é uma planta herbácea, de hábito rasteiro, com um caule principal, ereto e curto, da base do qual surgem seis ou mais ramos laterais, radiais, que crescem horizontalmente, e as folhas são de coloração verde-escura, com tamanho menor em relação ao espinafre verdadeiro. É cultivado o ano todo, em ampla faixa termo-climática, produzindo melhor em temperaturas cálidas ou amenas, não sendo recomendada para invernos frios de regiões de altitude. A propagação do espinafre é feita em bandejas, e, quando as mudas apresentam de quatro a cinco folhas, devem ser transplantadas para o local definitivo (FILGUEIRA, 2000).

O consumo do espinafre está diretamente ligado à sua importância nutricional oferecido ao ser humano, por ser uma fonte de minerais como ferro e magnésio, assim como fonte de vitaminas C, E e K (JOVANOVSKI, 2015). O espinafre possui alta quantidade de nitrato acumulado em sua composição, que em quantidades controladas pode ser benéfico para a resistência muscular (LARSEN, 2011).

As folhas do espinafre podem ser processadas em enlatados ou congelados, in natura (saladas), e podem ser utilizadas em diversas receitas como recheio de massas, tortas e assados, e por ser uma espécie folhosa tem uma durabilidade para consumo muito baixa, podendo ser mantido por no máximo 5 dias sob refrigeração (LIEBMAN, 2009).

No Brasil a espécie mais cultivada de espinafre é a *Tetragonia tetragonoides*, também conhecida por espinafre da Nova Zelândia, que se adapta melhor em países de climas quentes e em época de florescimento nessas condições tendem a manter os seus valores nutritivos, diferentemente do espinafre verdadeiro *Spinacea oleracea*, que tem o seu cultivo em países de clima frio (JAWORSKA, 2005).

As hortaliças, em geral, são sensíveis às condições climáticas, incluindo temperatura, umidade relativa, intensidade luminosa e disponibilidade hídrica, fatores que são críticos para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo dessas plantas. Essas variações comprometem a qualidade e a produtividade das culturas, além de aumentar a incidência de doenças e pragas, assim o cultivo em ambiente protegido, como por exemplo o cultivo hidropônico, podem mitigar esses problemas. (CASTILLA, 2013).

2.2 Cultivo hidropônico

A produção de hortaliças em cultivos hidropônicos destaca-se pela qualidade da colheita mais uniforme, ciclo curto, maior produtividade e do melhor uso da água pelas plantas (PAULUS, 2012). A hidroponia surge como uma alternativa para o cultivo de hortaliças no solo, sendo possível fornecer os nutrientes de forma equilibrada para as plantas via solução nutritiva, que favorece o crescimento adequado das plantas, sem a necessidade do contato com o solo (DALASTRA, 2020).

No sistema hidropônico NFT a solução nutritiva é aplicada em uma lâmina de água que escoar pelas canaletas, entrando em contato com as raízes e fornecendo oxigênio, água e nutrientes para as plantas (MARTINS, 2009). A solução com os nutrientes é relacionada à concentração dos íons responsáveis pelo potencial osmótico da solução, sendo medida através da condutividade elétrica (CE) (GONDIN 2010).

Buscando reduzir a quantidade de insumos e obter produtos com melhor qualidade, a utilização de microrganismos pode ser uma alternativa na horticultura, já que as hortaliças são plantas mais sensíveis em relação à disponibilidade hídrica e adubação, isso aliada com a hidroponia que é um método de cultivo protegido tende suprir as demandas dessas culturas obtendo bons resultados durante o ano todo (SOARES, 2007).

2.3 Bactérias promotoras de crescimento de plantas

Novas estratégias de manejo são fundamentais para uma agricultura sustentável, com técnicas que melhoram a eficiência de insumos ou que otimizem a absorção de nutrientes pelas plantas, por exemplo. Nesse sentido, as bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCPs) têm apresentado resultados promissores para maiores produtividades a baixo custo (HUNGRIA, 2011).

A forma de aplicação pode ser via solo, no tratamento de sementes, via pulverização nas folhas e frutos, e na solução nutritiva no caso do cultivo hidropônico, já que as bactérias podem promover a produção de fitohormônios, desenvolvimento radicular, aumento da eficiência fotossintética e o melhoram a eficiência de absorção do nitrogênio (GALINDO, 2016).

Dentre as bactérias promotoras de crescimento está a *Pseudomonas spp*, que possui rápido crescimento e com boa colonização na rizosfera (SANTOYO, 2012), além de ser capaz de atuar na proteção contra patógenos (SANTOS, 2010). Essas

bactérias possuem a capacidade de promover o crescimento da parte aérea e do sistema radicular, o que permite explorar melhor os nutrientes no solo, assim como favorecer a solubilização de fosfatos naturais, aumentando a eficiência das fontes solúveis (NAIMAN, 2009).

