

## Respostas do tomateiro à distintas formas de inoculação de bactérias dos gêneros *Azospirillum*, *Bacillus* e *Pseudomonas*

James Matheus Ossacz Laconski<sup>1</sup>; Paulo Henrique da Silva Nogueira<sup>2</sup>; Helom Iagla<sup>3</sup>; Ricardo Cardoso Fialho<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Mestrando em Agronomia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Guarapuava, PR. james-matheus@hotmail.com. <sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo pela Faculdade do Centro do Paraná (UCP), Pitanga, PR. <sup>3</sup> Acadêmico de Engenharia Agrônômica da Faculdade do Centro do Paraná (UCP), Pitanga, PR; <sup>4</sup> Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal e Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

**Resumo:** Na busca por atingir altas produtividades a adoção de inoculantes, compostos por bactérias, podem promover o desenvolvimento vegetal das culturas. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo é verificar o efeito de inoculantes que apresentam as rizobactérias do gênero *Azospirillum*, *Bacillus* e *Pseudomonas*, em três formas de inoculação, buscando verificar a melhor forma de utilização na cultura do tomateiro. O experimento foi instalado no município de Pitanga, PR em plantio comercial sob o delineamento em blocos casualizados com 7 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos consistiram de: 1) Testemunha, 2) *Pseudomonas fluorescens* e *Azospirillum brasilense* (P.A.) via sulco de plantio, 3) P.A. via foliar, 4) P.A. via imersão das mudas, 5) *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis* e *B. pumilus* (B.B.B) via sulco de plantio, 6) B.B.B via foliar e 7) B.B.B via imersão das mudas. Foram avaliados a altura de plantas, diâmetro de caule e massa seca da porção aérea e radicular das plantas. Os resultados do estudo demonstram que a utilização de distintas bactérias em diferentes formas de utilização não interferem na altura de plantas em estádios iniciais, na massa seca de raiz e de parte aérea e no diâmetro de caule de plantas de tomateiro.

**Palavras-chave:** *Solanum lycopersicu*; Promotores de crescimento; Rizobactérias.

## Responses of tomatoes to different forms of inoculation of bacteria of the genus *Azospirillum*, *Bacillus* and *Pseudomonas*

**Abstract:** In the search for high productivity, the adoption of inoculants, composed of bacteria, can promote the plant development of crops. In this sense, the objective of the present study is to verify the effect of inoculants that present the rhizobacteria of the genus *Azospirillum*, *Bacillus* and *Pseudomonas*, in three forms of inoculation, seeking to verify the best form of use in the tomato crop. The experiment was installed in the municipality of Pitanga, PR in commercial planting under a randomized block design with 7 treatments and 5 replications. The treatments consisted of: 1) Control, 2) *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense* (P.A.) via planting furrow, 3) P.A. via leaf, 4) P.A. via seedling immersion, 5) *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis* and *B. pumilus* (B.B.B.) via planting furrow, 6) B.B.B. via foliar and 7) B.B.B. via seedling immersion. Plant height, stem diameter and dry mass of the aerial and root portion of the plants were evaluated. The results demonstrate that the use of different bacteria in different ways of use does not interfere with the height of plants in early stages, root and shoot dry mass and the diameter of tomato plants.

**KEYWORDS:** *Solanum lycopersicum*; Growth promoters; Rhizobacteria.

## Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma hortaliça importante no cenário nacional, considerando-se a demanda de consumo, a geração de emprego, renda e participação expressiva no agronegócio. É um dos produtos hortícolas mais consumidos, tanto na forma *in natura* quanto processado, que pertence à família das Solanáceas. Seu cultivo pode ser realizado em todo mundo, sendo mais adaptado às condições de cultivo em regiões de clima tropical e subtropical (BRITO JUNIOR, 2012; SZILAGYI-ZECCHIN *et al.*, 2015; JAMBEIRO e SANTOS, 2021).

A produção mundial de tomate em 2016 foi de, aproximadamente, 177 milhões de toneladas, ocupando uma área de aproximadamente 4,8 milhões de hectares. O maior produtor é a China, com produção anual de 56 milhões de toneladas, em área de mais de 1 milhão de hectares. O Brasil, no mesmo ano, produziu 4,16 milhões de toneladas, ocupando a nona posição no ranking dos principais países produtores de tomate. Essa produção ocupou, aproximadamente, 63,9 mil hectares, com produtividade média de 65,14 toneladas ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2019).

No cenário nacional, a produção de tomate em 2016, foi maior no estado de Goiás, 1,2 milhões de toneladas, o mesmo apresentou as maiores áreas de cultivo (16,3 mil ha). Na sequência têm-se São Paulo, Minas Gerais e Bahia. O Paraná, encontra-se em quarta colocação no quesito produção (252 mil ton) e área destinada ao cultivo (4,1 mil ha<sup>-1</sup>) e em nona para produtividade (60,09 ton ha<sup>-1</sup>) (CONAB, 2019).

