

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

CAMILA MIRANDA BUSCHIERI

**DESENVOLVIMENTO, NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE ORA-PRO-
NÓBIS (*Pereskia aculeata*) EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO MINERAL
E INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE
CRESCIMENTO**

**Ilha Solteira
2021**

CAMILA MIRANDA BUSCHIERI

DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE ORA PRO NÓBIS (*Pereskia aculeata*) EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO MINERAL E INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

B977d Buschieri, Camila Miranda.
Desenvolvimento, nutrição e produção de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) em função da adubação mineral e inoculação com bactérias promotoras de crescimento / Camila Miranda Buschieri. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021
41 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2021

Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Inclui bibliografia

1. Adubação com NPK. 2. *Azospirillum brasilense*. 3. *Bacillus subtilis*. 4. *Pseudomonas fluorescens*. 5. PANCS. 6. Hortaliças não Convencionais..

João Josué Barbosa

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Diretor Técnico
CRB 8-5642

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: Desenvolvimento, nutrição e produção de Ora-Pro-Nóbis (*Pereskia aculeata*) em função da adubação mineral e inoculação com bactérias promotoras de crescimento

ALUNO: *Camila Miranda Buschieri*

RA: 151051593

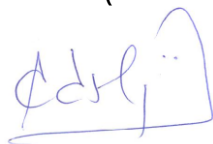
ORIENTADOR: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

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

Comissão Examinadora:



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



Prof. Dr. Edson Lazarini



Me. Carlos Eduardo da Silva Oliveira



Camila Miranda Buschieri

Ilha Solteira, 16 de dezembro de 2021.

DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista à Deus e aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser minha base.

À minha família, em especial à minha mãe Luciana Pereira Miranda e meu padrasto Darley Rovaris da Silva.

Ao meu namorado por todo apoio, Rafael Branze Sousa.

Aos meus amigos, em especial Thaisla Lobo Santana, Rayssa Beatriz Araujo da Silva, Mariana Cristina Barbosa, Camila Maria Vieira da Silva, Paula Arriero Pelozato, Laurize Danielle Araujo da Silva.

Ao grupo de pesquisa ao qual pertenço, em especial Bruno Horschut, Arshad Jalal e Marcelo Reinaldi da Silva.

E ao meu orientador, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, sem o qual nada disso teria sido possível.

RESUMO

A *Pereskia aculeata* Miller, popularmente conhecida como Ora-pro-nóbis é nativa da América do Sul e suas folhas suculentas são uma grande fonte de proteínas (26%) considerada como “carne vegetal”. A hipótese desta pesquisa é que a inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), juntamente com a adubação com NPK possa contribuir para nutrição e desenvolvimento da Ora-pro-nóbis. Posto isso, objetivou-se avaliar o desenvolvimento das plantas e estado nutricional de Ora-pro-nóbis mediante à adubação mineral com NPK e inoculação com BPCPs. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (2x4) com 8 tratamentos e 4 repetições, totalizando 32 vasos de 21,5L cada. O primeiro fator foi constituído por duas adubações minerais (**1-** ausência e **2-** presença NPK), o segundo fator foi constituído por 4 inoculações de bactérias (**1-** Ausência, **2-** *Azospirillum brasilense*, **3-** *Bacillus subtilis*, **4-** *Pseudomonas fluorescens*). As bactérias promotoras de crescimento de plantas testadas influenciaram de forma diferenciada na nutrição de plantas e podem interferir no desenvolvimento da Ora-pro-nóbis, com ou sem a adubação mineral com NPK. A adubação com NPK propicia maior ICF e teores de Fe e Mn nas raízes, sendo estes últimos sem inocular com BPCPs. Os maiores teores foliares de Cu e Zn na folhas são obtidos sem a adubação mineral. A não inoculação promoveu menor matéria seca da parte aérea e das raízes, maior teor de Mn foliar, independentemente da adubação NPK. O *Bacillus subtilis* teve pouca influência na Ora-pro-nóbis, embora tenha proporcionado maiores teores de Ca e Mg nas raízes. A inoculação com *Pseudomonas fluorescens* aliada a ausência de adubação resultou em menor altura de planta, porém favoreceu acúmulo de matéria seca nas raízes e maior teor de S foliar, sob adubação e a inoculação com esta bactéria proporcionou maior teor foliar de K. A inoculação com *Azospirillum brasilense* obteve maiores resultados para Ora-pro-nóbis, pois mesmo na ausência de adubação propiciou maior número de folhas por planta (produto colhido para consumo), massas verde e seca de parte aérea, número de ramos por planta, teor de N foliar (ou seja, maior teor de proteína bruta), teor de Zn foliar, teores de P e Zn nas raízes, além do menor teor de Mn nas folhas.

Palavras-chave: adubação com NPK, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, PANCs, hortaliças não convencionais.

ABSTRACT

Pereskia aculeata Miller, popularly known as ora-pro-nobis is native to South America and its succulent leaves are a great source of protein (26%) considered as “vegetable meat”. The hypothesis of this research is that inoculation with plant growth-promoting bacteria (BPCP) together with fertilization with NPK can contribute to the nutrition and development of ora-pro-nobis. That said, the objective was to evaluate the development of plants and nutritional status of ora-pro-nobis through mineral fertilization with NPK and inoculation with BPCPs. The design used was completely randomized (DIC) in a factorial scheme (2x4) with 8 treatments and 4 replications, totaling 32 pots. The factors of the experiment were constituted by mineral fertilization (1- absence and 2- presence NPK) the second factor was constituted by 4 inoculations of bacteria (1- Absence, 2- *Azospirillum brasilense*, 3- *Bacillus subtilis*, 4- *Pseudomonas fluorescens*). The growth-promoting bacteria of plants tested influenced differently on plant nutrition and may interfere with the development of ora-pro-nobis, with or without mineral fertilization with NPK. Fertilization with NPK provides higher ICF and Fe and Mn contents in the roots, the latter being without inoculation with BPCPs. The highest foliar contents of Cu and Zn in the leaves are obtained without mineral fertilization. Non-inoculation promoted lower shoot and root dry matter content, higher leaf Mn content, regardless of NPK fertilization. *Bacillus subtilis* had little influence on ora-pro-nobis, although it provided higher Ca and Mg contents in the roots. Inoculation with *Pseudomonas fluorescens* combined with the absence of fertilization promoted lower plant height, and in the absence of mineral fertilization, it provided higher root dry matter and leaf S content, while when the fertilization was carried out there was an emphasis on higher leaf K content. Inoculation with *Azospirillum brasilense* had better results for ora-pro-nobis, because even in the absence of fertilization it provided a greater number of leaves per plant (harvested product for consumption), green and dry mass of aerial part, number of branches per plant, leaf N content (ie, higher crude protein content), leaf Zn content, P and Zn content in the roots, in addition to the lower Mn content in the leaves.

Keywords: NPK fertilization, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, PANCS, unconventional vegetables.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Médias e teste F para número de folhas e ramos aos 22, 83 e 131 DAI, altura e diâmetro do caule ($\emptyset$) aos 83 e 131 DAI de ora-pro-nóbis em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.....	18
Tabela 2	- Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para número de ramos aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.....	19
Tabela 3	- Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para diâmetro do caule aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.....	20
Tabela 4	- Médias e teste F para matéria verde (MV) e matéria seca (MS) aos 83 e 131 DAI, teor de clorofila, massa seca de raiz (MSR) e volume de raiz (VR) de Ora-pro-nóbis em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.....	21
Tabela 5	- Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para matéria verde aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.....	22
Tabela 6	- Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para massa seca de raiz aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.....	22
Tabela 7	- Médias e teste F para teor de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas de ora-pro-nóbis aos 83 dias após a implantação do experimento em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.....	23
Tabela 8	- Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor foliar de P em ora-pro-nóbis aos 83 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.....	24
Tabela 9	- Médias e teste F para teores de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas de ora-pro-nóbis aos 83 dias após a implantação do experimento em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.....	25
Tabela 10	- Médias e teste F para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas de ora-pro-nóbis aos 131 dias após a implantação do experimento em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.....	26
Tabela 11	- Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor foliar de S em ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.....	27
Tabela 12	- Médias e teste F para os teores de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas de ora-pro-nóbis aos 131 dias após a implantação do experimento em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.....	27
Tabela 13	- Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor foliar de B em ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.....	28

Tabela 14	- Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor foliar de Mn em ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.....	29
Tabela 15	- Médias e teste F para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas raízes de ora-pro-nóbis aos 131 dias após a implantação do experimento em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.....	29
Tabela 16	- Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor de P nas raízes de ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.....	30
Tabela 17	- Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor de K nas raízes de ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.....	31
Tabela 18	- Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor de Ca nas raízes de ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.....	31
Tabela 19	- Médias e teste F para os teores de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas raízes de ora-pro-nóbis aos 131 dias após a implantação do experimento em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.....	32
Tabela 20	- Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor de Fe nas raízes de ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.....	32
Tabela 21	- Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor de Zn nas raízes de ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.....	33

SUMÁRIO

1. 1 INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Ora-pro-nóbis	11
2.2 Adubação mineral com Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K)	12
2.3 Bactéria promotoras do crescimento de plantas (BPCP).....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÕES	34
6. REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

Pereskia aculeata Miller, popularmente conhecida como Ora-pro-nóbis (OPN), é um tipo de cacto brasileiro. Pertence à família Cactaceae e subfamília Pereskioideae, é nativa da América do Sul e adaptada apenas a baixas altitudes (PINTO *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2017). Suas folhas suculentas são uma grande fonte de proteínas (26%) considerada como “carne vegetal”, sendo superior a outras espécies vegetais habitualmente utilizadas na alimentação, e também apresenta teores importantes de minerais, fibra alimentar, vitaminas A e C, além do ácido fólico (SOUZA *et al.*, 2016).

