

Bactérias promotoras de crescimento vegetal e uso de pó de rocha na produção inicial de hortaliças não convencionais

Bacteria that promote plant growth and the use of rock dust in the initial crop of non-conventional vegetables

Bacterias que promueven el crecimiento vegetal y el uso de polvo de roca en la producción inicial de vegetales no convencionales

Recebido: 02/02/2022 | Revisado: 14/02/2022 | Aceito: 06/03/2022 | Publicado: 13/03/2022

Antonielle Aparecida Cassimiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1992-9237>
Universidade José do Rosário Vellano, Brasil
E-mail: antonielle.cassimiro@aluno.unifenas.br

Gislaine Aparecida Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7520-7784>
Universidade José do Rosário Vellano, Brasil
E-mail: gislaine.carvalho@aluno.unifenas.br

Luis Felipe Lima e Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6082-9182>
Universidade José do Rosário Vellano, Brasil
E-mail: luis.silva@unifenas.br

Ligiane Aparecida Florentino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9092-3017>
Universidade José do Rosário Vellano, Brasil
E-mail: ligiane.florentino@unifenas.br

Felipe Esteves de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1098-5205>
Universidade José do Rosário Vellano, Brasil
E-mail: oliveira.fe@hotmail.com

Felipe Mendes Dias de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2315-9252>
Universidade José do Rosário Vellano, Brasil
E-mail: felipe.dias@aluno.unifenas.br

Resumo

O objetivo foi investigar o efeito da inoculação de estirpes de bactérias promotoras de crescimento vegetal na produção inicial de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.), de bertalha (*Basella rubra* L.) e de vinagreira verde (*Hibiscus sabdariffa* L.). Para isso, foram implantados dois experimentos no Setor Experimental da Universidade José do Rosário Vellano, em delineamento de blocos casualizados, no esquema fatorial 2 x 7, com 3 repetições. No primeiro experimento foram avaliadas duas cultivares de *T. majus* (comum e híbrida) e sete tratamentos no solo (uso do KCl, sem fonte de potássio, uso do fonolito e fonolito associado à inoculação com quatro estirpes de BPCV). No segundo experimento foram avaliadas duas espécies de hortaliças não convencionais (*H. sabdariffa* e *B. rubra*) e 7 tratamentos no solo (uso do KCl, sem fonte de potássio, uso do fonolito e fonolito associado à inoculação com quatro estirpes de BPCV). O uso do fonolito associado à inoculação com as estirpes bacterianas Ab-V5, UNIFENAS 100-13 e UNIFENAS 100-94 aumentaram a produção do peso fresco da parte aérea e das raízes de *T. majus*. A inoculação das BPCV associado ao uso do fonolito não apresentou influência significativa no crescimento inicial das espécies *B. rubra* e *H. sabdariffa*.

Palavras-chave: Agricultura familiar; Bactérias promotoras de crescimento vegetal; Nutrição vegetal; Sustentabilidade; Rochagem.

Abstract

The objective was to investigate the effect of inoculation of plant growth-promoting bacteria strains on the initial production of nasturtium (*Tropaeolum majus* L.), vine spinach (*Basella rubra* L.) and hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.). For this, two experiments were implemented in the Experimental Sector of the José do Rosário Vellano University, in a randomized block design, in a 2 x 7 factorial scheme, with 3 replications. In the first experiment, two cultivars of *T. majus* (common and hybrid) and seven treatments in the soil (use of KCl, without potassium source, use of phonolite and phonolite associated with inoculation with four strains) were evaluated. In the second

experiment, two unconventional vegetable species (*T. majus* and *B. rubra*) and 7 soil treatments were evaluated (use of KCl, without potassium source, use of phonolite and phonolite associated with inoculation with four strains of BPCV). The use of phonolite associated with inoculation with bacterial strains Ab-V5, UNIFENAS 100-13 and UNIFENAS 100-94 increased the production of fresh weight of shoots and roots of *T. majus*. The inoculation of plant growth-promoting bacteria strains associated with the use of phonolite had no significant influence on the initial growth of the species *B. rubra* and *H. sabdariffa*.

Keywords: Family farming; Plant growth promoting bacteria; Vegetable nutrition; Sustainability; Fertilization with rock.