Na busca por atingir altas produtividades a adoção de inoculantes, compostos por bactérias, podem promover o desenvolvimento vegetal. Os casos mais comuns da adoção de microrganismos são na cultura da soja com os microrganismos pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium*, bem como em gramíneas com o uso do *Azospirillum*. Porém, têm sido relatado que os gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus* também podem atuar na promoção do desenvolvimento vegetal, por meio de seus metabólitos e do auxílio na absorção de nutrientes. Esses microrganismos são chamados de rizobactérias, e seus efeitos benéficos podem ser dados também na germinação, emergência de sementes e, como mencionado no crescimento das plantas (ISLAM *et al.*, 2013; ARAÚJO *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2017; SOUZA, 2017).

Em trabalho desenvolvido por Araujo (2008), utilizando inoculantes de *Bacillus subtilis*, verificou que sua utilização em sementes foi capaz de incrementar o crescimento e a nutrição de plantas de milho. Em outro trabalho a utilização do gênero *Pseudomonas* foi capaz de

aumentar a disponibilidade de nutrientes em culturas como tomateiro e pimenteira (ISLAM *et al.*, 2013).

No tomateiro à carência de informações a respeito do efeito da adoção de inoculantes utilizados no sulco de plantio, por imersão das mudas, e via foliar. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo é verificar o efeito de inoculantes que apresentam as rizobactérias do gênero *Azospirillum*, *Bacillus* e *Pseudomonas*, nas três formas de aplicação citadas, buscando verificar a melhor forma de utilização na cultura do tomateiro.

### Materiais e Métodos

O estudo foi realizado no município de Pitanga, região Centro-Sul do estado do Paraná, entre as coordenadas de latitude 24° 72' 44" e longitude 52° 08' 24", no período de setembro a novembro de 2021. O município apresenta altitude média de 952 metros em relação ao nível do mar. De acordo com a classificação climática de Köppen (1948) a região apresenta clima tipo (Cfb), com verões frescos (temperatura média inferior a 22°C), invernos com geadas severas e frequentes (temperatura média superior a 3°C e inferior a 18°C) com ausência de estação seca.

O experimento foi instalado em área comercial sob o delineamento experimental em blocos ao acaso, com sete tratamentos e cinco repetições, sendo testados dois inoculantes aplicados no sulco, via foliar e por meio da imersão das mudas na solução dos inoculantes (Tabela 1).

**Tabela 1** - Inoculante, bactérias presentes, forma de utilização e doses dos respectivos tratamentos testados na cultura do tomateiro, ciclo 2021 em Pitanga, PR.

Tratamentos	Inoculante	Bactérias	Forma de Utilização	Doses
1	-	-	-	-
2	Accelerate fertility®	<i>Pseudomonas fluorescens</i> e <i>Azospirillum brasilense</i>	Sulco de Plantio	1 L ha <sup>-1</sup>
3			Foliar	
4			Imersão das Mudanças	
5	Accmax®	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>B. subtilis</i> e <i>B. pumilus</i>	Sulco de Plantio	250 mL ha <sup>-1</sup>
6			Foliar	
7			Imersão das Mudanças	

Foram utilizadas mudas de Tomate Híbrido HS 1188, uma cultivar produtiva com hábito de crescimento indeterminado, porte alto e médio enfolhamento, indicado para cultivo em campo aberto e estufa. Os frutos são do tipo italiano, de formato alongado, firmes, de coloração vermelho intenso e excelente sabor. São resistentes a Murcha de *Fusarium* raças-1, 2, 3, ToMV, Murcha-Verticiliar do tomate e nematoides. Além de ser tolerante as viroses TYLCV e TSWV. O ciclo variando de 100 a 120 dias. A semeadura para a obtenção das mudas foi realizada no

dia 15 de agosto de 2021, em bandejas de poliestireno expandido de 128 células piramidais, preenchidas com substrato Mecplant<sup>®</sup>.

As mudas do tomateiro e os sulcos de plantio receberam os tratamentos no dia do transplântio (10 de setembro de 2021). Os tratamentos, cujo meio de utilização dos inoculantes se deu por imersão das mudas ocorreu antes do transplântio. Essas tiveram sua porção radicular imersa na solução dos inoculantes por 10 segundos. Com isso, as mudas foram retiradas e descansadas por 30 segundos, a fim de proporcionar a adequada integração do produto ao substrato. A aplicação foliar e no sulco de plantio foram realizadas com a utilização de bomba costal equipada com bico cônico e ajustada a uma vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>. Com isso, para aplicações foliares os jatos foram direcionados às mudas e para o teste no sulco, os jatos foram direcionados à essa localidade.