É uma espécie considerada do grupo das plantas alimentícias não convencionais (PANC) e se destaca por ser rica em substâncias nutritivas e antioxidantes (QUEIROZ *et al.*, 2015). Devido às suas características benéficas, o consumo de *P. aculeata* pode melhorar o estado nutricional da população com menor renda por estarem disponíveis e baixo valor de mercado. Além disso, a OPN pode se tornar fonte de renda para pequenos agricultores rurais em diferentes regiões do Brasil (ALMEIDA; CORRÊA, 2012).

A escassez de informações técnicas relacionadas à cultura faz com que haja pouca exploração comercial desta planta. Diante disso, pesquisas e novas tecnologias são necessárias para estabelecer um adequado sistema de cultivo, particularmente em relação à nutrição das plantas. A adequada nutrição de Ora-pro-nóbis não se restringe apenas à obtenção de maiores produtividades, mas também para garantir alimento de qualidade.

A nutrição adequada é vital para a produção qualquer espécie vegetal. No entanto, de acordo com Khatounian (1994), *P. aculeata* é pouco exigente em fertilidade do solo, apesar de seu alto teor de proteína foliar (ALMEIDA *et al.*, 2014). Quantidade e qualidade da folha são os principais requisitos para hortaliças de folha, como a Ora-pro-nóbis, e com isso se faz necessária a adequada adubação da cultura (OLIVEIRA *et al.*, 2013), a qual é determinante para a obtenção de produtividades satisfatórias.

Com relação à qualidade e quantidade de *P. aculeata*, Kathounian (1994) relatou que, embora a espécie possa ser cultivada em diferentes tipos de solo, desde que seja bem drenado, o rendimento é maior em solo com maior fertilidade ou adubado, com maior quantidade de folhas tenras. A Ora-pro-nóbis possui

características favoráveis ao seu cultivo, como o fato de ser uma planta rústica, vigorosa e de fácil propagação (TOFFANELLI; RESENDE, 2011).

O método de propagação por estaquia é o que apresenta maior eficiência para o cultivo da Ora-pro-nóbis, encurtando o ciclo de produção. No entanto, o potencial de enraizamento, bem como a qualidade e a quantidade de raízes nas estacas, pode variar com as condições ambientais, condições internas da própria planta (KARAMI; SALEHI, 2010), ou até mesmo com a adição de bactérias promotoras de crescimento.

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) são microrganismos, de diferentes espécies, capazes de promover o desenvolvimento das plantas por meio de diferentes mecanismos biológicos. Estes microrganismos benéficos podem melhorar o desempenho de plantas sob condições de estresse e, até mesmo aumentar a produtividade das culturas (SANTOS *et al.*, 2014), por proporcionarem uma maior absorção de água e nutrientes em função de múltiplos mecanismos de ação, como a síntese de fitormônios e solubilização de nutrientes disponíveis no solo.

A hipótese desta pesquisa é que a inoculação com BPCP possa contribuir para nutrição e desenvolvimento da ora-pro-nóbis, independentemente da adubação mineral com NPK.

Posto isso, o trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento das plantas e estado nutricional de ora-pro-nóbis mediante à adubação mineral com NPK e inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ora-pro-nóbis

O Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller), também conhecido popularmente como groselha americana ou groselha de Barbados (MARTIN *et al.*, 2017), pertence à família Cactaceae. É nativo dos trópicos americanos (região sul dos Estados Unidos e Brasil) (CONCEIÇÃO *et al.*, 2014). Uma trepadeira rústica, repleta de espinhos, que se adapta bem ao clima tropical, mais difundida em Goiás e Minas Gerais. A florada do Ora-pro-nóbis, dura apenas um dia. O fruto é do tipo baga, contendo de duas a três sementes escuras. Dentre as cactáceas, é o único gênero de planta que possuem folhas verdadeiras (MADEIRA *et al.*, 2016).

A planta de Ora-pro-nóbis possui características favoráveis ao seu cultivo, como o fato de ser uma planta rústica, vigorosa e de fácil propagação (TOFANELLI; RESENDE, 2011). Além disso tem baixa demanda hídrica e baixa incidência de doenças, favorecendo o cultivo doméstico e comercial. O método de propagação por estaquia é o que apresenta maior eficiência para o cultivo da Ora-pro-nóbis, encurtando o ciclo de produção. Pelo fato de ser uma planta rústica de fácil propagação, em algumas regiões do mundo é considerada uma planta daninha ou planta invasora. No entanto, no Brasil, esta espécie é cultivada para consumo familiar em quintais e pequenas hortas domésticas. Contudo, vale destacar que a demanda por esta planta tem aumentado, em função do aumento de pessoas vegetarianas e veganas no país.

Por ser rico em nutrientes que são recomendados para a dieta alimentar diária, suas folhas podem ser utilizadas tanto na forma crua quanto processada na alimentação humana. Além disso, produz frutos comestíveis, com os quais se pode elaborar produtos (QUEIROZ *et al.*, 2015). Segundo Paulucio *et al.* (2014) como o Ora-pro-nobis apresenta alto valor proteico, pode ser utilizada também como complementação alimentar na alimentação animal, possuindo também grande quantidade de ferro, sendo utilizada como fonte de ferro e proteína bruta.

As folhas de *P. aculeata* possuem na base seca 39,1% de fibra dietética total, 17,4% de proteína total (ALMEIDA FILHO; CAMBRAIA, 1974) a 28,4%, 2333UI 100g⁻¹ de vitaminas A, 185,8 mg 100g⁻¹ de vitamina C e 19,3 mg 100g⁻¹ de ácido fólico. Possui ainda 5,52% de triptofano, que equivale a 20,5% do total dos

aminoácidos presentes nas folhas (TAKEITI *et al.*, 2009). Devido a esses teores nutricionais observa-se o crescente interesse pelo uso de Ora-pro-nobis como matéria-prima pela indústria alimentícia na forma desidratado e moído (farinha das folhas), e do consumo direto como hortaliça folhosa pela população.

Todavia, a cultura do Ora-pro-nóbis não é disseminada por todo Brasil. Dentre os fatores que dificultam a disseminação do cultivo desta planta, destaca-se o fato de ser uma planta cujo sistema de cultivo apresenta carência de informações agronômicas, bem como também falta de estudo técnico-científico que possa subsidiar o melhor manejo cultural da planta e alavancar a sua cadeia produtiva (TOFANELLI; RESENDE, 2011). Informações técnicas como melhor época e forma de plantio, adubação, espaçamento, sistema de apoio e condução da planta, pragas, doenças, colheita, produtividades e outras são essenciais para promover o seu cultivo em maior escala e, conseqüentemente, a sua difusão.

2.2 Adubação mineral com Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K)

Diversos fatores podem ser apontados como responsáveis pela baixa produtividade nas áreas tropicais, destacando-se a limitada capacidade dos solos em atender às exigências nutricionais das plantas, além do manejo inadequado da adubação das culturas. Além de interferir no aspecto produtivo e qualitativo, a nutrição mineral afeta o crescimento vegetal, a tolerância a pragas e doenças (ROZANE; PARENT, NATALE, 2016).

A adubação mineral exerce grande influência no processo de crescimento e produtividade da maioria das plantas cultivadas, fazendo-se necessário otimizar seu uso visando obter o maior rendimento com o menor custo possível (SILVA *et al.*, 2000). A recomendação de adubação de uma cultura depende da demanda nutricional para o crescimento vegetativo e reprodutivo (LAVIOLA *et al.*, 2006), devendo ser considerada a eficiência de aproveitamento dos fertilizantes aplicados e a fração de nutrientes suprida pelo solo (PREZOTTI, 2001).