Resumen

El objetivo fue investigar el efecto de la inoculación de cepas de bacterias promotoras del crecimiento vegetal en la producción inicial de capuchina (*Tropaeolum majus* L.), beralha (*Basella rubra* L.) y hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.). Para ello, se implementaron dos experimentos en el Sector Experimental de la Universidad José do Rosário Vellano, en un diseño de bloques al azar, en esquema factorial 2 x 7, con 3 repeticiones. En el primer experimento se evaluaron dos cultivares de *T. majus* (común e híbrido) y siete tratamientos en suelo (uso de KCl, sin fuente de potasio, uso de fonolita y fonolita asociada a la inoculación con cuatro cepas de VPPB). En el segundo experimento se evaluaron dos especies vegetales no convencionales (*T. majus* y *B. rubra*) y 7 tratamientos de suelo (uso de KCl, sin fuente de potasio, uso de fonolita y fonolita asociada a la inoculación con cuatro cepas de VPPB). El uso de fonolita asociado a la inoculación con las cepas bacterianas Ab-V5, UNIFENAS 100-13 y UNIFENAS 100-94 incrementó la producción de peso fresco de brotes y raíces de *T. majus*. La inoculación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociada al uso de fonolita no tuvo influencia significativa en el crecimiento inicial de las especies *B. rubra* y *H. sabdariffa*.

Palabras clave: Agricultura familiar; Bacterias promotoras del crecimiento vegetal; Nutrición vegetal; Sustentabilidad; Fertilizando con rocas.

1. Introdução

Muitas eram as hortaliças nativas ou introduzidas que foram antigamente consumidas pela população brasileira. Entretanto, devido à grande oferta das chamadas hortaliças ditas modernas, as quais foram amplamente geneticamente melhoradas, muitas espécies deixaram de ser consumidas diariamente, e se tornaram não convencionais (Silva et al., 2018; de Oliveira et al., 2022).

Um exemplo de hortaliça não convencional bastante citada é *Tropaeolum majus* L., da família Tropaeolaceae, conhecida popularmente como capuchinha. A capuchinha é uma planta bastante versátil e toda parte aérea possui ampla utilização, como hortaliça, potencial medicinal, melífera e ornamental. A planta se propaga facilmente por sementes e por meio de estaquia via reprodução assexuada (Silva et al., 2021). Considerando-se estas características agrônomicas e sua rusticidade, seu cultivo pode ser uma alternativa potencial para os produtores familiares de hortaliças, conforme observado por Moraes et al. (2005).

Hibiscus sabdariffa L., da família das Malváceas, popularmente conhecida como vinagreira verde, é outro exemplo de planta não convencional que se adaptou perfeitamente em diferentes regiões do Brasil. No Maranhão, destaca-se como uma das hortaliças mais consumidas pela população, sendo utilizada no preparo de pratos típicos, com destaque ao arroz de cuxá. Suas folhas são ricas em vitaminas A e B, minerais, aminoácidos, e nutrientes em geral. Na medicina popular é utilizada como diurética, calmante e possui propriedades antiescorbútica (Silva et al., 2018).

Outra hortaliça não convencional que vem cada vez mais sendo citada é a *Basella rubra* L., popularmente conhecida como beralha, da família Basellácea, provavelmente originária da Índia. Esta espécie apresenta características de planta trepadeira e por seu valor nutricional, aliado à rusticidade no cultivo, é um importante recurso alimentar. Possui folhas e caules verdes, carnosos e suculentos, muito cultivada em hortas domésticas, e às vezes em ornamentações (Kinuup & Lorenzi, 2014).

Os fatores agrônomicos de produção destas hortaliças não convencionais ainda demandam de mais estudos. Apesar de serem consideradas rústicas, elas respondem de maneira positiva quando se aplicam tratamentos agrônomicos comumente indicados para hortaliças em geral, tal como adubação.

Aliado à importância de difusão do consumo das hortaliças não convencionais, verifica-se também a necessidade de

implementação de técnicas alternativas de cultivo, priorizando o uso de bioinsumos. Nesse sentido, as bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) possuem grande potencial de utilização visto que exercem diversas funções capazes de promover o desenvolvimento da planta de forma direta e/ou indireta, reduzindo a aplicação de fertilizantes químicos sintéticos (Moreira & Siqueira, 2006).

