

Crescimento de mudas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) estimulado pela bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 em cultura orgânica

Tomato seedlings growth (*Solanum lycopersicum*) promoted by bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 in organic system

Vivian J. Szilagyi-Zecchin*, Átila Francisco Mógor, Lucimeris Ruaro e Cinthia Röder

Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários, 1540 – Caixa Postal 19061, CEP 80035-050, Curitiba, Paraná, Brasil, E-mail: vivian.szilagyi@gmail.com, author for correspondence

Recebido/Received: 2014.09.24
Aceite/Accepted: 2014.12.01

RESUMO

Este estudo verificou a atuação da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42, na produção de mudas orgânicas de duas cultivares ('Santa Clara I-5300' e 'Cereja 261') de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) mediante a inoculação nas sementes. Também se investigaram as características bacterianas relacionadas com a promoção do crescimento vegetal. Para isso, utilizou-se uma solução de FZB42 na concentração de 1×10^{11} UFC/mL, com os tratamentos correspondendo a porcentagens em volume (20% de FZB42; 80% de FZB42 e Testemunha com 100% de água destilada), na proporção de 320 uL/g de sementes. O percentual de germinação não foi influenciado pelos tratamentos e verificou-se estímulo ao crescimento da parte aérea por FZB42 a 20% nas plântulas da cv 'Cereja'. Na produção de mudas, a bactéria FZB42 a 20% promoveu o crescimento enquanto a FZB42 a 80% o reduziu. A inoculação nas duas doses aumentou os teores clorofila *a*, *b* e totais das mudas de tomateiro. A estirpe FZB42 apresentou resultados positivos para produção de compostos indólicos e sideróforos, e na dose de 20%, mostrou-se vantajosa na produção de mudas, ao aumentar a parte aérea em 47,7% na cultivar 'Santa Clara', e 15,5% na cv 'Cereja', quando comparados à testemunha.

Palavras-chave: sistema orgânico, bactérias promotoras do crescimento vegetal, inoculante, *Solanum lycopersicum*.

ABSTRACT

This study we sought to evaluate the action of the bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* in the production of organic seedlings of two cultivars ('Santa Clara I-5300' and 'Cereja 261') from tomato (*Solanum lycopersicum* L.) through inoculated seeds. And investigate bacterial characteristics related to plant growth promotion. For this, we used FZB42 solution at a concentration of 1×10^{11} CFU/mL, with treatments correspond to percentages by volume (20% FZB42; 80% of FZB42 and control 100% distilled water) at a ratio of 320 uL/g seed. The germination percentage was not influenced by the treatments, and FZB42 to 20% increased the shoot in cultivar 'Cereja'. In seedling production, FZB42 to 20% promoted growth while FZB42 to 80% decreased it. Inoculation with the two doses tested of FZB42 enhanced the contents of chlorophyll *a*, *b* and total in the tomato seedling. The FZB42 strain showed positive results for production of indole compounds and siderophore; and in a dose of 20% was more advantageous to the tomato seedling, promoting shoot growth with added of 47.7% for 'Santa Clara' and 15.5% for 'Cereja' when compared to the control.

Keywords: organic system, plant growth promoting bacteria, inoculant, *Solanum lycopersicum*.

Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é cultivado no mundo inteiro e possui grande relevância econômica e social (FAOSTAT, 2010). É altamente industrializado, nas formas de suco, molho, pasta, e desidratada (FAOSTAT, 2011). Além de ser um alimento funcional devido aos altos teores de vitaminas A, C e licopeno (Carvalho e Pagliuca, 2007).

A qualidade dos alimentos (frescos ou processados) vem sendo considerada fator de segurança alimentar e nutricional, relacionada não só a produção em quantidades suficientes e acesso garantido, mas também à promoção do estado de saúde daqueles que os consomem (Souza e Resende, 2006), impulsionando o mercado de produtos orgânicos, com destaque para o tomate (Toledo *et al.*, 2011).

Na cultura do tomateiro, a produção de mudas é uma das etapas mais importantes (Silveira *et al.*, 2002). De acordo com Minami (1995), 60% do sucesso de um cultivo depende do plantio de mudas de boa qualidade. Assim, ganham importância as técnicas que promovam o crescimento adequado das mudas, especialmente no sistema orgânico, dependente de insumos alternativos, como o uso de microrganismos benéficos.