Kalantari (2018) observou que *Pseudomonas fluorescens* no solo aumentaram a massa seca da parte aérea e da raiz do espinafre em comparação ao tratamento controle sem bactéria, assim como o aumentou a absorção de nitrogênio pela planta.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização do cultivo

O experimento com doses de *P. fluorescens* em cultivo de espinafre hidropônico NFT foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Campus Ilha Solteira, em casa de vegetação com tela de sombreamento de 30%, com altitude de 376 m. O experimento foi instalado no dia 08 de outubro de 2023 e colhido no dia 07 de novembro de 2023, com temperatura média de 27,6 °C, e umidade relativa do ar média de 75,4% nesse período.

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, os tratamentos foram compostos pela inoculação com *Pseudomonas fluorescens* estirpe CCTB03 (garantia de 2×10^8 UFC mL⁻¹), nas doses de 0; 8; 16; 32 e 64 mL do inoculante líquido para cada 100 litros de solução nutritiva.

A dose de inoculante da bactéria em estudo foi definida com base na literatura e em trabalhos prévios. No experimento, foi aplicado o inoculante na solução nutritiva na ocasião do transplântio das mudas de espinafre. Cada bancada recebeu um tratamento, ou seja, as unidades experimentais foram instaladas em bancadas individuais, com 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, totalizando 21 plantas por canal. A bancada contém 6 canais de cultivo espaçados em 20 centímetros, com sistema de bombeamento individual, e um reservatório de 310 litros, a vazão utilizada foi de 1 L por minuto e o período de exposição da solução nutritiva com fluxo contínuo.

O cultivar de espinafre utilizado foi o Maori, com características de alto perfilhamento, tolerante a doenças de solo, folhas grandes de coloração verde médio, formato periforme e com ciclo precoce (ciclo médio de 60 dias). Foi utilizada a solução nutritiva composta pelos fertilizantes concentrados Hidrogood Fert Nacional na dose de (0,666 g L⁻¹) em todas as fases de desenvolvimento da cultura, a qual contém as seguintes concentrações de nutrientes em (%): 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;

utilizando também o Nitrato de Cálcio na dose de (0,495 g L⁻¹) com as seguintes concentrações de nutrientes em (%): 15,5 de N e 26,5 de Ca; também o Hidrogood Fert Ferro EDDHA na dose de (0,030 g L⁻¹) com as seguintes concentração de nutriente em (%): 6 de Fe.

Aferição e correção de condutividade e pH (manutenção no pH 6,0) foi observada todas as noites, nesta ocasião a condutividade pontual foi observada e procedida a reposição da solução nutritiva (Figura 1). Foi avaliada a quantidade de água e nutrientes a serem repostos diariamente nas soluções nutritivas de cada tratamento, para averiguar a eficiência do uso dos nutrientes e da água pelas plantas em função dos tratamentos. Na implantação do experimento a condutividade foi regulada para 1200 $\mu\text{S cm}^{-1}$, aos 11 DAT a condutividade foi reajustada e mantida em 1500 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Aos 21 DAT a condutividade foi reajustada e mantida até o fim do experimento em 1900 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