Dentre as diversas funções desenvolvidas pelas BPCV, a solubilização de nutrientes tem sido alvo de inúmeras pesquisas, sendo comprovada a capacidade de diversas estirpes em solubilizar fósforo e potássio de pó de rocha, viabilizando assim o uso de rochas nacionais na agricultura e reduzindo a dependência externa de fertilizantes (Florentino et al., 2017 A; B; Terra et al., 2019).

Identificar estirpes de BPCV que possam contribuir para o crescimento de hortaliças não convencionais associadas ao uso de pó de rocha são medidas que estão diretamente associadas ao plano de segurança alimentar e que devem ser estudadas visando a difusão para agricultores familiares que praticam o cultivo orgânico ou agroecológico. Baseado nisso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de diferentes estirpes bacterianas promotoras de crescimento associadas ao uso do pó da rocha fonolito no cultivo das espécies *Tropaeolum majus* L., *Hibiscus sabdariffa* L. e *Basella rubra* L.

2. Metodologia

Os experimentos foram conduzidos no Viveiro Experimental da Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS, no município de Alfenas, sul de Minas Gerais, em área do Setor de Olericultura e Experimentação (21025'45"S, 45056'50"W, 880 m de altitude).

Foram instalados dois experimentos: Experimento 1: Uso do fonolito e bactérias promotoras de crescimento vegetal na produção inicial de *Tropaeolum majus* L.; e Experimento 2: Uso do fonolito e bactérias promotoras de crescimento vegetal na produção inicial de *Hibiscus sabdariffa* L. e de *Basella rubra* L. Os experimentos foram conduzidos em sistema protegido.

2.1 Estirpes bacterianas utilizadas nos experimentos

Foram utilizadas quatro estirpes bacterianas no estudo, sendo três pertencentes à coleção de microrganismos do Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), identificadas como UNIFENAS 100-13; UNIFENAS 100-39 e UNIFENAS 100-94, pertencentes ao gênero *Burkholderia*. Essas estirpes apresentaram comprovada capacidade em fixar nitrogênio atmosférico (N₂) (Miranda et al., 2018), solubilizar potássio da rocha fonolito (Florentino et al., 2017A), produzir ácido indol-3-acético (AIA) (Florentino et al., 2017 B; Terra et al., 2019) e solubilizar fósforo (Terra et al., 2019; Paredes-Filho et al., 2020), sendo consideradas portanto, bactérias promotoras do crescimento vegetal (BPCV).

Utilizou-se também uma estirpe pertencente à coleção da EMBRAPA e aprovada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), como inoculante para as culturas do milho, trigo e arroz, estirpe Ab-V5 da espécie *Azospirillum brasilense* (IN, 2011).

Para preparo do inoculante, as estirpes bacterianas foram cultivadas em meio FAM (Magalhães & Döbereiner, 1984) sólido para confirmação da pureza e posteriormente em meio FAM líquido por 72 horas tempo necessário para atingirem a fase logarítmica de crescimento, contendo aproximadamente 10⁹ células.mL⁻¹. Para a inoculação, foram utilizadas 1 mL.planta⁻¹ no momento do transplantio.

2.2 Características do pó da rocha fonolito

Foi utilizada rocha fonolito como fonte de potássio contendo 8,0% de K₂O, moída e passada por peneira com abertura de malha de 0,25 mm (60 mesh).

2.3 Instalação e desenvolvimento dos experimentos

As sementeiras de ambos os experimentos foram realizadas em 17/02/2021, em bandejas de poliestireno, de 128 células. As sementes de *T. majus* híbrida foram adquiridas via empresa ISLA, enquanto que as sementes de *T. majus* comum, *H. sabdariffa* e *B. rubra* foram cedidas pelo banco de germoplasma de hortaliças não convencionais da Universidade Federal de Lavras.

Os tratamentos constituíram de: 1) uso do cloreto de potássio, KCl (controle positivo); 2) sem uso de potássio (controle negativo); 3) uso do pó da rocha fonolito 4) fonolito associado à inoculação da estirpe BPCV UNIFENAS 100-13; 5) fonolito associado à inoculação da estirpe BPCV UNIFENAS 100-39; 6) fonolito associado à inoculação da estirpe BPCV UNIFENAS 100-94 e 7) fonolito associado à inoculação da estirpe Ab-V5.

Após 40 dias da sementeira, as mudas foram transplantadas para condição experimental, em vasos de 5 dm³, em condições de casa de vegetação. Os vasos foram preenchidos com solo de barranco, cujos resultados da análise química estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Análise química inicial do solo utilizado no experimento.