A demanda por N é grande durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois é o nutriente mineral exigido em maior quantidade pelas culturas e, normalmente, proporciona maior resposta positiva em produtividade. A complexidade dos fatores que afetam o seu aproveitamento pelas plantas faz com que o mesmo seja

objeto de um grande número de estudos, que visam avaliar principalmente o seu comportamento no solo e a sua relação com a eficiência da adubação (RAIJ, 1991).

A deficiência de P, para maioria das plantas, provoca acúmulo de amido nos cloroplastos, reduz o transporte de carboidratos e a atividade de todas as enzimas que dependem de fosforilação, em especial aquelas envolvidas na absorção ativa de nutrientes (MARSCHNER, 1995). As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo das culturas podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a teores adequados (ARAÚJO *et al.*, 2006; JESCHKE *et al.*, 1996; ROGGAZ *et al.*, 1999).

O K, essencial para manter a turgescência da folha, atua no transporte interno de açúcares e no equilíbrio eletroquímico da planta (FONTES, 2006), possui papel importante na síntese de carboidratos e proteínas, respiração e regulação da abertura e fechamento dos estômatos (MARSHNER, 1995). O K também é importante no desenvolvimento das raízes e essencial na frutificação e maturação dos frutos, pois é responsável pela conversão do amido em açúcares, além de funcionar como ativador de mais de 50 enzimas (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

A deposição de biomassa no fruto é acompanhada, necessariamente, pelo acúmulo de K (MARENCO; LOPES, 2005). A deficiência de K acarreta em redução do crescimento dos brotos, além de reduzir a atividade fotossintética das folhas, levando a baixos índices de produção (FERREIRA *et al.*, 2004). É importante destacar, que, quando N, P e K são aplicados juntos, o efeito da adubação é maior do que quando aplicados separadamente, sendo que a adubação de somente um deles terá pouco ou nenhum efeito (MALAVOLTA, 1993).

2.3 Bactéria promotoras do crescimento de plantas (BPCP)

O desenvolvimento de inoculantes microbianos tem aumentado devido ao reconhecimento dos efeitos nocivos ao ambiente da aplicação excessiva de fertilizantes minerais (HUNGRIA, 2011). A produção agrícola sustentável pode ser alcançada dando ênfase ao uso de microrganismos promotores de crescimento como inoculantes microbianos (SCHOEBITZ; LÓPEZ; ROLDÁN, 2013).

Nesse sentido, a utilização benéfica de inoculantes microbianos destaca-se como alternativa viável, especialmente sob condições de baixa fertilidade do solo (CARVALHAIS *et al.*, 2013; HUNGRIA *et al.*, 2010; HUNGRIA; MENDES; MERCANTE, 2013; HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2013). Essas bactérias, conhecidas como bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP), são responsáveis por realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN) atmosférico (MARQUES *et al.*, 2017), produzir metabólitos, como antibióticos, sideróforos e hormônios de crescimento vegetal, e com isso têm capacidade de incrementar o crescimento vegetal.

As BPCP incluem microrganismos de vida livre, que formam relações simbióticas específicas com plantas, endófitos bacterianos que podem colonizar alguns ou uma grande parte dos tecidos de uma planta (GLICK, 2012). Estas bactérias colonizam tanto a região rizosférica como tecidos internos do vegetal (HUERGO *et al.*, 2008), beneficiando-se dessas fontes de carbono e energia. A relação simbiótica das bactérias com as plantas resulta em maior desenvolvimento radicular, melhor exploração do solo e absorção de nutrientes (HUNGRIA *et al.*, 2010).

Azospirillum é um gênero de bactéria de vida livre encontrado em quase todos os lugares da Terra (HUERGO *et al.*, 2008). Muitos estudos têm demonstrado que esse microrganismo pode promover o crescimento e o aumento da produtividade em diversas culturas, muitos das quais possuem grande importância agrônômica ou ecológica (BASHAN; HOLGUIN, 1997; BASHAN; HOLGUIN; DE BASHAN, 2004). A bactéria do gênero *Azospirillum* possui os seguintes benefícios como inoculante: a) a bactéria é endofítica, ou seja, penetra nas raízes das plantas; b) apresenta antagonismo a agentes patogênicos; c) produz fitormônios; d) ocorre em todos os tipos de solo e clima; e) capaz de fixar N atmosférico (ANDRADE *et al.*, 2016).

A promoção de crescimento e proteção contra patógenos em plantas são características encontradas naturalmente em bactérias dos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus*. Estas bactérias não formam uma simbiose semelhante ao que ocorre no *Rhizobium* com algumas plantas, contudo estas bactérias são capazes de penetrar nos tecidos vegetais e estabelecer-se como endófitos (RYAN *et al.*, 2008; MARQUEZ-SANTACRUZ *et al.*, 2010).

Entre as bactérias promotoras do crescimento vegetal, o gênero *Pseudomonas* spp. detém maior volume de relatos, pela sua ampla distribuição e ocorrência natural em diferentes regiões. A sua habilidade de colonizar diferentes ambientes está

relacionada à versatilidade nutricional e a diversidade de metabólitos produzidos, como antibióticos, sideróforos e hormônios de crescimento vegetal.

As espécies de *Pseudomonas* mais relevantes para a agricultura são *P. fluorescens* e *P. putida*, que ratificaram a eficiência desse gênero no desenvolvimento e produtividade de plantas (SOTTERO, 2003). 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 antibióticos, fitohormônios, compostos voláteis, e sideróforos; sendo assim, a habilidade dessas bactérias em promover o crescimento de plantas, está relacionado principalmente pelo fato desses organismos produzirem o fitormônio AIA e outros compostos importantes (SIVASAKTHI; USHARANI; SARANRAJ, 2014).

A *Pseudomonas fluorescens* é reconhecida pela sua capacidade de estimular o crescimento vegetal. Nas plantas, atuam como inibidores de patógenos, na solubilização dos fosfatos e na produção de hormônios de crescimento (COELHO et al., 2007). Zamariolli (2016) afirma que a capacidade de solubilização de fosfatos com *P. fluorescens* é maior nas fontes de fósforo menos solúveis, sendo uma alternativa sustentável para melhorar a eficiência dessa fonte de P.

Além das espécies supracitadas, a bactéria *Bacillus subtilis* vem sendo muito estudada com o objetivo de aumentar a produtividade das culturas e no biocontrole de doenças (NGUGIA et al., 2005). As linhagens de *B. subtilis* se destacam dentre as espécies do gênero *Bacillus*, por serem as mais amplamente utilizadas como promotoras de crescimento devido a sua capacidade de reduzir doenças pela produção de antibióticos quando aplicadas em sementes (BATISTA, 2012). Saharan e Nehra (2011) descreveram uma série de benefícios que espécies de *Bacillus* proporcionam às culturas, dentre eles a melhoria de diferentes parâmetros de raiz como enraizamento, comprimento de raízes e teor de matéria seca.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em cultivo protegido com sombreamento de 30% pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Engenharia, localizada na cidade de Ilha Solteira - SP, a qual possui 366 m de altitude, longitude 51° 20' 17" W e latitude 20° 25' 52" S no período de setembro de 2020 a janeiro de 2021, totalizando 131 dias.

As estacas de Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) para propagação vegetativa e formação das mudas foram obtidas através de doações plantas matrizes de residências particulares, as quais foram colhidas de forma aleatória, contendo aproximadamente 20 cm de comprimento e diâmetros semelhantes. A implantação do experimento se deu no dia 12 de setembro de 2020, a temperatura da casa de vegetação estava em torno de 27 °C e a umidade relativa do ar de 30%.

Os vasos utilizados possuíam 21,5 L cada e continham solo do tipo Neossolo Quartzarênico órtico de textura arenosa, onde os atributos químicos do solo, Fósforo (P), Potássio (K), Enxofre (S), Boro (B) e Zinco (Zn) estavam com teores considerados baixos, sendo eles 3 mg dm⁻³, 1,3 mmol_c dm⁻³, 4 mmol_c dm⁻³, 0,08 mg dm⁻³ e 0,3 mg dm⁻³, respectivamente. O teor de matéria orgânica também estava baixo, 14 g dm⁻³, porém a CTC estava baixa com 38,3 mmol_c dm⁻³, a acidez potencial era de 18 mmol_c dm⁻³, teor de Alumínio estava em 0 mmol_c dm⁻³, e pH 5,2.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (2x4) com 8 tratamentos e 4 repetições, totalizando 32 vasos. O primeiro valor foi constituído por 2 adubações minerais (**1**- ausência e **2**- presença NPK) e o segundo fator foi constituído por 4 inoculações com bactérias promotoras de crescimento de plantas (**1**- Ausência, **2**- *Azospirillum brasilense*, **3**- *Bacillus subtilis*, **4**- *Pseudomonas fluorescens*). A dose dos inoculantes comerciais aplicadas isoladamente foram 0,06 ml vaso⁻¹ de *A. brasilense* e *P. fluorescens* e 0,03 ml vaso⁻¹ de *B. subtilis*, essa quantidade foi baseada em experimentos anteriormente realizados com a cultura do milho. A calda de aplicação para inoculação das BPCP foi padronizada em 500 ml por vaso.