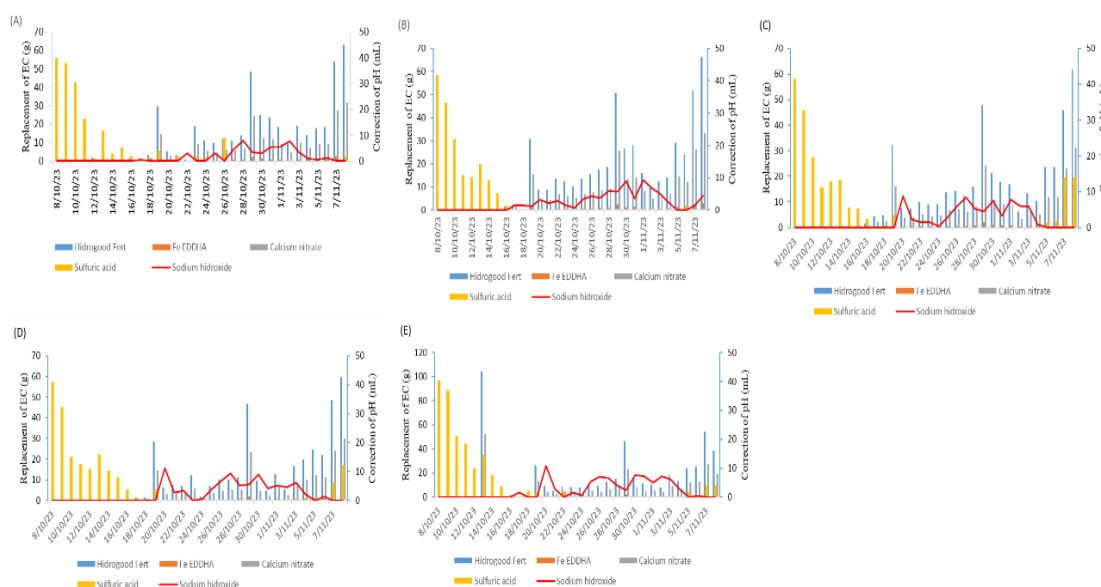


Figura 1 – Correção do pH e reposição condutividade elétrica (CE) em sistema hidropônico NFT no tratamento controle (A), com a inoculação de *Pseudomonas fluorescens* via solução nutritiva na dose 8 mL 100 L⁻¹ (B) 16 mL 100 L⁻¹ (C), 32 mL 100L⁻¹ (D) e 64 mL 100 L⁻¹ (E).

3.3 Avaliações

As coletas foram realizadas aos 10, 20 e 30 dias após o transplante (DAT), em cada uma das ocasiões foram avaliadas a massa fresca (g), número de folhas e o comprimento (cm) do sistema radicular e da parte aérea de 12 plantas de espinafre.

No momento da colheita foi calculada a produtividade, baseada na população de plantas de 19,5 plantas m⁻² na seguinte equação I:

$$I. \quad Prod = MFF * PP$$

Prod: produtividade (kg m⁻²)

MFF: massa fresca das folhas (kg planta⁻¹)

PP: população de plantas (plantas m⁻²)

Em seguida o material foi seco em estufa de ventilação de ar forçado a 60 °C por 72 horas, para obter as massas secas do sistema radicular, da parte aérea e total.

Após a secagem, pesagem e moagem dos materiais vegetais em moinho tipo Wiley, foram determinados de acordo com metodologia de Malavolta et al. (1997), as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea e raízes do espinafre. A determinação da concentração de nitrato das folhas foi realizada conforme metodologia descrita por Cataldo et al. (1975).

O acúmulo de nutrientes da parte aérea e da raiz das plantas foram calculados com base na produtividade das massas seca (PMS) e na concentração dos nutrientes na biomassa da planta (CN), sendo calculado conforme a equação II:

$$II. \quad AC = PMS * CN$$

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)

A eficiência de utilização de nutrientes (EUN) para cada tratamento foi calculada pela expressão: $EUN = (massa\ seca\ total\ da\ planta)^2 / (acúmulo\ total\ do\ nutriente\ na\ planta)$; em (g de MS)² / g do nutriente total acumulado/m² (SIDDIQI; GLASS, 1981).

3.4 Análise estatística

Os resultados foram avaliados pela análise de variância (teste F) e teste Tukey (p ≤ 0,05) para comparação das médias das inoculações. Para isso, foi utilizado o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Crescimento e produtividade do espinafre hidropônico em resposta a doses de *P. fluorescens*

Verificou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) das doses de *Pseudomonas fluorescens* sobre as massas frescas da parte aérea e da raiz das plantas de espinafre aos 10 e 30 DAT, e aos 20 DAT não houve efeito significativo para as duas variáveis (Tabela 1). Aos 10 DAT as doses de 8 e 64 mL proporcionaram a maior média para o número de folhas e massa fresca da parte aérea, no entanto, não diferiram significativamente do controle. Aos 20 DAT e 30 DAT não houve diferença significativa entre os tratamentos. Por outro lado, aos 30 DAT a inoculação nas doses de 8 e 16 mL de *P. fluorescens* propiciou maior massa fresca da parte aérea, mas sem diferir significativamente do controle. Aos 10 DAT, a maior massa fresca da raiz foi obtida com a dose de 32 mL do inoculante, diferindo apenas da dose de 64 mL, porém, aos 30 DAT a dose de 8 e 16 mL proporcionaram aumento de 30,5 e 40,5% na MFR em comparação ao controle, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA) e das raízes (MFR) de espinafre em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.