Na literatura, são descritas algumas bactérias que vivem associadas às plantas e têm a habilidade de promover o crescimento vegetal (Compant *et al.*, 2010). Espécies do gênero *Bacillus* vêm sendo utilizados para este fim: Mena-Violante e Olalde-Portugal (2007) verificaram efeitos positivos em frutos de tomate, como o aumento do tamanho e melhoria da textura mediante o uso de *B. subtilis*; Silva *et al.* (2008) aplicando *B. pumilus* observaram incrementos na altura das plantas de tomateiro nos estágios iniciais do desenvolvimento. Estudos com *Bacillus megaterium* (Harthmann *et al.*, 2010) e com *Bacillus cereus* (Harthmann *et al.*, 2009) inoculados em sementes mostraram a possibilidade, inclusive, de incrementos de produtividade, pois comprovaram a campo o aumento do rendimento de bulbos de cebola.

A estirpe FZB42 de *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* vem sendo intensamente estudada, teve seu genoma sequenciado e por sua constituição, revelou um potencial para produzir metabólitos secundários, sendo mais de 8,5% do genoma dedicado a síntese de antibióticos e sideróforos (Chen *et al.*, 2007). Seu filtrado promoveu o crescimento de coleótilos de milho, devido à produção de bioativos como o ácido-indol-acético (Idris *et al.*, 2004), e a aplicação de solução de esporos desta estirpe em sementes de

tomate proporcionou acréscimos no rendimento de frutos em torno de 8 a 9% (Gül *et al.*, 2008).

No presente trabalho, inoculou-se a bactéria *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 em sementes de duas cultivares de tomateiro ('Santa Clara' e 'Cereja'), com o objetivo de verificar seu efeito na germinação e na produção de mudas em sistema orgânico, além de investigar características bacterianas relacionadas à promoção do crescimento vegetal.

Material e Métodos

Utilizou-se a bactéria *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 (Omex® Agrifluids do Brasil Ltda), isolado de solo (Krebs *et al.*, 1998) e depositado como estirpe 10A6 na coleção de culturas *Bacillus* Genetic Stock Center (BGSC, Ohio, E.U.A.).

As cultivares de tomateiro de crescimento indeterminado empregadas foram: 'Cereja 261' (Isla®), ciclo de 90 dias; e 'Santa Clara I-5300' (Isla®) com ciclo de 110 dias. A empresa fornecedora de sementes (sem tratamento químico) garantiu 84% de germinação e 100% de pureza para ambas as cultivares.

Testes bioquímicos na bactéria

A quantificação de compostos indólicos foi determinada em meio líquido enriquecido com triptofano e utilizando o reagente de Salkowski segundo Szilagyi-Zecchin *et al.* (2014). A concentração dos compostos foi estimada por curva-padrão com quantidades conhecidas de ácido indol acético (Sigma-Aldrich®) que variou entre 0 e 30 µg/mL de acordo com a equação $y = 0,0057x$ ($R^2 = 1$). E como controle positivo utilizou-se *Azospirillum brasilense* Ab-V5.

Para produção de sideróforos, usou-se o método colorimétrico universal de Schwyn e Neilands (1987) de acordo com as adaptações de Szilagyi-Zecchin *et al.* (2014).

Teste de germinação

As sementes foram inoculadas com a solução de FZB42 na concentração de 1×10^{11} UFC/mL, sem prévia assepsia. Em seguida deixadas para secar à sombra sobre folhas de papel toalha.

Logo após, as sementes foram acomodadas em caixas plásticas transparentes (tipo Gerbox) sobre duas folhas de papel (mata-borrão) umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco (Brasil, 2009). E mantidas em estufa incubadora com fotoperíodo e termoperíodo (B.O.D.) a 25 °C, sem aplicação de fotoperíodo. A avaliação contabilizando o

número de plântulas normais e de plantas germinadas ocorreu aos 10 dias após semeadura.

O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2 (dose de bactérias x cultivares de tomate). Possuindo 4 repetições de 100 sementes para cada cultivar, onde cada caixa era uma sub-repetição com 50 sementes.