Os inoculantes utilizados eram líquidos, o de *A. brasilense* continha as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 - garantia de 2x10⁸ unidades formadoras de colônias (UFC) mL⁻¹; o de *B. subtilis* continha a estirpe CCTB04 com garantia de 1x10⁸ UFC mL⁻¹; e o de *P. fluorescens* a estirpe CCTB03 com garantia de 1x10⁸ UFC mL⁻¹.

Para a implantação das estacas foram realizados sulcos nos vasos e em cada sulco foram alocados 2 estacas de Ora-pro-nóbis por vaso. Logo após, foi realizada a inoculação de acordo com o tratamento indicado. A sequência de procedimentos foram: abertura dos sulcos, inserção das estacas, aplicação de metade da dose do inoculante, fechamento do sulco e aplicação do restante da dose de inoculante.

A adubação mineral foi realizada no dia 24 de setembro de 2020, baseada na análise do solo e em experimentos anteriores realizados com a cultura, sendo que a fonte de P e K foi o formulado 0-20-20 (na dose 250 kg ha^{-1} , para os tratamentos que receberam a adubação NPK, isso equivale ao fornecimento de 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 e de K_2O). A fonte de N foi o sulfato de amônio, sendo aplicada em cobertura na dose 50 kg ha^{-1} de N apenas nos tratamentos que receberam a adubação NPK. Além disso, todas plantas nos vasos receberam via solo a adubação com $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de B e 2 kg ha^{-1} de Zn. O adubo foi depositado a 8 cm de distância das estacas e logo após cada vaso foi irrigado com 600 ml de água.

Após a adubação mineral, aos 22 dias após a implantação (DAI) foram feitas algumas avaliações não destrutivas como número de folhas e ramos de cada planta por vaso. A irrigação foi realizada de acordo com as necessidades da planta, com uso de copos graduados, onde cada vaso recebia a mesma quantidade de água, variando de 300 ml a 600 ml por vaso, conforme a época do ano e desenvolvimento das plantas.

Aos 83 DAI foram realizadas avaliações de número de folhas e ramos, altura das plantas, diâmetro do caule, teor de clorofila, coleta de folhas para determinação de matérias fresca e seca da parte aérea, quantificação dos teores de macro e micronutrientes foliares, conforme metodologia de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Aos 131 DAI, na última avaliação, foram analisadas as mesmas variáveis de 83 DAI, exceto clorofila, com acréscimo de massa seca e volume de raízes e quantificação de macro e micronutrientes nas raízes.

Os dados do experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando o valor de F foi significativo ao nível de 5% de probabilidade, aplicou-se o teste de Tukey, para comparação das médias dos tratamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias e teste F para número de folhas e ramos aos 22, 83 e 131 dias após a implantação (DAI), altura e diâmetro do caule ($\varnothing$) aos 83 e 131 DAI da Ora-pro-nóbis em função da adubação mineral e inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas foram descritos na Tabela 1. A inoculação com bactérias foi significativa para número de folhas aos 83 DAI e altura de plantas aos 131 DAI. Por outro lado, a adubação mineral influenciou somente a altura nos 83 DAI. A interação entre os fatores, foi significativa apenas para o número de ramificações e diâmetro do caule aos 131 DAI.

Tabela 1. Médias e teste F para número de folhas e ramos aos 22, 83 e 131 DAI, altura e diâmetro do caule ($\varnothing$) aos 83 e 131 DAI de Ora-pró-nobis em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.

Tratamentos	Folhas			Ramos			Altura		$\varnothing$ caule	
	22DAI	83 DAI	131 DAI	22 DAI	83 DAI	131 DAI	83 DAI	131 DAI	83 DAI	131 DAI
									----- cm -----	
Adubação										
NPK (A)										
Com	10,53	40,93	94,47	2,97	2,50	9,03	3,52 a	61,30	5,91	6,11
Sem	12,25	37,75	112,75	2,93	2,56	9,93	3,01 b	60,76	6,44	6,62
DMS	2,64	10,77	23,35	0,64	0,41	1,82	0,45	9,28	0,58	0,52
Inoculação (I)										
Ausência	11,93	48,87 a	102,45	3,20	2,62	8,50	2,93	71,02 a	6,21	6,50
<i>A. brasilense</i>	11,93	56,75 a	119,87	2,75	2,37	12,62	3,37	66,00 ab	6,34	6,67
<i>B. subtilis</i>	11,31	24,00 b	96,12	3,37	2,75	8,81	3,28	55,67 ab	6,21	6,12
<i>P. fluorescens</i>	10,37	27,75 b	96,00	2,50	2,37	8,00	3,50	51,43 b	5,95	6,18
DMS	5,00	20,36	44,14	1,21	0,78	3,45	0,85	17,54	1,10	0,98
Teste F										
<i>p</i> valor (A)	0,1931	0,5473	0,1195	0,8943	0,7584	0,3161	0,0287*	0,9051	0,0731	0,0544
<i>p</i> valor (I)	0,8030	0,0003**	0,4148	0,1980	0,4698	0,0042**	0,3259	0,0587*	0,8025	0,3654
<i>p</i> valor (A x I)	0,7539	0,5855	0,2464	0,2096	0,2708	0,0206*	0,2987	0,1500	0,0581	0,0132*
Média Geral	11,39	39,34	103,61	2,95	2,53	9,48	3,27	61,03	6,18	6,37
CV (%)	24,54	27,47	26,89	28,54	22,44	26,39	18,91	20,84	12,99	11,22

** e * significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A quantidade de folhas aos 22 e 131 DAI, ramificações aos 22 e 83 DAI e diâmetro do caule aos 83 DAI não foram influenciados por nenhum tratamento. As plantas inoculadas com *A. brasilense* e sem inoculação não diferenciaram-se estatisticamente, porém seus resultados foram maiores do que as plantas inoculadas com *P. fluorescens* e *B. subtilis*.

A inoculação com *A. brasilense* beneficiou o crescimento e o desenvolvimento da Ora-pro-nóbis, conforme verificado pelo aumento altura da planta, ICF e folhas da planta levando a uma maior biomassa foliar, mesmo combinada ou não com a aplicação de doses de N (GALINDO; BRITO; TEIXEIRA FILHO, 2021).

Em virtude da folha ser a parte de interesse na cultura, a quantidade é de suma importância, evidenciando o efeito benéfico do *A. brasilense* na cultura. Esta espécie de bactérias podem trazer ganhos para o produtor, que cultivar esta PANC, sem a necessidade de grandes investimentos com fertilizantes minerais, particularmente os nitrogenados.

A altura das plantas aos 83 DAI foi maior nos tratamentos com adubação mineral de N, P e K. Em contrapartida, aos 131 DAI, a adubação mineral não foi significativa e apenas a inoculação com bactéria *P. fluorescens* apresentou diferença significativa quando comparada a ausência de inoculação.

Para 131 DAI, o maior número de ramificações das plantas foi obtido quando estas foram cultivadas em solo sem adubação mineral e inoculadas com *A. brasilense*. Quando o solo foi adubado com NPK, não houve diferença entre os tratamentos de inoculação. Porém, quando não houve adubação mineral o melhor tratamento foi o inoculado com *A. brasilense* (Tabela 2).

Tabela 2. Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para número de ramos aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.

Inoculação	Adubação NPK	
	----- g kg ⁻¹ -----	
	Com	Sem
Ausência	7,00 aA	10,00 abA
<i>A. brasilense</i>	10,50 aB	14,75 aA
<i>B. subtilis</i>	10,62 aA	7,00 bA
<i>P. fluorescens</i>	8,00 aA	8,00 bA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Com relação ao número de ramos 131 DAI, onde os tratamentos com inoculação com BPCP não diferiram quando houve a adubação mineral. No entanto, quando não aplicou-se adubo no solo, a melhor resposta foi quando não houve inoculação dos vasos. (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para diâmetro do caule aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.