Doses (ml 100 L ⁻¹)	10 DAT			20 DAT			30DAT		
	NF	MFPA	MFR	NF	MFPA	MFR	NF	MFPA	MFR
		(g)	(g)		(g)	(g)		(g)	(g)
0	117a	25,09a	3,21ab	215a	126a	11,43a	141a	234ab	19,30b
8	107ab	21,66ab	3,01ab	196a	125a	10,70a	127a	270a	25,20a
16	96bc	16,66b	3,34ab	194a	134a	9,30a	134a	274a	27,13a
32	80c	15,87b	4,53a	184a	120a	9,76a	125a	209b	19,66b
64	99abc	18,11ab	2,25b	173a	107a	8,80a	132a	238b	23,26ab
DMS	20,85	7,53	1,61	49,40	35,89	5,44	27,79	53,65	4,60
P valor	0,003**	0,014*	0,014*	0,142	0,202	0,501	0,396	0,014*	0,001**
Média geral	99,95	19,48	3,27	192,8	122,90	10,00	132,13	245,54	22,91
CV (%)	7,39	13,70	17,47	9,08	10,35	19,31	7,46	7,74	7,12

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Notou-se diferença significativa ($p \leq 0,05$) das doses de *P. fluorescens* sobre o comprimento da parte aérea aos 10 e 30 DAT, sendo que aos 10 DAT o tratamento com 8 e 16 mL obtiveram as maiores médias, no entanto não diferiram

significativamente em relação ao controle. Por outro lado, aos 30 DAT, a dose de 16 mL do inoculante promoveu um incremento de 21,5% no comprimento da parte aérea em comparação ao controle. Na segunda avaliação não houve diferença significativa entre as doses. Para o comprimento de raiz não houve efeito significativo entre as doses da BPCP nas 3 avaliações (Tabela 2).

Tabela 2. Comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) de espinafre em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.

Doses (mL 100L ⁻¹)	10 DAT		20 DAT		30 DAT	
	CPA	CR	CPA	CR	CPA	CR
(cm)						
0	10,83a	9,88a	18,66a	13,10a	31,53b	25,76a
8	9,89ab	8,55a	19,43a	10,90a	34,53ab	25,43a
16	9,55ab	7,55a	18,56a	10,66a	38,33a	21,33a
32	9,33b	7,22a	17,90a	11,10a	31,96b	22,86a
64	9,22b	7,44a	18,33a	10,00a	36,76ab	23,13a
DMS	1,32	2,89	4,17	5,76	5,33	5,61
P valor	0,018*	0,062	0,783	0,472	0,008**	0,113
Média geral	9,76	8,13	18,58	11,15	34,62	23,70
CV (%)	4,81	12,60	7,97	18,31	5,47	8,39

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 10 DAT, a massa seca da parte aérea e da raiz manteve-se maior no controle, já aos 30 DAT a dose de 16 mL 100L⁻¹ de *P. fluorescens* proporcionou um aumento de 9,2 e 21,21%, respectivamente na MSPA e MSR em relação ao controle (Tabela 3).

Tabela 3. Massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) de espinafre em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.

Doses (mL 100L ⁻¹)	10 DAT		20 DAT		30 DAT	
	MSPA	MSR	MSPA	MSR	MSPA	MSR
(g)						
0	4,60a	0,91a	19,07a	1,88a	44,19ab	3,75bc
8	4,29ab	0,67ab	18,34a	1,90a	48,27a	4,37ab
16	3,36c	0,57ab	16,57a	1,67a	48,67a	4,76a
32	3,08c	0,44b	15,41a	1,80a	37,40b	3,21c
64	3,75bc	0,43b	15,84a	1,65a	42,24ab	3,88abc
DMS	0,71	0,36	5,72	0,54	7,15	0,88
P valor	0,004*	0,011	0,214	0,423	0,003**	0,002**
Média geral	3,81	0,60	17,05	1,78	44,74	3,99
CV (%)	6,62	21,55	11,90	10,87	5,74	7,84

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a produtividade de massa fresca de espinafre houve diferença significativa entre as doses de *P. fluorescens*. As doses de 8 e 16 mL do inoculante incrementaram a produtividade em 15,57 e 17,32% respectivamente em relação ao controle (Tabela 4).

Tabela 4. Produtividade de massa fresca do espinafre aos 30 DAT em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.

Doses (mL 100L ⁻¹)	30 DAT
	Produtividade (Kg m ⁻²)
0	4,56ab
8	5,27a
16	5,35a
32	4,09b
64	4,64ab
DMS	1,04
P valor	0,014*
Média Geral	4,78
CV(%)	7,74

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento da massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz e do comprimento da parte aérea estão relacionados com a capacidade de *Pseudomonas spp* colonizar o sistema radicular e produzir hormônios vegetais, como AIA (auxina), que promovem o crescimento dos órgãos vegetais (PRASAD, 2017). De acordo com Fallik e Okon (1996) o maior crescimento do sistema radicular favorece a absorção de água e nutrientes, além de aumentar a tolerância ao estresse hídrico.