Os tratamentos foram compostos das porcentagens da solução de FZB42, em volume de soluções aplicadas às sementes, sendo: (Testemunha) 100% de água destilada; (T1) 20% de FZB42 e 80% de água destilada; (T2) 80% de FZB42 e 20% de água destilada. As soluções corresponderam ao volume de 320 µL/g de sementes. A estimativa teórica de bactérias por semente para T1 e T2 foi de $1,6 \times 10^5$ e $6,4 \times 10^6$ respectivamente.

Após 10 dias avaliou-se o número de sementes germinadas e de plântulas normais. Nas plântulas consideradas normais a parte aérea foi separada da raiz e foi mensurado: o comprimento (cm) e volume (cm³) de raiz e parte aérea, por meio do software Win-rhizo[®] v. 4.0, acoplado a um Scanner LA1600 (Regent Systems, Quebec, Canadá) na resolução 150 dpi (Dots Per Inch ou Pontos Por Polegada).

Produção de mudas

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido, com 200 células, com volume unitário da célula correspondente a 18 mL. Estas foram preenchidas com, substrato comercial recomendado para a cultura, preparado com composto de cama de aviário (Provaso[®]) e casca de pinus compostada (Vida Verde[®]) na proporção de 0,5:3,5 p/p.

As sementes foram inoculadas como descrito acima no teste de germinação e imediatamente semeadas. Distribuiu-se duas sementes por célula na profundidade de 1 cm. Após a germinação procedeu-se o desbaste. As mudas foram mantidas em casa vegetação com irrigação temporizada, na Área experimental de Olericultura Orgânica da Universidade Federal do Paraná (UFPR), no município de Pinhais-PR, durante o mês abril de 2013.

Em delineamento inteiramente casualizado, cada tratamento foi composto de 7 repetições com 40 células cada, e uma planta por célula.

Foram coletadas aos 33 dias após a semeadura, oito plantas centrais por repetição para a avaliação das seguintes variáveis biométricas: volume radicular (VR) expresso em cm³; comprimento total de raízes (CTR) em cm, resultante da somatória dos comprimentos individuais das raízes; massa seca de raiz (MSR) expressa em g; área da parte aérea (APA) em cm² e massa seca da parte aérea (MSPA) em g. Para a obtenção do VR, CTR e APA as amostras foram

analisadas por meio do programa computacional WinRhizo[®]. As folhas foram lidas na resolução de 50 dpi e as raízes a 150 dpi. Para massa seca (raiz e parte aérea) estes foram levados à estufa com circulação de ar forçada, à temperatura de 65 0°C por 72 horas e em seguida pesados em balança de precisão analítica.

Determinação de clorofilas nas mudas

A determinação dos teores de clorofila foi realizada segundo Lichtenthaler (1987), utilizando todas as folhas das mudas (exceto as cotiledonares), de seis plantas por repetição. A absorvância foi lida em espectrofotômetro a 663 e 647 nm. Posteriormente, os valores foram transformados e expressos em mg de clorofila por g de material vegetal.

Os dados foram testados quanto à sua normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e quanto à homogeneidade de variâncias, por Bartlett. Em seguida submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância no programa Assistat[®] 7.6 Beta (Silva e Azevedo, 2002).

Resultados e Discussão

A estirpe de *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 produziu nas condições testadas 7,79 µg/mL de compostos indólicos enquanto que o controle *A. brasilense* produziu 31,42 µg/mL. FZB42 já foi descrita como produtora de compostos indólicos tais como, ácido indol acético e indol-3-acetonitrila, em outras condições de cultivo e por meio de diferentes métodos (Idris *et al.*, 2004).

No presente trabalho, FZB42 secretou sideróforos, *in vitro*, em meio sólido. Já era conhecido que *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 possuía potencial para produzir metabolitos secundários, pois mais de 8,5% do genoma é dedicado a síntese de antibióticos e sideróforos (Chen *et al.*, 2007). Os sideróforos tem importância para as bactérias por suprirem a necessidade de ferro do próprio microrganismo, e para a sobrevivência no ambiente competitivo do solo (Khan *et al.*, 2006).

Os tratamentos não alteraram significativamente o percentual de germinação informado no rótulo, pelo fornecedor das sementes das duas cultivares. A quantidade de plântulas anormais, não diferiu entre os tratamentos, nem entre cultivares (dados não mostrados). A inoculação com FZB42 a 20% promoveu o aumento do volume da parte aérea das plântulas, exclusivamente da cv 'Cereja', enquanto a dose de 80% reduziu o volume e comprimento da radícula e da parte aérea das duas cultivares (Figura 1).