MO	pH	P-	K+	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	V	M
	CaCl ₂	Mehlich									
g/dm ³		---mg dm ⁻³ ---		----- mmolc dm ⁻³ -----						---- % ----	
8	4,6	3	1,2	5	2	0,00	22	8,2	30,2	27	1

MO – matéria orgânica; H+Al – acidez potencial; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V – saturação por bases; m – saturação por Al³⁺. Fonte: Autores (2022).

A calagem foi realizada de forma prévia elevando-se a saturação de bases para 70%, com finalidade também de suprir a quantidade da demanda de Ca e Mg e o tempo de incubação do calcário foi por 60 dias. As recomendações de nutrição foram realizadas de acordo com análise química do solo, de acordo com exigências médias das hortaliças, com adaptações das recomendações de adubação indicadas por Reis (2006) e por Ribeiro (1999). Na adubação de plantio todo o fósforo foi aplicado, juntamente com 20% das recomendações dos demais nutrientes, exceto potássio, cujas fontes e doses foram descritas acima.

Posteriormente, em quatro parcelas determinadas em um espaço de tempo de 15 dias, 80% do restante dos nutrientes foi aplicado. Os nutrientes P, S e N foram supridos por meio dos fertilizantes MAP, Sulfato de Amônio e Ureia, respectivamente. Os micronutrientes foram supridos via aplicações quinzenais com fertilizante foliar. A irrigação foi realizada por gotejamento sempre se mantendo constante a umidade em capacidade de campo.

2.4 Experimento 1: Uso do fonolito e bactérias promotoras do crescimento vegetal na produção inicial de *Tropaeolum majus*

No primeiro experimento foram utilizadas duas cultivares de *T. majus* (comum e híbrida). O delineamento adotado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2x7, sendo 2 cultivares de *T. majus* (comum e híbrida) e 7 tratamentos (controles positivo e negativo, adubação com fonolito e fonolito associado à inoculação com estirpes bacterianas), conforme descrito anteriormente.

O experimento foi avaliado após 90 dias. A parte aérea e as raízes das plantas foram colhidas, lavadas, sanitizadas, e posteriormente o peso fresco de cada planta foi aferido em balança analítica de precisão. Foi realizada a contagem de gemas meristemáticas da haste principal, a contagem do número de hastes, e a aferição do diâmetro da haste principal na base utilizando-se um paquímetro digital. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de médias de Scott-Knott a 5%, por meio do software Sisvar (Ferreira, 2014).

2.5 Experimento 2: Uso do fonolito e bactérias promotoras do crescimento vegetal na produção inicial de *Basella rubra* e *Hibiscus sabdariffa*

No segundo experimento, o delineamento adotado foi em DBC, em esquema fatorial 2x7, sendo utilizadas 2 espécies de hortaliças não convencionais (*B. rubra* e *H. sabdariffa*) e 7 tratamentos (controles positivo e negativo, adubação com fonolito e fonolito associado à inoculação com estirpes bacterianas).

O experimento foi conduzido por 90 dias e a parte aérea e as raízes das plantas foram colhidas, lavadas, sanitizadas e pesadas. O peso fresco da parte aérea e das raízes foi avaliado em balança analítica de precisão. Foram também avaliados os seguintes atributos biométricos das plantas: altura média das plantas (utilizando-se fita graduada); diâmetro médio dos caules (utilizando-se um paquímetro digital); contagem do número médio de folhas; número médio de gemas laterais e número médio de bifurcações. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo software Sisvar (Ferreira, 2014).

3. Resultados e Discussão

3.1 Uso do fonolito e bactérias promotoras do crescimento vegetal na produção inicial de *Tropaeolum majus*

Os diferentes tratamentos no solo influenciaram significativamente o peso fresco da parte aérea e das raízes de ambas as cultivares de *T. majus*, entretanto, a interação entre as cultivares e os tratamentos aplicados ao solo não foi significativa, e, por isso, foram realizados os testes com as médias de ambas às cultivares representando a espécie. Os resultados do peso fresco das folhas e das raízes estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2: Peso fresco das folhas e raízes de *T. majus* em relação aos diferentes tratamentos aplicados ao solo.