O plantio foi realizado em canteiro cobertos com mulching. O espaçamento utilizado foi de 0,25 m entre plantas e 2 metros entre linhas. A adubação de base foi com NPK de formulação 03-23-23, na dose de 2.000 kg ha<sup>-1</sup>. As plantas foram tutoradas com fitilhos de polietileno, fixados verticalmente em fios de arame, esticados horizontalmente em mourões de madeira. A fixação das plantas ao tutor foi feita por meio do enrolamento de fitilho nos internódios da planta. Os demais tratos culturais e fitossanitários foram realizados de acordo com o recomendado para a cultura. O sistema de irrigação foi por gotejamento.

A fim de comparar os tratamentos foram avaliadas a altura de plantas, diâmetro de caule e sua variação, altura de inserção do primeiro racemo e massa seca da porção aérea e radicular das plantas. A altura foi medida da base do solo ao ápice das plantas, utilizando-se uma régua graduada. Para medir o diâmetro, cada planta foi medida a dois centímetros da superfície do solo, na haste principal, usando um paquímetro graduado, realizadas aos 5 e 30 dias após o transplântio. A variação do diâmetro de caule foi obtida por meio da mensuração cinco dias após transplântio subtraindo da avaliação 30 dias após o transplântio. A altura de plantas foi mensurada aos 5, 20 e 30 dias após a aplicação dos tratamentos. A altura de inserção do primeiro racemo foi obtida através da medida da base do solo à inserção do primeiro racemo.

A massa seca de raiz e parte aérea foi obtida por meio do acondicionamento de cada unidade experimental e porção da planta em estufa sob circulação forçada até massa constante. As porções se estenderam do colo das plantas à extremidade radicular, e colo ao ápice das plantas (parte aérea), e a coleta das amostras se deram aos 33 dias após o transplântio.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, sendo utilizado o software SISVAR 5.8 (FERREIRA, 2014).

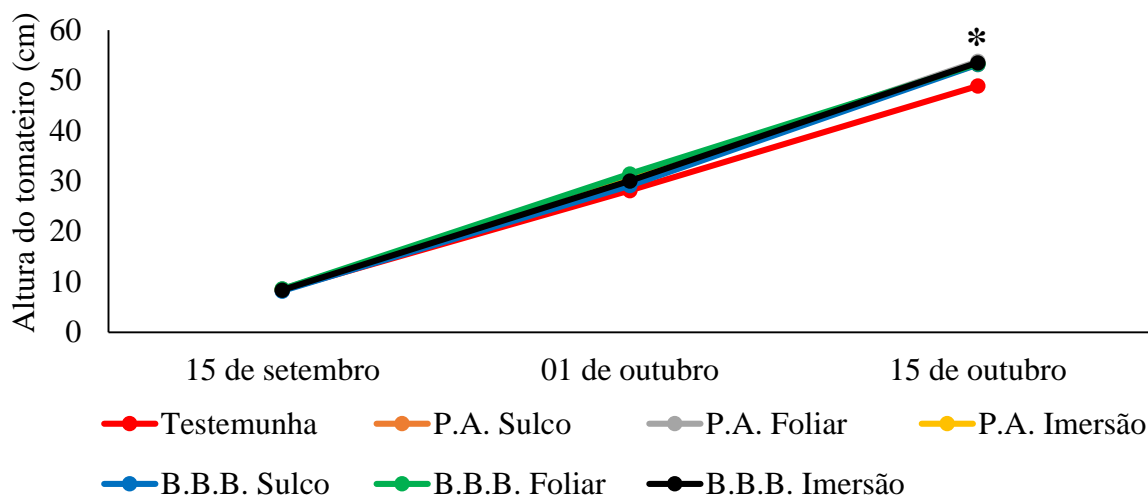
### Resultados e Discussões

As alturas das plantas do tomateiro não foram influenciadas pelas distintas formas de inoculação e bactérias testadas aos 5 e 20 dias (15 de setembro e 01 de outubro) após a aplicação dos tratamentos. A média de altura dos tratamentos foi de 8,4 e 29,9 cm nos dias 5 de setembro e 01 de outubro, sem que houvesse diferença entre os tratamentos (Figura 1). A ausência de aumento desse atributo pode ser atribuída ao período de tempo dado da inoculação até o período de avaliação. Assim as bactérias, associadas as formas de inoculação, não tiveram tempo suficiente para colaborar com o desenvolvimento vegetal.

Aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos (15 de outubro) houveram médias distintas de altura de plantas de tomateiro com a adoção dos tratamentos. As médias superiores foram obtidas com a utilização de *P. fluorescens* e *A. brasilense* utilizados no sulco de plantio e via foliar e *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* e *B. pumilus* via foliar e por imersão das mudas, que apresentaram 53,6; 54; 53,6 e 53,6 cm, respectivamente (tratamentos 2, 3, 6 e 7). Os quais diferiram apenas da testemunha. Já os tratamentos 5 e 4, demonstraram-se iguais à testemunha e os demais tratamentos mencionados, com 53,2 e 53 cm, respectivamente (Figura 1).