As *Pseudomonas* são consideradas o grupo mais promissor de rizobactérias no crescimento de plantas envolvendo o controle biológico das doenças em vegetais, além disso, ainda são capazes de produzir metabolitos secundários como antibióticos, fitormônios, compostos voláteis e sideróforos, sendo assim, a habilidade dessas bactérias em promover o crescimento de plantas, está relacionado principalmente pelo fato desse organismo produzir o AIA e outros compostos importantes (SIVASAKTHI, 2014). Isto explica os resultados obtidos na presente pesquisa.

4.2. Acúmulos de nutrientes na parte aérea de espinafre hidropônico em resposta a doses de *P. fluorescens*

Houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) das doses do inoculante sobre os acúmulos de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea da planta de espinafre. Nas doses de 8 e 16 mL, verificou-se maiores acúmulos de nitrogênio, fósforo e magnésio, no entanto, não diferiu estatisticamente em relação ao controle. Para o acúmulo de potássio, a dose de 16 mL foi 16,5% maior que o controle. Para os acúmulos de cálcio e enxofre, o tratamento sem inoculante não diferiu estatisticamente das doses de 8 e 16 mL de *Pseudomonas fluorescens* (Tabela 5).

Tabela 5. Acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na parte aérea do espinafre aos 30 DAT em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.

Doses (mL 100L ⁻¹)	30 DAT					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g m ⁻²)					
0	12,57ab	1,73ab	20,34b	2,75a	1,62ab	0,59a
8	14,78a	1,78a	22,23ab	2,55a	1,79a	0,56a
16	13,97a	1,77a	24,37a	2,66a	1,80a	0,56a
32	10,60b	1,27c	19,51b	1,85b	1,38b	0,46b
64	12,05ab	1,43bc	21,34ab	2,29ab	1,59ab	0,39b
DMS	2,97	0,29	3,64	0,58	0,27	0,08
P valor	0,009**	0,009**	0,013*	0,004**	0,004**	0,000**
Média geral	12,79	1,59	21,56	2,42	1,64	0,51
CV(%)	8,24	6,59	6,00	8,59	5,93	5,70

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os micronutrientes, houve efeito significativo nos acúmulos de boro, manganês e zinco na parte aérea das plantas para as doses de *Pseudomonas fluorescens*. O tratamento controle apresentou maiores acúmulos de boro e manganês em relação as doses do inoculante. Para o acúmulo de zinco, a dose de 16 mL de *P. fluorescens* foi superior em relação as doses 32 e 64 mL do inoculante. Não houve diferença significativa para os acúmulos de cobre e ferro na parte aérea do espinafre (Tabela 6).

Tabela 6. Acúmulos de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) na parte aérea do espinafre aos 30 dias após o transplante em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.

Doses (mL 100L ⁻¹)	30 DAT				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(mg m ⁻²)				
0	11,89a	12,48a	38,84a	73,83a	69,49ab
8	6,17b	8,77a	32,63a	64,96ab	73,64ab
16	5,44bc	8,81a	32,20a	58,25b	75,06a
32	4,29c	10,33a	29,94a	43,80c	54,07c
64	6,89b	11,03a	34,20a	66,85ab	63,59bc
DMS	1,79	3,94	14,27	14,14	11,15
P valor	0,000**	0,052	0,350	0,000**	0,001**
Média geral	6,93	10,28	33,56	61,54	67,17
CV(%)	9,17	13,61	15,08	8,15	5,89

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se diferença significativa nos acúmulos de amônio e nitrato na parte aérea da planta. O controle se diferenciou estatisticamente dos outros tratamentos, tendo uma média maior no acúmulo de amônio. A menor dose de acúmulo de nitrato foi com tratamento de 32 mL do inoculante, diferindo estatisticamente apenas da dose de 16 mL (Tabela 7).

Tabela 7. Acúmulos de amônio (NH₄⁺) e nitrato (NO₃⁻) na parte aérea da planta de espinafre em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.

Doses (mL 100L ⁻¹)	30 DAT	
	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻
	(mg m ⁻²)	
0	338,83a	2430,15ab
8	176,92c	2652,91ab
16	292,36b	3067,56a
32	264,46b	2064,75b
64	191,82c	2636,18ab
DMS	44,70	911,65
P valor	0,000**	0,050*
Média geral	252,88	2570,31
CV(%)	6,27	12,57

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores acúmulos de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio foram nas doses de 8 e 16 mL de *Pseudomonas fluorescens*, mostrando efeitos positivos com a inoculação dessa BPCP (Tabela 4). Esse resultado pode estar ligado ao maior

crescimento das raízes, o que leva uma maior absorção de nutrientes e consequente maior acúmulo pela planta. *Pseudomonas fluorescens* pode melhorar a absorção de fósforo por atuar na solubilização do fosfato (SIVASAKTHI, 2014). Além disso, algumas estirpes de *Pseudomonas* tem se destacado como fixadoras de nitrogênio, aumentando a eficiência produtiva e consequentemente reduzindo o consumo de fertilizantes (LI, 2017).