Inoculação	Adubação NPK ----- g kg ⁻¹ -----	
	Com	Sem
Ausência	5,56 aB	7,45 aA
<i>A. brasilense</i>	6,78 aA	6,57 abA
<i>B. subtilis</i>	5,73 aA	6,51 abA
<i>P. fluorescens</i>	6,39 aA	5,96 bA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

A adubação mineral influenciou somente no ICF, por outro lado a inoculação com bactérias influenciou na quantidade de matéria verde aos 83 DAI e matéria seca aos 131 DAI. Para matéria fresca da parte aérea aos 131 DAI e MSR a interação entre os fatores foi significativa (Tabela 4).

Para matéria fresca da parte aérea aos 83 DAI, a inoculação proporcionou diferença entre os tratamentos, onde a maior MFPA foi obtida quando os vasos receberam o inoculante contendo *A. brasilense*. Segundo Galindo, Brito e Teixeira Filho (2021), o *Azospirillum brasilense* combinado com 150 kg de N ha⁻¹ aumentou a biomassa foliar em 40%, a inoculação aumentou a biomassa foliar em 8,8%, independentemente das doses de nitrogênio.

Para o MSPA aos 131 DAI, os tratamentos com *A. brasilense* e *P. fluorescens* os quais não diferenciaram significativamente, obtiveram os maiores valores.

Tabela 4. Médias e teste F para massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) aos 83 e 131 DAI, índice de clorofila foliar (ICF), massa seca de raiz (MSR) e volume de raiz (VR) de Ora-pro-nóbis em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.

Tratamentos	Massa Fresca		Massa Seca		ICF	MSR	VR
	83 DAI	131 DAI	83 DAI	131 DAI			
	----- g -----						
Adubação NPK (A)							
Com	48,75	86,53	9,47	12,31	47,34 a	29,84	33,65
Sem	50,86	65,42	9,38	11,98	35,54 b	27,10	31,81
DMS	9,80	17,34	1,70	2,84	6,76	7,02	11,27
Inoculação (I)							
Ausência	50,96 b	77,76	10,72	10,90 b	43,31	19,83	36,62
<i>A. brasilense</i>	77,50 a	89,82	10,74	15,39 a	41,78	31,82	36,76
<i>B. subtilis</i>	26,39 c	63,10	7,87	10,22 b	39,98	33,03	32,68
<i>P. fluorescens</i>	44,39 bc	77,40	8,37	11,91 ab	40,71	29,19	25,15
DMS	18,53	31,84	3,21	4,53	12,79	13,28	21,31
Teste F							
<i>p</i> valor (A)	0,6610	0,0143*	0,9121	0,6743	0,0014**	0,2355	0,8632
<i>p</i> valor (I)	0,0001**	0,2345	0,0541	0,0439*	0,8990	0,0015**	0,2803
<i>p</i> valor (Axi)	0,0782	0,0315 *	0,0584	0,3875	0,5430	0,0247*	0,0679
Média Geral	49,81	75,36	9,42	12,05	41,44	28,47	33,96
CV (%)	26,98	27,11	24,7	26,89	22,37	22,36	28,7

** e * significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que quando houve a adubação mineral, os tratamentos de inoculação não diferiram entre si. No entanto, quando não foi realizada a adubação mineral apenas a inoculação com *B. subtilis* e inoculação com *P. fluorescens* foi estatisticamente diferente dos demais tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para matéria fresca da parte aérea aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.

Inoculação	Adubação NPK	
	----- g kg ⁻¹ -----	
	Com	Sem
Ausência	75,16 aA	80,37 aA
<i>A. brasilense</i>	89,87 aA	89,77 aA
<i>B. subtilis</i>	95,01 aA	43,20 bB
<i>P. fluorescens</i>	91,25 aA	63,55 abA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Pode-se afirmar que na presença de adubação com NPK, a inoculação com *P. fluorescens* foi a única que diferiu estatisticamente.

A ausência de adubação interferiu diretamente no desempenho de *P. fluorescens*, uma vez esta bactéria proporcionou 34,44 g de matéria seca de raízes contra 23,94 g quando houve a adição de adubo mineral (Tabela 6). Em contrapartida, na ausência de adubo, apenas o tratamento com ausência de inoculação obteve diferença estatística resultando em um valor inferior aos demais tratamentos, o que confere importância à inoculação de bactérias para proporcionar maior MSPA de raízes de ora-pro-nóbis.

Tabela 6. Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para massa seca de raiz aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.

Inoculação	Adubação NPK	
	----- g kg ⁻¹ -----	
	Com	Sem
Ausência	24,21 aA	15,45 bA
<i>A. brasilense</i>	34,86 aA	28,78 aA
<i>B. subtilis</i>	36,35 aA	29,72 aA
<i>P. fluorescens</i>	23,94 aB	34,44 aA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Não houve influência dos tratamentos para os teores foliares de K, Ca, Mg e S. A inoculação com bactérias influenciou nos teores foliares de N, e para P houve interação entre os fatores (Tabela 7).

Tabela 7. Médias e teste F para teor de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas de Ora-pró-nobis aos 83 dias após a implantação do experimento em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg ⁻¹ -----						
Adubação NPK (A)						
Com	37,19	1,87	29,26	29,30	8,94	3,83
Sem	36,86	2,70	31,14	29,78	8,90	3,68
DMS	4,09	0,34	5,50	3,96	0,09	0,43
Inoculação (I)						
Ausência	33,13 b	2,15	29,83	31,18	8,88	3,68
<i>A. brasilense</i>	40,73 a	2,60	32,17	29,87	8,95	4,01
<i>B. subtilis</i>	39,43 ab	2,40	33,77	30,48	8,90	3,76
<i>P. fluorescens</i>	34,81 ab	2,00	25,02	26,62	8,95	3,56
DMS	7,73	0,64	10,39	7,49	0,18	0,82
Teste F						
<i>p</i> valor (A)	0,8712	<0,0001**	0,4871	0,8067	0,3603	0,4843
<i>p</i> valor (I)	0,0356*	0,0780	0,1343	0,3664	0,6918	0,5022
<i>p</i> valor (Axl)	0,6779	0,0142*	0,4777	0,1268	0,0581	0,1025
Média Geral	37,03	2,28	30,20	29,54	8,92	3,75
CV (%)	15,15	20,50	24,96	18,38	1,48	15,89

** e * significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Ainda de acordo com a tabela 7 o maior teor de N nas folhas de Ora-pró-nobis foi obtido quando as plantas foram inoculadas com *A. brasilense*. Segundo Döbereiner, Marriel e Nery (1976), bactérias do gênero *Azospirillum* em associação com as plantas, especialmente gramíneas, podem fixar e disponibilizar maiores quantidades de N para as plantas.

Segundo Galindo, Brito e Teixeira Filho (2021) a Ora-pró-nobis inoculadas com *A. brasilense* apresentaram maior concentração de N foliar em 4,8% em relação ao controle sem inoculação.

Não existe mecanismo único envolvido na promoção do crescimento da planta pelo gênero *Azospirillum*, mas uma combinação de alguns ou muitos mecanismos em cada caso de inoculação determinada por interações inoculante planta-ambiente (GALINDO; BRITO; TEIXEIRA FILHO, 2021).

Foi relatado que as cepas Ab-V5 e Ab-V6 de *A. brasilense* carrega nif e fix genes semelhantes que conferem sua capacidade de fixar N atmosférico (HUNGRIA; RIBEIRO; NOGUEIRA, 2018).

Todos os principais atributos de qualidade em culturas hortícolas, incluindo qualidade visual e sabor, são diretamente influenciados pela disponibilidade de N (STEFANELLI; GOODWIN; JONES, 2010).

Diante dos dados obtidos nota-se que quando houve a adubação mineral, os tratamentos com inoculação não diferiram para os teores foliares de P. Em contrapartida, quando não foi adicionado adubo nos vasos, as bactérias *A. brasilense* e *B. subtilis*, as quais não difeririam estatisticamente, se destacaram proporcionando os maiores teores foliares de P, demonstrando o potencial destas bactérias na absorção e acúmulo deste nutriente nas folhas de ora-pro-nóbis aos 83 DAI (Tabela 8).

Tabela 8. Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor foliar de P em ora-pro-nóbis aos 83 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.

Inoculação	Adubação NPK	
	----- g kg ⁻¹ -----	
	Com	Sem
Ausência	2,02 aA	2,27 bA
<i>A. brasilense</i>	1,72 aB	3,47 aA
<i>B. subtilis</i>	1,92 aB	2,87 abA
<i>P. fluorescens</i>	1,82 aA	2,17 bA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Além dos teores de macronutrientes nas folhas, aos 83 DAI também foi realizada a determinação do teor de micronutrientes em Ora-pró-nobis, e os resultados encontram-se na Tabela 9. A inoculação foi significativa para os teores de Cu e Zn, enquanto que a adubação mineral influenciou os teores de Mn e Zn. O teor de Fe foliar não foi influenciado por nenhum dos tratamentos.