Tratamentos	Peso fresco folhas (gramas)		Peso fresco raízes (gramas)	
Controles				
Positivo (KCL)	66,16	a	47,25	a
Negativo (sem fonte de potássio)	17,83	b	12,50	b
Utilização do fonolito				
Fonolito	36,83	b	23,58	b
Fonolito + UNIFENAS 100-13	45,75	a	35,00	a
Fonolito + UNIFENAS 100-94	41,75	a	31,58	a
Fonolito + UNIFENAS 100-39	30,08	b	22,33	b
Fonolito + Ab-V5	55,33	a	45,25	a

*Médias seguidas pelas mesmas letras em uma mesma coluna não se diferenciam estatisticamente a um nível de 5% pelo teste de Scott-Knott. Fonte: Autores.

Os tratamentos em que foram aplicados o KCL e o fonolito associado à inoculação com as estirpes bacterianas UNIFENAS 100-13, UNIFENAS 100-94 e Ab-V5 influenciaram positivamente e se destacaram no peso fresco das folhas e raízes das plantas de *T. majus*, produzindo em média 52,25 g, se diferenciando significativamente dos demais tratamentos.

Estes resultados demonstram bom potencial de produção vegetal em plantas de ambas as cultivares de *T. majus* inoculadas com as estirpes bacterianas UNIFENAS 100-13, UNIFENAS 100-94 e Ab-V5. Plantas inoculadas em essas bactérias, em ambas as cultivares de capuchinha, apresentaram produção de peso fresco similar àquelas fertilizadas com o potássio do KCL.

Analisando os dados da tabela 2, verifica-se ainda a importância da utilização do uso do fonolito associado à inoculação com as estirpes bacterianas, visto que os valores de peso fresco da parte aérea e raízes dos tratamentos contendo somente fonolito foi semelhante ao controle negativo, em que não foi utilizado nenhuma fonte de potássio. Esses resultados

podem ser explicados pela lenta liberação do potássio do pó da rocha fonolito (Queiroz et al., 2017). Os microrganismos solubilizadores de potássio produzem ácidos orgânicos, os quais aumentam a liberação deste nutriente das rochas silicatadas (Girgis et al., 2008; Meena et al., 2014; Brandão et al., 2014; Florentino et al., 2017 A; B).

A eficiência apresentada pela inoculação das estirpes UNIFENAS 100-13 e UNIFENAS 100-94 pode ser explicada pelo fato destas estirpes apresentarem comprovada capacidade em solubilizar potássio (Florentino et al., 2017A), além de contribuírem para o desenvolvimento vegetal por meio da fixação biológica de N₂ (Miranda et al., 2018), produzirem AIA (Florentino et al. 2017 B; Terra et al., 2019) e solubilizarem fósforo (Terra et al., 2019; Paredes-Filho et al., 2020).

A contribuição da inoculação de BPCV é descrita no estudo realizado por Rueda et al. (2016), na cultura do morango, em que foram observados maiores índices de área foliar e de peso seco da parte aérea das plantas inoculadas.

A estirpe Ab-V5, a qual é comercializada como inoculante de bactéria fixadora de N₂ para as culturas do milho, trigo e arroz, também foi eficiente na promoção do crescimento vegetal de *T. majus*. Essa estirpe possui comprovada capacidade em produzir AIA e contribuir significativamente para o crescimento vegetal de mudas de *Lactuca sativa* (Florentino et al., 2017A). De Silva et al. (2004) também observaram melhorias no crescimento de cevada e trigo quando suas sementes foram inoculadas com a estirpe bacteriana de *Azospirillum brasilense*.

Os resultados encontrados nesse experimento constituído pela utilização da inoculação das estirpes de BPCV associadas ao uso do fonolito constitui em uma alternativa sustentável para o cultivo de *T. majus* e bastante promissor visando diminuir a dependência de adubos químicos potássicos na produção desta espécie.

Em relação ao diâmetro da haste principal, ao número de gemas laterais, e ao número de hastes de *T. majus*, não houveram influências significativas dos tratamentos, sendo observadas as médias de 3,69cm de diâmetro, 13,87 gemas por planta e 4 hastes por planta.

3.2 Uso do fonolito e bactérias promotoras do crescimento vegetal na produção inicial de *Basella rubra* e *Hibiscus sabdariffa*

Em relação às espécies *B. rubra* e *H. sabdariffa*, os diferentes tratamentos no solo não influenciaram significativamente em nenhum dos atributos avaliados. Com isso, as médias foram descritas na Tabela 3.