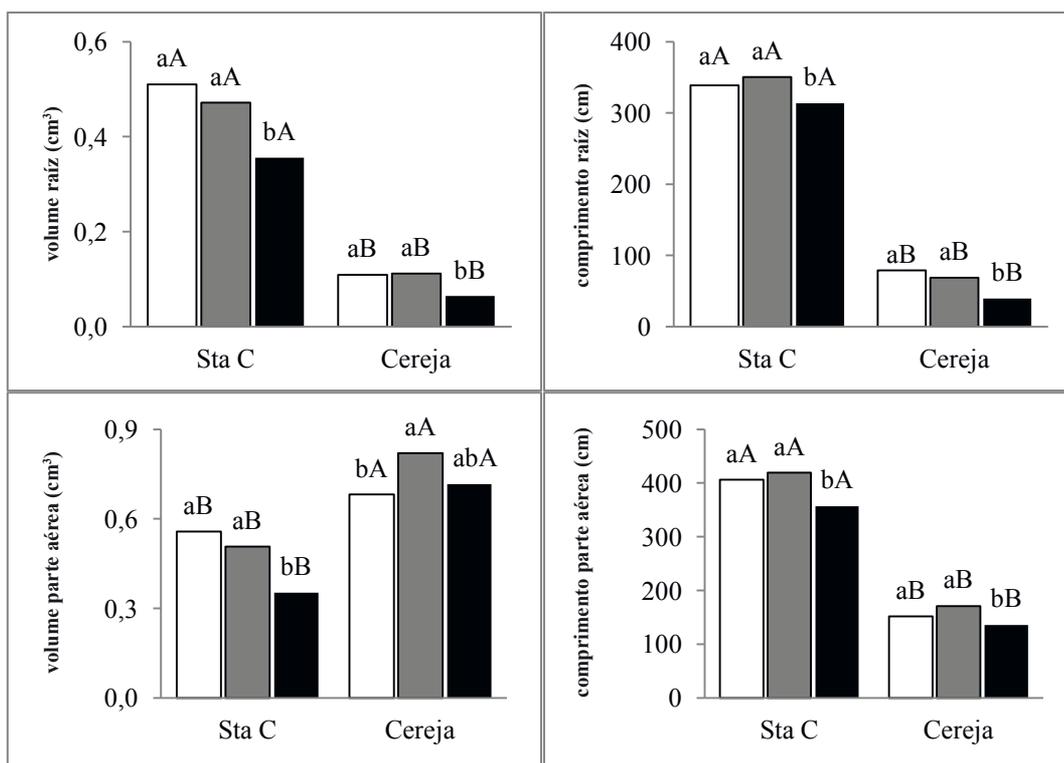


Figura 1– Desempenho de plântulas de tomateiro ‘Santa Clara’ (Sta C) e ‘Cereja’ em teste de germinação, 10 dias após sementeira, em função das doses de FZB42 aplicadas à semente. Barras em branco = (Testemunha) 100% de água destilada; em cinza = (T1) 20% de FZB42; e em preto = (T2) 80% de FZB42. Letras iguais, minúsculas entre os tratamentos e maiúsculas entre as cultivares, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Schindwein *et al.* (2008), trabalhando com diferentes espécies de rizóbios em alfaca, verificaram que o percentual de germinação e a quantidade de plântulas normais também não foram influenciadas, exceto por *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii*, que levou ao desenvolvimento de plântulas anormais com taxa de crescimento reduzido. No entanto, pode-se verificar influências negativas sobre a germinação, como detectado por Miché *et al.* (2000) estudando duas estirpes de *A. brasilense*, estas impediram a germinação de sementes de striga (*Striga hermonthica*), uma planta daninha, parasita obrigatório de cereais tropicais. Em contrapartida, existem trabalhos que relatam na germinação, estímulos positivos proporcionados por bactérias ao serem inoculadas nas sementes: Cassán *et al.* (2009) detectaram aumentos no percentual de germinação e no crescimento das plântulas de soja e milho quando inoculadas com *A. brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum* sozinhos ou combinados; e Szilagy-Zecchin *et al.* (2014) trabalhando com *Bacillus* sp. e *Enterobacter* sp. em milho verificaram aumento na germinação e no volume radicular das plântulas.