O incremento das doses de N melhoraram a nutrição de ora-pro-nóbis com o aumento das concentrações foliares de N, P, Ca, Mg, S, Cu, Mn e Zn (GALINDO; BRITO; TEIXEIRA FILHO, 2021).

O menor teor foliar de Cu foi obtido quando adicionou-se adubo mineral ao solo, apresentando 14,22 mg kg⁻¹, o qual foi superado por 16,98 mg kg⁻¹ na ausência de adubação. Os maiores teores de Zn nas folhas de Ora-pro-nóbis também foram obtidos na ausência da adubação mineral com NPK, chegando a 31,62 mg kg⁻¹. Para Zn, além da influência da adubação, também foi significativa a inoculação com bactérias; onde o tratamento que se sobressaiu quando comparado ao sem

inoculação foi com o *A. brasiliense*, o qual promoveu uma quantidade maior do nutriente nas folhas de Ora-pró-nobis. Quanto ao teor de Mn, a ausência de inoculação promoveu maiores teores foliares deste micronutriente.

Tabela 9. Médias e teste F para teores de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas de Ora-pro-nóbis aos 83 dias após a implantação do experimento em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.

Tratamentos	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----			
Adubação NPK (A)				
Com	14,22 b	199,53	160,66	17,12 b
Sem	16,98 a	204,91	156,51	31,62 a
DMS	2,59	32,23	39,28	10,22
Inoculação (I)				
Ausência	14,41	190,78	210,71 a	17,50 b
<i>A. brasilense</i>	16,28	212,25	121,21 b	31,50 a
<i>B. subtilis</i>	15,96	210,08	147,66 ab	20,75 ab
<i>P. fluorescens</i>	15,75	195,78	154,78 ab	27,75 ab
DMS	4,90	60,92	74,26	11,25
Teste F				
<i>p</i> valor (A)	0,0383*	0,7334	0,8293	0,0074**
<i>p</i> valor (I)	0,7337	0,7146	0,0210*	0,0387*
<i>p</i> valor (Axl)	0,5018	0,2599	0,3057	0,0873
Média Geral	15,60	202,22	158,59	24,37
CV (%)	22,79	21,84	26,24	21,58

** e * significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Nesta última avaliação de teor foliar dos nutrientes, os fatores não influenciaram nas concentrações de N, P, K e Mg. Quanto ao teor de Ca nas folhas, a inoculação teve interferência nos resultados, apenas o *A. brasiliense* e *P. fluorescens* obtiveram diferença significativa, onde o maior teor deste macronutriente nas folhas de Ora-pro-nóbis foi com a inoculação de *A. brasiliense* (Tabela 10).

Tabela 10. Médias e teste F para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas de ora-pro-nóbis aos 131 dias após a implantação do experimento em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg ⁻¹ -----						
Adubação NPK (A)						
Com	26,89	2,19	24,51	20,40	8,71	2,57
Sem	26,55	2,50	24,64	22,88	8,61	2,49
DMS	5,54	0,55	5,38	2,49	0,12	0,23
Inoculação (I)						
Ausência	23,80	2,38	25,76	23,40 ab	8,71	2,86
<i>A. brasilense</i>	26,40	2,13	22,48	23,52 a	8,63	2,00
<i>B. subtilis</i>	27,23	2,01	25,41	20,75 ab	8,65	2,56
<i>P. fluorescens</i>	29,45	2,86	24,65	18,76 b	8,65	2,70
DMS	10,48	1,05	10,18	4,73	0,24	0,44
Teste F						
<i>p</i> valor (A)	0,8998	0,2540	0,9624	0,0514	0,0948	0,4689
<i>p</i> valor (I)	0,5306	0,1495	0,8119	0,0344*	0,7755	0,0001**
<i>p</i> valor (Axi)	0,2768	0,0548	0,0565	0,2232	0,1245	0,0001**
Média Geral	26,72	2,35	24,57	21,64	8,66	2,53
CV (%)	21,45	26,41	26,32	15,82	2,01	12,70

** e * significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Quando adicionado o fertilizante mineral, o maior teor de S foi obtido na ausência de bactérias, seguido pelos tratamentos com *B. subtilis*, *P. fluorescens* e por último, *A. brasilense* (Tabela 11).

Em contrapartida, na ausência de adubação, a presença da *P. fluorescens* no solo proporcionou o maior teor de S nas folhas. O desempenho de *P. fluorescens*, bactéria que proporcionou maior teor de enxofre, foi melhor quando não há adição de adubo mineral, mostrando certa sensibilidade da bactéria ao fornecimento dos fertilizantes minerais contendo NPK.

Tabela 11. Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor foliar de S em Ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.

Inoculação	Adubação NPK	
	----- g kg ⁻¹ -----	
	Com	Sem
Ausência	3,50 aA	2,23 bB
<i>A. brasilense</i>	1,86 cA	2,13 bA
<i>B. subtilis</i>	2,63 bA	2,50 abA
<i>P. fluorescens</i>	2,30 bcB	3,10 aA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Na tabela 12, diante dos resultados, observa-se que para os teores de Cu e Fe não houve influência de nenhum dos fatores. Enquanto que, para Zn, a inoculação com bactérias foi significativa, e para B e Mn ocorreu a interação entre os fatores adubação mineral e inoculação. O teor foliar de Zn aos 131 DAI, quando não se realizou inoculação com bactérias foi maior.

Tabela 12. Médias e teste F para os teores de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas de ora-pro-nóbis aos 131 dias após a implantação do experimento em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.

Tratamentos	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	----- mg kg ⁻¹ -----				
Adubação NPK (A)					
Com	19,49	180,74	133,33	24,25	30,75
Sem	17,83	144,88	129,33	29,08	29,91
DMS	4,36	49,79	32,96	8,56	4,65
Inoculação (I)					
Ausência	18,16	206,33	194,33	30,33 a	42,50
<i>A. brasilense</i>	17,33	124,26	102,83	27,50 ab	24,16
<i>B. subtilis</i>	18,50	186,83	110,00	19,66 b	27,50
<i>P. fluorescens</i>	20,66	133,83	118,16	29,16 ab	27,16
DMS	8,25	94,12	62,30	10,57	8,80
Teste F					
<i>p</i> valor (A)	0,4388	0,1501	0,8044	0,2557	0,7153
<i>p</i> valor (I)	0,7191	0,0650	0,0014**	0,0458*	0,0001**
<i>p</i> valor (Axi)	0,0576	0,1045	0,0218*	0,0719	0,0009**
Média Geral	18,66	162,81	131,33	26,66	30,33
CV (%)	21,27	31,45	24,54	22,45	21,04

** e * significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O desdobramento da interação para o teor foliar de B em Ora-pro-nóbis indica que quando há a adição do fertilizante contendo NPK, apenas o tratamento sem inoculação é superior aos demais (Tabela 13). Enquanto na ausência de adubação, os valores dos tratamentos referentes à inoculação não diferiram entre si. Comportamento semelhante ao teor de S, ocorreu para teor de B, onde a presença de *P. fluorescens* proporcionou maiores teores foliares do micronutriente quando não houve a adição de adubos NPK. E quando não houve inoculação dos vasos, o maior teor foliar de B foi obtido quando houve a adubação mineral.

Tabela 13. Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor foliar de B em Ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.

Inoculação	Adubação NPK	
	----- g kg ⁻¹ -----	
	Com	Sem
Ausência	52,00 aA	33,00 aB
<i>A. brasilense</i>	22,66 bA	25,66 aA
<i>B. subtilis</i>	26,00 bA	29,00 aA
<i>P. fluorescens</i>	22,33 bB	32,00 aA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Ao adicionar fertilizante mineral ao solo, este influenciou diretamente no desempenho das bactéria para o teor de Mn, onde a ausência de inoculante foi o tratamento superior. Na ausência de adubação, o tratamento sem bactérias também foi superior, não diferindo apenas da inoculação com *P. fluorescens*. Novamente, a adubação química interferiu diretamente no comportamento de desta bactéria, onde esta bactéria proporcionou o melhor resultado na ausência do insumo (Tabela 14).

Tabela 14. Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor foliar de Mn em ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.

Inoculação	Adubação NPK	
	----- g kg ⁻¹ -----	
	Com	Sem
Ausência	196,66 aA	192,00 aA
<i>A. brasilense</i>	127,66 abA	78,00 bA
<i>B. subtilis</i>	133,33 abA	86,66 bA
<i>P. fluorescens</i>	75,66 bB	160,66 abA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Para N e S não houveram influência de nenhum dos fatores estudados. Enquanto que para Mg, a inoculação com bactérias influenciou no teor deste macronutriente, e para P, K e Ca a interação entre os fatores foi significativa (Tabela 15).