Tabela 3: Médias dos atributos avaliados em *H. sabdariffa* (vinagreira) e *B. rubra* (bertalha).

Espécie	Altura da planta	Diâmetro do caule	Nº folhas	Nº de frutos
	cm	cm	Nº	Nº
<i>H. sabdariffa</i>	25,79	4,77	10,3	2,4
<i>B. rubra</i>	16,53	7,99	15,6	0
	Nº Hastes	PM de fruto	PF aéreo	PF raízes
	Nº	g	g	g
<i>H. sabdariffa</i>	0	10,48	15,5	12,36
<i>B. rubra</i>	2,71	0	61,5	15,29

*PF = Peso fresco e PM = peso médio. Fonte: Autores.

Diferentemente dos resultados observados neste estudo em relação às influências de bactérias promotoras de crescimento em *H. sabdariffa* e *B. rubra*, e similar aos resultados observados para *T. majus*, Meirelles (2016), avaliando a inoculação de diferentes bactérias promotoras de crescimento na cultura do brócolis e da alface, observou resultados positivos para produção de matéria fresca. Meirelles (2016) também citou que para melhores resultados positivos as bactérias devem ser inoculadas no plantio, entretanto, os resultados se prolongam e geralmente apresentam maiores potenciais com o acúmulo de tempo.

Miranda et al. (2018) observaram em seu trabalho que a matéria seca da parte aérea de *Urochloa brizantha* não apresentou influência da inoculação das bactérias UNIFENAS 100-13 e UNIFENAS 100-94 com doses de fonolito. Entretanto, estes autores concluíram que o uso de pó de rocha de fonolito associado às bactérias diazotróficas promoveu uma melhoria das características bromatológicas dessa espécie.

As espécies de hortaliças não convencionais geralmente são consideradas mais rústicas e boas acumuladoras de nutrientes, mesmo em solos com certas deficiências destes. Este fato pode também ter diminuído o potencial das bactérias inoculadas em fase de crescimento inicial das espécies *B. rubra* e *H. sabdariffa*. Inácio et al. (2020) citaram que devido a associação natural de bactérias promotoras de crescimento, muitas espécies de plantas alimentícias não convencionais não apresentam resultados significativos quando recebem a inoculação de tais bactérias, além da interferência da grande complexidade das relações no ambiente radicular que envolvem muitos outros fatores.

Novos estudos devem ser realizados buscando-se verificar essas possíveis influências em ciclo completo de cada espécie, bem como sob a cultura em campo em condições similares às utilizadas pelos produtores.

4. Conclusão

A inoculação das estirpes bacterianas Ab-V5, UNIFENAS 100-13 e UNIFENAS 100-94, associadas ao uso do fonolito, influenciou positivamente o aumento do peso fresco da parte aérea e das raízes de *T. majus*.

A inoculação de bactérias diazotróficas associadas ao fonolito não apresentou resultado significativo no crescimento inicial das espécies de *B. rubra* e *H. sabdariffa*.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e da Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, Brasil.

Referências

- Brandão, J. A. V., Lopes-Assad, M. L. R. C., & Ceccato-Antonini, S. R. (2014). Solubilization of diabase and phonolite dust by filamentous fungus. *Revista Ceres*, 61, 740-745.
- de Oliveira Silva, N., Lima, L. F., Natel, A. S., Bianchini, H. C., & da Silva, A. B. (2022). Plantas alimentícias não convencionais produzidas no sul de Minas Gerais. *Research, Society and Development*, 11(1), e51211125159-e51211125159.
- de Silva Oliveira, A. A., Arruda, T. F., & Bach, E. E. (2004). Ação do Azospirillum brasilense no desenvolvimento das plantas de trigo (variedade IAC-24) e cevada (variedade CEV 95033). *ConScientiae Saúde*, (3), 29-35.
- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2), 109-112.
- Florentino, L. A., Rezende, A. V., Miranda, C. C. B., Mesquita, A. C., Mantovani, J. R., & Bianchini, H. C. (2017 A). Potassium solubilization in phonolite rock by diazotrophic bacteria. *Comunicata Scientiae*, 8(1), 17-23.
- Florentino, L. A., Silva, A. B., Landgraf, P. R., & Souza, F. R. (2017 B). Inoculação de bactérias produtoras de ácido 3-indol acético em plantas de alface (*Lactuca sativa* L.). *Revista Colombiana de Ciências Hortícolas*, 11(1), 89-96.
- Girgis, M. G. Z., Khalil, H. M., & Sharaf, M. S. (2008). In vitro evaluation of rock phosphate and potassium solubilizing potential of some Bacillus strains. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(1), 68-81.
- Inácio, A. C. F., dos Santos Hara, F. A., Vendruscolo, J., Neto, P. D. Q. C., & de Souza, L. C. C. (2020). Caracterização morfofisiológica de bactérias solubilizadoras de fosfatos provenientes da rizosfera de plantas alimentícias não convencionais. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 24547-24565.
- Instrução Normativa SDA nº 13 (24/03/2011 – IN 2011). DOU 25/03/2011. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-13-2011_78540.html. Acesso em: 01/11/20.
- Kinupp, V. F., & Lorenzi, H. J. (2014). *Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas*. 768p.
- Magalhães, F. M. M., & Döbereiner, J. (1984). Occurrence of Azospirillum amazonense in some Amazonian (Brazil) ecosystems. *Revista de Microbiologia*, 15(4), 246-252.