Na produção de mudas houve incrementos na área da parte aérea das duas cultivares com uso de FZB42 a 20%. Na cultivar ‘Cereja’ FZB42 a 80%, houve re-

dução da área em relação à testemunha (Quadro 1). A massa seca da parte aérea foi significativamente incrementada no tomate ‘Santa Clara’ com FZB42 a 20%, já FZB42 a 80% influenciou diminuindo a massa seca das duas cultivares.

Uma parte aérea maior permite uma melhor taxa fotossintética, que implica em mais fotoassimilados translocados para os órgãos em crescimento ou de reserva nos estádios seguintes (Taiz e Zeiger, 2004). Este aumento da parte aérea pode estar relacionado com a habilidade da bactéria estudada em produzir compostos indólicos. Alguns estudos demonstraram que *Bacillus* produtores de auxina trazem benefícios para a parte aérea do tomateiro, aumentando a altura, calibre e peso fresco de parte aérea de mudas (Domenech *et al.*, 2006). Até mesmo quando a auxina bacteriana foi isolada, purificada e aplicada em mudas de tomate incrementaram em mais de 20% a parte aérea (Lim e Kim, 2009).

A inoculação de FZB42 testada contemplou duas quantidades de bactérias (T1 = $1,6 \times 10^5$ e T2 = $6,4 \times 10^6$ UFC/semente), o aumento da parte aérea ocorreu em T1, já em T2 um efeito oposto ocorreu nas mesmas variáveis, reafirmando um possível excesso de dose, com base no teste de germinação descrito acima.

Quadro 1 – Desenvolvimento da parte aérea de mudas de tomateiro das cultivares ‘Santa Clara’ e ‘Cereja’ aos 33 dias após plantação de acordo com as doses de FZB42 aplicadas à semente. Test (100% de água destilada); T1 (FZB42 20%); T2 (FZB42 80%); (M) Média; (MG) Média Geral; (CV) Coeficiente de variação percentual.

	área (cm ²)			massa seca (g)		
	‘Sta Clara’	‘Cereja’	Média	‘Sta Clara’	‘Cereja’	Média
Test	2812,12 cB	3858,40 bA	3335,26 b	0,71 bA	0,51 aB	0,61 b
T1	4154,64 aB	4458,08 aA	4306,36 a	0,93 aA	0,52 aB	0,72 a
T2	3411,22 bA	3121,87 cB	3266,55 b	0,65 cA	0,35 bB	0,50 c
M	3459,33 B	3812,78 A		0,76 A	0,46 B	
MG			3636,05			0,61
CV			7,00			7,79

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Quadro 2 – Desempenho do crescimento radicular de mudas de cultivares de tomateiro ‘Santa Clara’ (Sta C) e ‘Cereja’ aos 33 dias após com diferentes doses de FZB42 aplicadas à semente. Test (100% de água destilada); T1 (FZB42 20%); T2 (FZB42 80%); (M) Média; (MG) Média Geral; (CV) Coeficiente de variação percentual.

	volume (cm ³)			comprimento (cm)			massa seca (g)		
	Sta C	Cereja	Média	Sta C	Cereja	Média	Sta C	Cereja	Média
Test	4,27	3,21	3,74 a	1785,92	843,06	1314,49 a	0,14	0,15	0,15 a
T1	4,10	2,65	3,37 ab	1725,52	892,54	1309,03 a	0,14	0,13	0,13 a
T2	3,69	2,48	3,08 b	1624,99	769,44	1197,21 a	0,10	0,09	0,10 b
M	4,02 A	2,78 B		1712,14 A	835,01 B		0,13 A	0,12 A	
MG			3,40			1273,58			0,12
CV			13			10,69			15,5

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Nas raízes das mudas, o volume e a massa seca foram inferiores a testemunha, quando inoculado com FZB42 a 80%. Enquanto FZB42 a 20% não diferiu da testemunha, para as três variáveis radiculares avaliadas (Quadro 2).

Essas diferenças podem estar relacionadas a uma entrada adicional de compostos indólicos produzidos pela bactéria, que modifica as quantidades endógenas na planta, para um nível ótimo ou acima do ótimo, resultando na indução ou inibição do crescimento vegetal (Patten e Glick, 1996). As raízes necessitam de uma concentração menor de compostos indólicos para crescer, e seu crescimento, pode ser inibido por concentrações que promovam o alongamento de caules e coleótilos (Taiz e Zeiger, 2004).