O acúmulo de nitrato na parte aérea foi reduzido na dose de 32 mL do inoculante (Tabela 7). O aumento da atividade da enzima nitrato redutase nas folhas podem explicar a menor concentração de NO_3^- nas plantas, reduzindo o nitrato para nitrito (YONEYAMA; SUZUKI, 2019). BPCPs proporcionaram redução no acúmulo de nitrato na parte aérea e nas raízes de rúcula hidropônica (OLIVEIRA, 2022). Altos teores de NO_3^- na parte aérea das plantas de hortaliças está associado ao aumento do amargor das folhas, que torna menos atrativa para seu consumo *in natura* (MOREIRA, 2022).

4.3. Acúmulos de nutrientes na raiz do espinafre hidropônico em resposta a doses de *P. fluorescens*

Verificou-se diferença significativa entre os tratamentos com *P. fluorescens* para os acúmulos de nitrogênio, potássio, magnésio e enxofre na raiz da planta. O maior acúmulo de N na raiz foi nas doses de 8 e 16 mL que apresentaram médias iguais, diferindo apenas da dose de 32 mL. Os maiores acúmulos de K e Mg foi com 16 mL do inoculante diferindo-se da dose 32 mL. Em relação ao S, as doses de 8 e 16 mL não se diferiram significativamente do controle, diferindo-se estatisticamente de 32 e 64 mL do inoculante. Para os acúmulos fósforo e cálcio nas raízes não houve diferença significativa (Tabela 8).

Tabela 8. Acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na raiz do espinafre aos 30 dias após o transplante em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.

Doses (mL 100L ⁻¹)	30 DAT					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g m ⁻²)					
0	0,99ab	0,14a	0,54ab	0,18a	0,15bc	0,13a
8	1,07a	0,17a	0,60ab	0,21a	0,18ab	0,11a
16	1,07a	0,16a	0,66a	0,23a	0,19a	0,11a
32	0,77b	0,12a	0,49b	0,16a	0,13c	0,08b
64	0,83ab	0,13a	0,52ab	0,22a	0,15abc	0,09b
DMS	0,30	0,05	0,15	0,08	0,04	0,02
P valor	0,023*	0,049*	0,037*	0,123	0,004**	0,000**
Média geral	0,95	0,14	0,56	0,20	0,16	0,10
CV(%)	11,44	12,76	9,94	14,45	8,94	7,61

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Notou-se diferença significativa das doses do inoculante para os acúmulos de boro, cobre, ferro, manganês e zinco na raiz da planta de espinafre. No acúmulo de boro, as doses de 8 e 16 mL do inoculante se diferenciaram estatisticamente das demais doses. Na dose de 16 mL de *P. fluorescens* constatou-se maiores acúmulos de ferro e zinco, sendo 20,4% e 20,8% superiores ao controle. Em relação ao acúmulo de cobre na raiz do espinafre, a dose de 8 mL apresentou a maior média, não diferindo-se estatisticamente do controle. A maior média de acúmulo de Mn foi com a dose de 16 mL, diferindo-se apenas da dose de 32 mL (Tabela 9).

Tabela 9. Acúmulos de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) na raiz do espinafre aos 30 dias após o transplante em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.

Doses (mL 100L ⁻¹)	30 DAT				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(mg m ⁻²)				
0	0,96b	9,94a	62,05bc	1,85ab	6,17bc
8	1,36a	8,78ab	70,20ab	1,95a	7,09ab
16	1,41a	7,01b	77,96a	2,25a	7,80a
32	0,92b	6,98b	52,22c	1,52b	5,22c
64	0,95b	6,79b	63,49abc	2,23a	6,35abc
DMS	0,19	2,26	14,66	0,42	1,45
P valor	0,000**	0,004**	0,003**	0,001**	0,002**
Média geral	1,12	7,90	65,18	1,96	6,52
CV(%)	6,24	10,16	7,97	7,60	7,92

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.4. Eficiência de utilização de nutrientes

A dose de 16 mL do inoculante obteve as maiores médias na eficiência de fósforo e enxofre diferindo estatisticamente do controle. No acúmulo de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio as doses de 8 e 16 mL não diferiram estatisticamente em relação ao controle (Tabela 10).

Tabela 10. Eficiência da utilização dos nutrientes para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na planta de espinafre aos 30 dias após o transplântio em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.