- Moreira, F. M. S., & Siqueira, J. O. (2006). *Microbiologia e bioquímica do solo*. (2a ed.). Editora da Universidade Federal de Lavras. 729p.
- Meena, V. S., Maurya, B. R., & Verma, J. P. (2014). Does a rhizospheric microorganism enhance K⁺ availability in agricultural soils? *Microbiological research*, 169(5-6), 337-347.
- Meirelles, A. F. M. (2016). *Produtividade de hortaliças (alface, brócolis e rúcula) em resposta ao tratamento com ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em unidades de agricultura familiar*. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 91p.
- Miranda, C. C., Florentino, L. A., de Rezende, A. V., Nogueira, D. A., Leite, R. F., & Naves, L. P. (2018). Desenvolvimento de *Urochloa brizantha* adubada com fonolito e inoculada com bactérias diazotróficas solubilizadoras de potássio. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(3), 625-632.
- Moraes, A. A., Vieira, M. C., & Heredia Zárate, N. A. (2005). Produção de capuchinha e repolho, cultivadas solteiras e consorciadas, com e sem cama de frango semidecomposta, incorporada no solo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 23(2).
- Paredes, M. V., Silva, A. B. D., & Florentino, L. A. (2020). Solubilization of Araxá natural phosphate and decomposition of plant residues by bacterial isolates. *Ciência e Agrotecnologia*, 44(e008420), 01-07.
- Queiroz, A., Figueiredo, K., Miranda, R., & Borges, T. (2017). Fonte alternativa de potássio e seu efeito nos atributos químicos de um latossolo vermelho distrófico cultivado com cafeeiro catuaí. *Enciclopédia biosfera*, 14(25).
- Reis, F. D. C. (2006). *Componentes de produção de capuchinha (Tropaeolum majus L.), influenciados pela aplicação de nitrogênio e fósforo em um Latossolo Vermelho Distrófico*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados. 29p.
- Ribeiro, A. C. (1999). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação*. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 322p.
- Rueda, D., Valencia, G., Soria, N., Rueda, B. B., Manjunatha, B., Kundapur, R. R., & Selvanayagam, M. (2016). Effect of Azospirillum spp. and Azotobacter spp. on the growth and yield of strawberry (*Fragaria vesca*) in hydroponic system under different nitrogen levels. *J Appl Pharm Sci*, 6(01), 48-54.
- Silva, L. F. L. E., SOUZA, D. C., Resende, L. V., Nassur, R. D. C. M., Samartini, C. Q., & Gonçalves, W. M. (2018). Nutritional evaluation of non-conventional vegetables in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90, 1775-1787.
- Silva, L. F. L. E., Souza, D. C. D., Nassur, R. D. C. M. R., Bittencourt, W. J. M., Resende, L. V., & Gonçalves, W. M. (2021). Nutritional characterisation and grouping of unconventional vegetables in Brazil. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 96(4), 508-513.
- Terra, A. B. C., Souza, F. R. D. C., Mantovani, J. R., Rezende, A. V. D., & Florentino, L. A. (2019). Physiological characterization of diazotrophic bacteria isolated from *Brachiaria brizantha* rhizosphere. *Revista Caatinga*, 32(3), 658-666.