Os teores de Cl *a*, *b* e totais foram superiores estatisticamente nas duas doses de bactéria em ‘Santa

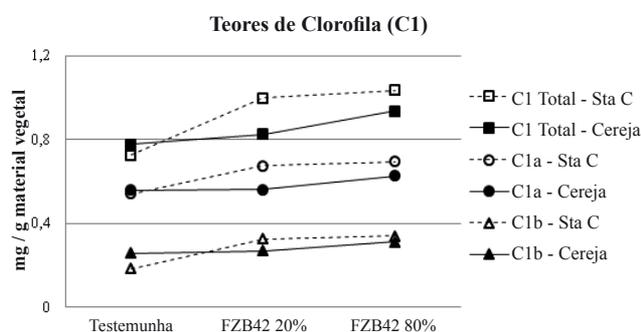


Figura 2– Teores de clorofila medidos no final da produção de mudas de tomateiro. Cultivar ‘Santa Clara’ (Sta C) representada pela linha pontilhada e cultivar ‘Cereja’ representada por linha contínua.

Clara', enquanto para 'Cereja', somente FZB42 a 80% aumentou os níveis de clorofilas significativamente (Figura 2). Em média, nas duas cultivares há uma relação crescente entre os teores de clorofila e a quantidade de bactéria aplicada. As clorofilas estavam presentes em maiores teores nos tratamentos inoculados, mas com aumentos mais expressivos para a aplicação de FZB42 a 80%. Indicando que houve mais estímulo para produção de clorofila conforme o aumento da dose da bactéria, dentro dos limites testados.

Este padrão de resposta pode estar relacionado à produção de sideróforos pela bactéria. Pois, a planta aproveita estes compostos como quelantes orgânicos, que acabam beneficiando, por disponibilizar o ferro para ser prontamente absorvido (Powell *et al.*, 1980). Alguns exemplos deste mesmo mecanismo já foram observados em outras culturas. Uma delas, feijão mungo (*Vigna radiata* L.) inoculado com *Pseudomonas* sp., produtora de sideróforos, e submetido a diferentes doses de ferro. Como resultado, teve suas quantidades de clorofilas *a*, *b* e totais aumentadas em 34, 48 e 39%, pois a bactéria melhorou a disponibilidade de ferro para a planta (Sharma *et al.*, 2003). Similarmente, *Pseudomonas putida* reduziu a clorose induzida por deficiência de ferro em amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (Jurkevitch *et al.*, 1988).

Em todas as variáveis biométricas da produção de mudas, as respostas foram numericamente superiores no T1 (FZB42 20%) se comparadas ao T2 (FZB42 80%), e na maior parte delas (massa seca de raiz, área e massa seca da parte aérea), foram diferentes estatisticamente. Indicando que entre as doses, a menor, proporcionou resultados mais vantajosos

para a produção de mudas orgânicas de tomateiro. A variável mais responsiva à inoculação, dentre as testadas, foi a área da parte aérea. Nesta variável, a cultivar 'Santa Clara' respondeu positivamente com mais intensidade na menor dose de FZB42, mostrando aumento de 47,74%, enquanto a 'Cereja', apresentou aumento de 15,54 %, ambos comparados à testemunha. Esta diferença indica resposta variável em função do genótipo, uma vez que as cultivares pertencem a grupos distintos. Interações entre bactérias e genótipos foram relatados por outros autores. Lemos *et al.* (2013), verificaram entre cinco cultivares de trigo com inoculação de *A. brasilense*, apenas uma se destacou, enquanto Ferreira *et al.* (2014), verificaram que entre seis cultivares de arroz, apenas uma apresentou interação com diversas estirpes bacterianas, com diferença significativa em relação ao crescimento da parte aérea.

Conclusões

A bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42, produtora de compostos indólicos e sideróforos, aumentou os teores clorofila *a*, *b* e totais e promoveu o crescimento da parte aérea de mudas de tomateiro das cultivares 'Santa Clara' e 'Cereja', na dose de 20% da solução inoculante, correspondendo a $1,6 \times 10^5$ bactérias/semente.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro e à Omex® Agrifluids do Brasil Ltda, por ceder a cepa da bactéria.