Doses (ml 100L ⁻¹)	30 DAT					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g ² g ⁻¹)					
0	170a	1227bc	110ab	799a	1291ab	3206b
8	175a	1414ab	121a	1002a	1402a	4124ab
16	190a	1474a	114a	1001a	1427a	4255a
32	145a	1184bc	82c	819a	1090c	3414ab
64	165a	1355abc	97bc	850a	1215bc	3822ab
DMS	51,99	201,53	15,92	364,17	183,72	1042,47
P valor	0,144	0,004*	0,002**	0,224	0,001**	0,034*
Média geral	169,41	1331,33	105,10	894,50	1285,62	3764
CV(%)	10,88	5,36	5,37	14,43	5,06	9,81

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação a eficiência da utilização dos micronutrientes, as doses de 8, 16 e 32 mL do inoculante apresentaram maiores médias de boro e manganês em relação ao controle. Na eficiência da utilização de cobre, as melhores doses foram 8 e 16 mL. Não houve diferença significativa entre o controle e as doses do inoculante para ferro e zinco (Tabela 11).

Tabela 11. Eficiência da utilização dos nutrientes para boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) na planta de espinafre aos 30 dias após o transplântio em função da inoculação com *Pseudomonas fluorescens*.

Doses (mL 100L ⁻¹)	30 DAT				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(g ² g ⁻¹)				
0	180c	103c	22ab	30c	30ab
8	368ab	158ab	26a	41ab	34a
16	422a	181a	26a	47a	34a
32	319ab	95c	20b	36ab	27b
64	272bc	119bc	21ab	30c	30ab
DMS	121,92	43,29	5,80	12,26	14,71
P valor	0,001**	0,000**	0,016*	0,005**	0,005**
Média geral	312,56	131	23,57	37,43	31,48
CV(%)	13,82	11,65	8,73	11,61	5,31

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento nos acúmulos de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn com doses de *Pseudomonas fluorescens* nas raízes do espinafre estão relacionados ao maior crescimento das raízes, aumentando a área de contato para absorção de água e nutrientes. Além disso, as *Pseudomonas* são capazes de produzir sideróforos, que são metabólitos secundários com ação quelatizante, tendo a função de se ligar ao Fe^{+3} , em condições de baixa disponibilidade de ferro, aumentando sua disponibilidade para planta (GLASAUER, 2022).

5 CONCLUSÃO

As doses de 8 e 16 mL do inoculante de *Pseudomonas fluorescens* para 100 L de solução de nutritiva proporcionaram aumento de 15,3% e 17%, respectivamente na massa fresca. A dose de 16 mL promoveu aumento de 21,5% no comprimento da parte aérea da planta de espinafre na ocasião da colheita, assim como a maior produtividade de massa fresca desta hortaliça.

Os maiores acúmulos de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e zinco na parte aérea foram entre as doses de 8 e 16 mL do inoculante, assim como a eficiência da utilização de todos os nutrientes para a planta do espinafre. A dose de 32 mL de *Pseudomonas fluorescens* diminuiu em 15% o acúmulo de nitrato na parte aérea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLO, J. L.; **Olericultura geral**. 3 ed. Santa Maria, RS: Ed. Da UFSM. p. 46-47, 2017.

CASTILLA, N.; HERNANDEZ, J. Greenhouse technological packages for high-quality crop production. In: **XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Advances in Environmental Control, Automation 761**. p. 285-297, 2006.

CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.6, n.1, p.71-80, 1975.

DALASTRA, C.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; VARGAS, P. F. Periodicity of exposure of hydroponic lettuce plants to nutrient solution. **Revista Caatinga**, v. 33, n.1, p. 81-89, 2020

DORJEY S.; DOLKAR, D.; SHARMA, R. Plant Growth Promoting Rhizobacteria *Pseudomonas*: A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Science**, v. 6, n.7, p. 1335-1344. 2017.

FALLIK, E.; OKON, Y. Inoculants of *Azospirillum brasilense*: biomass production, survival and growth promotion of *Setaria italica* and *Zea mays*. **Soil Biology and Biochemistry**, 28(1), 123-126, 1996.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV.421p, 2000

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**, Viçosa, MG, v. 40, p. 1-18, 2016.

GLASAUER, S. M.; BURFORD, E. P.; GADD, G. M. Transformation of metals and metalloids by microorganisms. *In: Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. London: Elsevier, 2022.

GONDIM, A. R. D. O.; FLORES, M. E. P.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Biosci. Journal**, 894-904, 2010.