Tabela 15. Médias e teste F para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas raízes de Ora-pro-nóbis aos 131 dias após a implantação do experimento em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg ⁻¹ -----						
Adubação NPK (A)						
Com	12,88	1,58	12,95	10,79	3,31	1,55
Sem	11,95	1,60	14,60	13,44	3,40	1,38
DMS	1,03	0,34	1,85	1,29	0,51	0,19
Inoculação (I)						
Ausência	11,56	1,25	14,45	12,06	3,00 bc	1,60
<i>A. brasilense</i>	12,76	1,86	13,35	12,70	2,58 c	1,43
<i>B. subtilis</i>	11,95	1,50	12,98	12,16	4,10 a	1,35
<i>P. fluorescens</i>	13,38	1,76	14,33	11,55	3,76 ab	1,50
DMS	1,95	0,64	3,51	2,44	0,98	0,36
Teste F						
<i>p</i> valor (A)	0,0747	0,8816	0,0805	0,0003**	0,7184	0,0703
<i>p</i> valor (I)	0,0718	0,0621	0,5920	0,6417	0,0010**	0,2915
<i>p</i> valor (A x I)	0,4719	0,0331*	0,0061**	0,0002**	0,8150	0,7754
Média Geral	12,41	1,59	13,77	12,12	3,36	1,47
CV (%)	11,40	28,54	18,47	14,59	21,18	17,69

** e * significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto ao desdobramento da interação para o teor de P nas raízes de Ora-pró-nobis, observa-se na que no tratamento com a adição de fertilizante mineral, as bactérias não diferiram entre si, ao contrário do que aconteceu na ausência do adubo (Tabela 16).

Nos tratamentos sem adubação com NPK, a bactéria *A. brasilense* proporcionou maior teor de P no sistema radicular da planta ($2,33 \text{ g kg}^{-1}$) quando comparado ao tratamento com adição de adubo ($1,40 \text{ g kg}^{-1}$), inferindo sobre a capacidade desta bactéria de absorver P do solo mesmo sem a disponibilidade do fertilizante mineral com P.

Tabela 16. Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor de P nas raízes de Ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.

Inoculação	Adubação NPK	
	----- g kg^{-1} -----	
	Com	Sem
Ausência	1,40 aA	1,10 bA
<i>A. brasilense</i>	1,40 aB	2,33 aA
<i>B. subtilis</i>	1,70 aA	1,30 bA
<i>P. fluorescens</i>	1,83 aA	1,70 abA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Para teor de K no sistema radicular, pode-se afirmar, a partir do desdobramento que, a presença do fertilizante mineral influenciou diretamente o desempenho das bactérias inoculadas. Nesta situação, a *P. fluorescens* promoveu maior teor de K nas raízes. Na ausência de adubação, os tratamentos referentes às diferentes inoculações não diferiram. O desempenho de *A. brasilense* foi influenciado de maneira negativa para o teor de K nas raízes com a presença do adubo mineral, apresentando média de $9,93 \text{ g kg}^{-1}$ e $16,76 \text{ g kg}^{-1}$, na presença e ausência de NPK, respectivamente (Tabela 17).

Tabela 17. Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor de K nas raízes de Ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.

Inoculação	Adubação NPK	
	----- g kg ⁻¹ -----	
	Com	Sem
Ausência	13,23 abA	15,66 aA
<i>A. brasilense</i>	9,93 bB	16,76 aA
<i>B. subtilis</i>	12,80 abA	13,16 aA
<i>P. fluorescens</i>	15,86 aA	12,80 aA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Diante dos dados apresentados na tabela 18, assim como para o teor de K, para Cálcio a adição de adubo ao solo influenciou no desempenho das diferentes bactérias estudadas

Nestas condições, a *B. subtilis* ganhou destaque e proporcionou o maior teor de Ca nas raízes de ora-pro-nóbis, enquanto que *A. brasilense* promoveu o menor teor, assim como aconteceu para K. *A. brasilense* e *P. fluorescens* tiveram piores desempenhos na presença do fertilizante, enquanto que *B. subtilis* foi beneficiada nestas condições.

Tabela 18. Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor de Ca nas raízes de Ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.

Inoculação	Adubação NPK	
	----- g kg ⁻¹ -----	
	Com	Sem
Ausência	10,60 abB	13,53 abA
<i>A. brasilense</i>	9,46 bB	15,93 aA
<i>B. subtilis</i>	13,63 aA	10,70 bB
<i>P. fluorescens</i>	9,46 bB	13,63 abA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Observa-se que quanto aos teores de Cu, Mn e B, estes não foram influenciado por nenhum dos fatores. Contudo, para os teores de Fe e Zn, a interação entre inoculação e adubação mineral foi significativa (Tabela 19).

Tabela 19. Médias e teste F para os teores de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas raízes de Ora-pro-nóbis aos 131 dias após a implantação do experimento em função dos tratamentos. Ilha Solteira, SP, 2021.

Tratamentos	Cu	Fe	Mn	Zn	B
		----- mg kg ⁻¹ -----			
Adubação NPK (A)					
Com	13,00	1923,66	61,66 a	11,00	51,00
Sem	12,33	1281,50	50,00 b	14,24	57,41
DMS	11,52	239,26	10,31	2,37	10,92
Inoculação (I)					
Ausência	13,33	2070,33	65,16	14,00	47,33
<i>A. brasilense</i>	13,50	1451,33	49,50	14,00	47,33
<i>B. subtilis</i>	13,50	1242,00	49,00	11,33	49,33
<i>P. fluorescens</i>	13,33	1646,66	59,66	11,16	52,83
DMS	3,28	452,26	19,50	4,48	20,64
Teste F					
<i>p</i> valor (A)	0,1223	0,0001**	0,0283	0,0093*	0,5047
<i>p</i> valor (I)	0,1679	0,0003**	0,0824	0,1541	0,8674
<i>p</i> valor (Axl)	0,1323	0,0213*	0,0930	0,0001**	0,9644
Média Geral	12,65	1602,58	55,83	12,62	49,20
CV (%)	27,91	20,4	25,32	25,73	26,65

** e * significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A partir dos dados, é possível afirmar que a fertilização do solo com adubo mineral proporcionou os maiores teores de Fe nas raízes quando não houve a inoculação com as bactérias. Na ausência do fertilizante, os tratamentos de inoculação não diferiram quanto ao teor do micronutriente no sistema radicular (Tabela 20).

Tabela 20. Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor de Fe nas raízes de Ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.

Inoculação	Adubação NPK	
	----- g kg ⁻¹ -----	
	Com	Sem
Ausência	2713,66 aA	1427,00 aB
<i>A. brasilense</i>	1562,00 bA	1340,66 aA
<i>B. subtilis</i>	1471,66 bA	1012,33 aA
<i>P. fluorescens</i>	1947,33 bA	1346,00 aA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Para teor de Zn no sistema radicular, nos tratamentos com fertilizantes as bactérias tiveram comportamentos distintos, onde a bactéria *A. brasilense* proporcionou menor teor deste micronutriente nas raízes. Em contrapartida, quando não houve adição de adubo mineral ao solo, a *A. brasilense* promoveu maior teor de Zn nas raízes de Ora-pro-nóbis (Tabela 21).

Tabela 21. Desdobramento da interação significativa entre adubação x inoculação para teor de Zn nas raízes de Ora-pro-nóbis aos 131 DAI. Ilha Solteira, SP, 2021.

Inoculação	Adubação NPK	
	----- g kg ⁻¹ -----	
	Com	Sem
Ausência	14,66 aA	13,33 bA
<i>A. brasilense</i>	7,00 bB	21,00 aA
<i>B. subtilis</i>	12,33 abA	10,32 bA
<i>P. fluorescens</i>	10,00 abA	12,32 bA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

5. CONCLUSÕES

As bactérias promotoras de crescimento de plantas testadas melhoraram a nutrição de plantas de forma distinta e podem interferir no desenvolvimento da ora-pro-nóbis, independente do fornecimento de fertilizantes

A adubação com NPK proporcionou maior ICF e teores de Fe e Mn nas raízes. Os maiores teores foliares de Cu e Zn na folhas são obtidos sem a adubação mineral com NPK.

A não inoculação promoveu menor matéria seca da parte aérea e raízes e maior teor de Mn foliar, independentemente da adubação NPK.

O *Bacillus subtilis* proporcionou maiores teores de Ca e Mg nas raízes da Ora-pró-nobis.

A inoculação com *Pseudomonas fluorescens* aliada a ausência de adubação resultou em menor altura de planta, porém favoreceu o acúmulo de matéria seca nas raízes e maior teor de S foliar, sob adubação e a inoculação com esta bactéria proporcionou maior teor foliar de K.