Referências Bibliográficas

- Brasil, Ministério da Agricultura. (2009) - *RAS Regras para análise de sementes*. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal, 399 p.
- Carvalho, J.L. e Pagliuca, L.G. (2007) - Tomate: Um mercado que não para de crescer globalmente. *Revista Hortifruti Brasil*, vol. 58, p. 6-14.
- Cassán, F.; Maiale, S.; Masciarelli, O.; Vidal, A.; Luna, V. e Ruiz, O. (2009) - Cadaverine production by *Azospirillum brasilense* and its possible role in plant growth promotion and osmotic stress mitigation. *European Journal of Soil Biology*, vol. 45, p. 12-19.
- Chen, X.H.; Koumoutsi, A.; Scholz, R.; Eisenreich, A.; Schneider, K.; Heinemeyer, I.; Morgenstern, B.; Voss, B.; Hess, W.R.; Reva, O.; Junge, H.; Voigt, B.; Jungblut, P.R.; Vater, J.; Süßmuth, R.; Liesegang, H.; Strittmatter, A.; Gottschalk, G. e Borriss, R. (2007) - Comparative analysis of the complete genome sequence of the plant growth promoting bacterium *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. *Nature Biotechnology*, vol. 25, p. 1007-1014.
- Compant, S.; Clément, C. e Sessitsch, A. (2010) - Plant growth-promoting bacteria in the rhizo and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 42, n. 5, p. 669-678.
- Domenech, J.; Reddy, M.S.; Kloepper, J.W.; Ramos, B. e Gutierrez-Mañero, J. (2006) - Combined application of the biological product LS213 with *Bacillus*, *Pseudomonas* or *Chryseobacterium* for growth promotion and biological control of soil-borne diseases in pepper and tomato. *BioControl*, vol. 51, p. 245-258.
- Ferreira, E.P.B.; Knupp, A.M. e Martin-Didonet, C.C.C. (2014) - Crescimento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) influenciado pela inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas. *Bioscience Journal*, vol. 30, n. 3, p. 655-665.
- Food and Agriculture Organization of United Nations - FAOSTAT. (2010) - Database Results [Online]. [citado 2012-12-02]. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>.
- Food and Agriculture Organization of United Nations - FAOSTAT. (2011) - Food and Agricultural commodities production [Online]. [citado 2012-12-06]. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>.
- Gül, A.; Kidoglu, F.; Tüzel, Y. e Tüzel, I. H. (2008) - Effects of nutrition and *Bacillus amyloliquefaciens* on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) growing in perlite. *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 6, n. 3, p. 422-429.
- Harthmann, O.E.L.; Mógor, Á.F.; Wordell Filho, J.A.; Luz, W.C. e Biasi, L.A. (2009) - Tratamento de sementes com rizobactérias na produção de cebola. *Ciência Rural*, vol. 39, n. 9, p. 2533-2538.
- Harthmann, O.E.L.; Mógor, Á.F.; Wordell Filho, J.A. e Luz, W.C. (2010) - Rizobactérias no crescimento e na produtividade da cebola. *Ciência Rural*, vol. 40, n. 2, p. 462-465.
- Idris, E.E.S.; Bochow, H.; Ross, H. e Borriss, R. (2004) - Use of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent. VI. Phytohormone like action of culture filtrates prepared from plant growth-promoting *Bacillus amyloliquefaciens* FZB24, FZB42, FZB45 and *Bacillus subtilis* FZB37. *Journal of Plant Disease and Plant Protection*, vol. 111, p. 583-597.
- Jurkevitch, E.; Chen, Y. e Hadar, Y. (1988) - Involvement of bacterial siderophores in the remedy of lime-induced chlorosis in peanut. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 52, n. 4, p. 1032-1037.
- Khan, A.; Geetha, R.; Akolkar, A.; Pandya, A.; Archana, G. e Desai, A.J. (2006) - Differential cross-utilization of heterologous siderophores by nodule bacteria of *Cajanus cajan* and its possible role in growth under iron-limited conditions. *Applied Soil Ecology*, vol. 34, n. 1, p. 19-26.
- Krebs, B.; Höding, B.; Kübart, S.M.; Workie, A.; Junge, H.; Schmiedeknecht, G.; Grosch, R.; Bochow, H. e Hevesi, M. (1998) - Use of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent activities and characterization of *Bacillus subtilis* strains. *Journal of Plant Diseases and Protection*, vol. 105, p. 181-197.
- Lemos, J.M.; Guimarães, V.F.; Vendruscolo, L.C.G.; Santos, M.F. e Offemann, L.C. (2013) - Resposta de cultivares de trigo à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, e à adubação nitrogenada em cobertura. *Científica*, vol. 41, n. 2, p. 189-198.
- Lichtenthaler, H.K. (1987) - Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, vol. 148, p. 350-382.
- Lim, J.H. e Kim, S.D. (2009) - Synergistic plant growth promotion by the indigenous auxins-producing PGPR *Bacillus subtilis* AH18 and *Bacillus licheniformis* K11. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, vol. 52, n. 5, p. 531-538.
- Mena-Violante, H.G. e Olalde-Portugal, V. (2007) - Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs. *Scientia Horticulturae*, vol. 113, p. 103-106.
- Miché, L.; Bouillant, M.L.; Rohr, R.; Sallé, G. e Bally R. (2000) - Physiological and cytological studies on the inhibition of striga seed germination by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum*