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

JAWORSKA, G. Nitrates, nitrites, and oxalates in products of spinach and New Zealand spinach: Effect of technological measures and storage time on the level of nitrates, nitrites, and oxalates in frozen and canned products of spinach and New Zealand spinach. **Food chemistry**, 93(3), 395-401, 2005.

JAWORSKI, E. G. Nitrate reductase assay in intact plant tissues. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v.43, p.1274-1279, 1971.

JOVANOSKI, E.; BOSCO, L.; KHAN, K.; AU-YEUNG, F.; HO, H.; ZURBAU, A.; VUKSAN, V. Effect of spinach, a high dietary nitrate source, on arterial stiffness and related hemodynamic measures: a randomized, controlled trial in healthy adults. **Clinical Nutrition Research**, 4(3), 160, 2015.

KALANTARI, A; ALIASGHARZAD, N; NAJAFI, N. Effects of Two Species of *Pseudomonas* and Nitrogen Levels on Dry Matter, Chlorophyll index and N and Zn Uptake by Spinach Plant. **Applied Soil Research**, v. 6, n. 1, p. 62-72, 2018.

LARSEN, F. J.; SCHIFFER, T. A.; BORNIQUEL, S.; SAHLIN, K.; EKBLOM, B.; LUNDBERG, J. O.; WITZBERG, E. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. **Cell metabolism**, 13(2), 149-159, 2011.

LI, H. B.; SINGH, R. K.; SINGH, P.; SONG, Q. Q.; XING, Y. X.; YANG, L. T.; LI, Y. R. Genetic diversity of nitrogen-fixing and plant growth promoting *Pseudomonas* species isolated from sugarcane rhizosphere. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v.14, n.8, a.1268, 2017.

LIEBMAN, M.; OKOMBO, J. Oxalate content of selected pasta products. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, n. 3, p. 254-256, 2009.

MARIANO, R. D L R.; SILVEIRA, E. B.D.; ASSIS, S. M.P.; GOMES, A.M.A.; NASCIMENTO, A.R.P.; DONATO, V.M.T.S. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 1, p. 89-111, 2004.

MARTINS, C. M.; DE MEDEIROS, J. F.; LOPES, W. D. A. R.; BRAGA, D. F.; DE AMORIM, L. B. Curva de absorção de nutrientes em alface hidropônica. **Revista Caatinga**, 22: 123-128, 2009.

MOREIRA, V. D. A.; OLIVEIRA, C. E. D. S.; JALAL, A.; GATO, I. M. B.; OLIVEIRA, T. J. S. S.; BOLETA, G. H. M.; GIOLO, V. M.; VITÓRIA, L. S.; TAMBURI, K. V.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Inoculation with *Trichoderma harzianum* and *Azospirillum brasilense* increases nutrition and yield of hydroponic lettuce. **Archives of Microbiology**, v. 204, e440, 2022.

NAIMAN, A. D., LATRÓNICO, A. E., SALAMONE, I. E. G. D. Inoculation of Wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: impact on the production and rhizospheric microflora. **European Journal of Soil Biology** 45:44-51

OLIVEIRA, C. E. S.; JALAL, A.; OLIVEIRA, J. R.; TAMBURI, K. V.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Foliar inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Trichoderma harzianum* in

hydroponic arugula improves the productive components and plant nutrition and reduces foliar nitrate. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v.52, e72755, 2022.

PANTANO, G.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. **Química Nova**, v. 39, n. 6, p. 732-740, 2016.

PAULUS, D.; Paulus, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, 59: 110-117, 2012.

PIENIZ, S.; COLPO, E.; OLIVEIRA, V. R.; ESTEFANEL, V.; ANDREAZZA, R. Avaliação in vitro do potencial antioxidante de frutas e hortaliças. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2 p. 552-559, 2009.

PRASAD, A. A.; BABU, S. Compatibility of *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* in growth promotion of groundnut (*Arachis hypogea* L.). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.89, n.2, p.1027-1040, 2017.

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

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

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**, Saharan, v.16, n.9, p.1265-1277, 2014.

SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F.; DUARTE, S.N.; MÉLO, R.F.; JORGE, C.A.; BONFIMSILVA, E.M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v.12, n.1, p.235-248, 2007.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S. Inoculação de bactérias com foco na fixação biológica de nitrogênio e promoção de crescimento vegetal. In: SEVERIANO, E.C.; MORAES, M. F.; PAULA, A. M. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. 1ed. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 2019, v.10, p.577-648.

YONEYAMA, T.; SUZUKI, A. Exploration of nitrate-to-glutamate assimilation in non-photosynthetic roots of higher plants by studies of ¹⁵N-tracing, enzymes involved, reductant supply, and nitrate signaling: A review and synthesis. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v.136, p.245-254, 2019.