A inoculação com *Azospirillum brasilense* promoveu melhores resultados para Ora-pro-nóbis, aumentou o número de folhas por planta (produto colhido para consumo), massas fresca e seca de parte aérea, proporcionou maior número de ramos por planta sem o uso de fertilizantes com N, P e K, aumentou o teor de N foliar (ou seja, maior teor de proteína bruta), teor de Zn foliar, teores de P e Zn nas raízes.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA FILHO, J.; CAMBRAIA, J. Estudo do valor nutritivo do “ora-pro-nobis” (*Pereskia aculeata* Mill.). **Revista Ceres**, v. 21, n. 114, p. 105-111, 1974.
- ALMEIDA, M. E. F. DE.; CORRÊA, A. D. Utilization of cacti of the genus pereskia in the human diet in a municipality of Minas Gerais. **Ciencia Rural**, v. 42, n. 4, p. 751-756, 2012.
- ALMEIDA; M. E. F. et al. Caracterização química das hortaliças não-convencionais conhecidas como ora-pro-nobis. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 431-439, 2014.
- ANDRADE, A.T. et al. Produtividade de milho em função da redução do nitrogênio e da utilização de *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 229-239, 2016.
- ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.S. (Org.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.253-280.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). *Canadian Journal of Microbiology*, v. 43, p. 103-121, 1977.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. E. *Azospirillum*-plant relationships: Physiological, molecular, agricultural and environmental advances (1997-2003). *Canadian Journal of Microbiology*, v. 50, p. 521-577, 2004.
- BATISTA, B. D. **Produção de crescimento em milho (Zea mays L.) por rizobactérias associadas à cultura do guaranazeiro (Paullinia cupana var. sorbilis)**. 2012. 129 f. Dissertação (Mestrado)– Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- ESALQ, Universidade de São Paulo- USP, Piracicaba, 2012.

CARVALHAIS, L. C. et al. Activation of the jasmonic acid plant defense pathway alters the composition of rhizosphere bacterial communities. 2013. *PLoS ONE* 8:e56457. doi: 10.1371/journal.pone.0056457

COELHO, F.L. et al. Interação de bactérias do gênero *Pseudomonas fluorescens* e de *Bacillus* spp. com a rizosfera de diferentes plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1413-1420, 2007.

CONCEIÇÃO, M. C. et al. Thermal and microstructural stability of a powdered gum derived from *Pereskia aculeata* Miller leaves. **Food Hydrocolloids**, v. 40, p.104-114, 2014.

DÖBEREINER, J.; MARRIEL, I. E.; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 22, p. 1464-1473, 1976.

FERREIRA, G. B. et al. Deficiência de fósforo e potássio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande, PB. **Anais...** Campina Grande, PB, 2004. CD-ROM.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. 112p.

GALINDO, F. S.; BRITO, V. B.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Assessing nutritional status and development of *Pereskia aculeata* Mill. affected by inoculation of *Azospirillum brasilense* combined with nitrogen rates. **Journal of Plant Nutrition**, p. 1-16, 2021.

GLICK, B. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. **Scientifica**, v. 2012, p. 1-15, 2012.

HUERGO, L.F. et al. Regulação da fixação de nitrogênio em *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum* sp.**: Fisiologia celular, as interações de plantas e pesquisa agronômica na Argentina. Associação Argentina de Microbiologia, Argentina, 2008.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo.** Londrina: Embrapa Soja, 36 (Embrapa Soja. Documentos, 325), 2011.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, n. 1-2, p.413-425, 2010.

HUNGRIA, M.; MENDES, I.C.; MERCANTE, F.M. A **fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja.** 2013, Londrina, PR: Embrapa Soja. ISSN 2176-2937. 2013. 24 p. (Documentos, 337).

HUNGRIA, M. ; NOGUEIRA, M.A. ; ARAUJO, R.S. Co-inoculação de soja e feijão com rizóbio e *Azospirillum*: estratégias para melhorar a sustentabilidade. **Biology Fertility Soils**, Firenze, v. 49, p. 791–801, 2013.

HUNGRIA, M.; RIBEIRO, R. A.; NOGUEIRA, M. A. Draft genome sequences of *Azospirillum brasilense* strains Ab-V5 and Ab-V6, commercially used in inoculants for grasses and legumes in Brazil. **Genome Announcements**, v. 6, n. 20, e00393-18, 2018.

JESCHKE, W.D. et al. Effects of P deficiency on the uptake, flows and utilization of C, N and H₂O within intact plants of *Ricinus communis* L. **Journal of Experimental Botany**, v.47, p. 1737-1754, 1996.

KARAMI, A.; SELEHI, H. Adventitious root formation in Rohida (*Tecomella undulata* (SM.) Seem) cuttings. **Propagation of Ornamental Plants**, v. 10, n. 3, p. 163-168, 2010.

KHATOUNIAN, C. A. Algumas considerações sobre a olericultura orgânica. **Horticultura Brasileira**, v. 12, n. 2, p. 256-258, 1994.

LAVIOLA, B.G. et al. Dinâmica de N e K em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação. **Bioscience Journal**, v.22, n.3, p.33-47, 2006.

MADEIRA, N. R. et al. **Cultivo de Ora-pro-nóbis (Pereskia) em plantio adensado sob manejo de colheitas sucessivas**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2016. 20 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 156).

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas e máximas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fósforo, 1997. 201p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005. 451p.

MARQUES, A. C. R. et al. Biological nitrogen fixation in C4 grasses of different growth strategies of South America natural grassland. **Applied Soil Ecology**, v. 113, p. 54-62, 2017.

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, p. 2372- 2380, 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MARTIN, A. A. et al. Chemical structure and physical-chemical properties of mucilage from the leaves of *Pereskia aculeata*. **Food Hydrocolloids**, v.70, p.20-28, 2017.

NGUGIA, H. K. et al. Effect of flower-applied Serenade biofungicide (*Bacillus subtilis*) on pollination-related variables in rabbiteye blueberry. **Biological Control**, v. 33, p. 32-38, 2005.

PAULUCIO, V. A. P. **Produção de sementes e mudas como fontes proteicas alternativas na alimentação animal**: cartilha para produtores. CAUFES: Alegres, 2014. 24 p.

PINTO, N. C. et al. *Pereskia aculeata* Miller leaves present in vivo topical antiinflammatory activity in models of acute and chronic dermatitis. **Journal of Ethnopharmacology**, n. 173, p. 330-337, 2015.

PREZOTTI, L. C. Fertilização do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. p. 607–615.

QUEIROZ, C. R. A. A. et al. Growing *Pereskia aculeata* under intermittent irrigation according to levels of matric potential reduction. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 1-8, 2015.

QUEIROZ, C. R. A. dos A. et al. Ora-pro-nóbis em uso alimentar humano: percepção sensorial. **Revista Verde**, v. 10, n.3, p. 1 – 5, 2015.

RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Ceres, 1991. 343p.

ROGGATZ, U. et al. Effects of nitrogen deprivation on cell division and expansion in leaves of *Ricinus communis* L.. **Plant Cell Environ**, v.22, p. 7140-7791, 1999.

ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Científica**, Jaboticabal, v. 44, p. 102-112, 2016.

RYAN, R. P. Bacterial Endophytes: Recent Developments and Applications. **FEMS Microbiology Letters**, v. 278, p. 1-9, 2008.

SAHARAN, B. S.; NEHRA, V. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. **Life Sciences and Medicine Research**, v.21, n.1, p. 30, 2011.

SCHOEBITZ, M.; LÓPEZ, M.; ROLDÁN, A. Bioencapsulation of microbial inoculants for better soil–plant fertilization: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 33, n. 4, p. 751-765, 2013.

SILVA, D. O. et al. Acute toxicity and cytotoxicity of *Pereskia aculeata* a highly nutritious cactaceae plant. **Journal of Medicinal Food**, v. 20, n. 4, p. 1-7, 2017.

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

SOTTERO A. N. **Colonozação radicular e promoção de crescimento vegetal por rizobactérias**. 2003. 47p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas.

SOUZA, L. F. et al. *Pereskia aculeata* Muller (Cactaceae) leaves: chemical composition and biological activities. **Internacional Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 9, p. 1478, 2016.

STEFANELLI, D., I.; GOODWIN; R. J. Uso mínimo de nitrogênio e água na horticultura: efeitos na qualidade e no conteúdo de nutrientes selecionados. **Food Research International**, v. 43, n.7, p. 1833–1843, 2010.

TOFFANELI, M. B. D.; RESENDE, S. G. Sistemas de condução na produção de folhas de Ora-pro-nobis. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 466-469, 2011.

ZAMARIOLLI, E. R. L. **Inoculação de *Pseudomonas* via semente e eficiência agrônômica de fosfatos na cultura do milho**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Pau- lista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016.