- brasiliense*. *European Journal of Plant Pathology*, vol. 106, n. 4, p. 347-351.
- Minami, K. (1995) - *Fisiologia da produção de mudas*. São Paulo: T. A. Queiroz, 129 p.
- Patten, C.L. e Glick, B.R. (1996) - Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. *Canadian Journal of Microbiology*, vol. 42, p. 207-230.
- Powell, K.A.; Faull, J.L. e Renwick, A. (1990) - The commercial and regulatory challenge. In: HORNBY, D. (ed) *Biological control of soil borne plant pathogens*, CAB International Wallingford, United Kingdom, p. 445-463.
- Rodrigues Neto, J.; Malavolta Júnior, V.A. e Victor, O. (1986) - Meio simples para isolamento e cultivo de *Xantomonas campestris* pv. citri tipo B. *Summa Phytopathologica*, vol. 12, p. 16.
- Sharma, A.; Johri, B.N.; Sharma, A.K. e Glick B.R. (2003) - Plant growth-promoting bacterium *Pseudomonas* sp. strain GRP3 influences iron acquisition in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilzeck). *Soil Biology and Biochemistry*. vol. 35, n. 7, p. 887-894.
- Silva, F.A.S. e Azevedo, C.A.V. (2002) - Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, vol. 4, n. 1, p. 71-78.
- Silva, J.R.C.; Souza, R.M.; Zacarone, A.B.; Silva, L.H.C.P. e Castro, M.A.S. (2008) - Bactérias endofíticas no controle e inibição *in vitro* de *Pseudomonas syringae* pv *tomato*, agente da pinta bacteriana do tomateiro. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 32, n. 4, p. 1062-1072.
- Schwyn, B. e Neilands J. B. (1987) - Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. *Analytical Biochemistry*, vol. 160, p. 47-56.
- Schlindwein, G.; Vargas, L.K.; Lisboa, B.B.; Azambuja, A.C.; Granada, C.E.; Gabiatti, N.C.; Prates, F. e Stumpf, R. (2008) - Influência da inoculação de rizóbios sobre a germinação e o vigor de plântulas de alface. *Ciência Rural*, vol. 38, n. 3, p. 658-664.
- Silveira, E.B.; Rodrigues, V.J.L.B.; Gomes, A.M.A.; Mariano, R.L.R. e Mesquita, J.C.P. (2002) - Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. *Horticultura Brasileira*, vol. 20, p. 211-216.
- Souza, J.L. e Resende, P.L. (2006) - *Manual de horticultura orgânica*. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 843 p.
- Szilagyi-Zecchin V.J.; Ikeda, A.C.; Hungria, M.; Adamoski, D.; Kava-Cordeiro, V.; Glienke, C. e Gallit-Terasawa, L.V. (2014) - Identification and characterization of endophytic bacteria from corn (*Zea mays* L.) roots with biotechnological potential in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology Express*, vol. 4, n. 26, p.1-9.
- Taiz, L. e Zeiger, E. (2004) - *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 719 p.
- Toledo, D.S.; Costa, C.A.; Bacci, L.; Fernandes, L.A. e Souza, M.F. (2011) - Production and quality of tomato fruits under organic management. *Horticultura Brasileira*, vol. 29, p. 253-257.