**Figura 1** - Altura de plantas de tomateiro nos dias 15 de setembro, 01 e 15 de outubro, sob distintas formas de inoculação e bactérias em Pitanga-PR, safra 2021. P.A.:

*Pseudomonas fluorescens* e *Azospirillum brasilense*; B.B.B.: *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis* e *B. pumilus*.



\*: significativo através do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os resultados demonstram que a utilização de bactérias em formas de utilização adequadas pode contribuir com o desenvolvimento vegetal. Tais resultados se assemelham aos obtidos por Gonçalves e Hora (2016), os autores buscando avaliar características de qualidade e crescimento de mudas de tomateiro inoculadas com diferentes bactérias promotoras de crescimento, verificaram que na segunda avaliação de altura de plantas, bem como diâmetro de caule, peso fresco e seco não houveram interferências dos tratamentos. Já nas avaliações aos 28 dias após a utilização de distintas bactérias em diferentes momentos os autores verificaram média de aproximadamente 11 cm, a qual foi desigual entre os tratamentos.

Os incrementos proporcionados pela utilização das bactérias, deve-se a produção de fitoreguladores vegetais produzidas por elas, demonstrando serem capazes de promover o crescimento vegetal. Cujos efeitos também são relatados no milho por Araújo *et al.* (2015) pelo uso de bactérias do gênero *Bacillus* sp. e por Bashan *et al.* (2004) e Terry *et al.* (2000) pela adoção de *Azospirillum* sp., sendo nesse último na cultura do tomateiro.

A utilização de microrganismos associados ao estímulo no desenvolvimento vegetal se devem ao aumento da absorção de nutrientes, vigor, desenvolvimento do sistema radicular, produção de hormônios vegetais (ANTOUN, 2013), podendo atuar também na supressão de nematoides e doenças (SIDDIQUI, 2006), na solubilização de fosfatos e demais características relevantes para o processo de produção (RODRÍGUEZ e FRAGA, 1999). Isso pode ter acontecido no atual estudo, favorecendo o desenvolvimento das plantas inoculadas.

A massa seca de raiz e de parte aérea, bem como o diâmetro de caule não foram afetados pelas distintas bactérias e formas de inoculação. As médias dos tratamentos para massa seca de raiz foram de 4 gramas, e de 24,08 gramas para a parte aérea aos 33 dias após o transplante. Já o diâmetro de caule médio para os tratamentos foi de 3,45 mm (Tabela 2). Não foram verificados também médias distintas de altura de inserção do primeiro racemo e na variação de diâmetro de caule nas plantas de tomateiro, a média obtida para os tratamentos foi de 30,28 e 8,42 cm, respectivamente.

**Tabela 2** - Massa seca média de raiz e de parte aérea e diâmetro médio de caule de tomateiro sob distintas formas de inoculação e bactérias em Pitanga-PR, 2021.

Tratamentos	Massa seca de raiz (g)	Massa seca de parte aérea (g)	Diâmetro de caule (mm)
Testemunha	5,0 <sup>n.s.</sup>	20,4 <sup>n.s.</sup>	3,4 <sup>n.s.</sup>
<i>P. fluorescens</i> e <i>A. brasilense</i> - Sulco	3,8	23,8	3,4
<i>P. fluorescens</i> e <i>A. brasilense</i> - Foliar	3,6	29,0	3,4
<i>P. fluorescens</i> e <i>A. brasilense</i> - Imersão	3,6	22,8	3,6
<i>B. amyloliquefaciens</i> , <i>B. subtilis</i> e <i>B. pumilus</i> - Sulco	3,4	23,2	3,2
<i>B. amyloliquefaciens</i> , <i>B. subtilis</i> e <i>B. pumilus</i> - Foliar	3,8	21,6	3,6
<i>B. amyloliquefaciens</i> , <i>B. subtilis</i> e <i>B. pumilus</i> - Imersão	4,8	27,8	3,6
CV (%)	35,9	20,4	15

n.s. não significativo através do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Peixoto *et al.* (1995) verificaram aumentos no crescimento de plântulas de tomateiro através do uso de isolados de *Pseudomonas*. Além disso, Cunha (2017) buscando analisar o efeito no desenvolvimento do tomateiro sob distintos isolados bacterianos de *B. subtilis* verificou que esses podem ser capazes promover maior desenvolvimento da cultura, porém alguns dos isolados se mostraram iguais ao controle. Já se assemelhando ao presente estudo, Assis *et al.* (1995) relataram que *Pseudomonas* e *B. subtilis* não aumentaram o peso seco de plântulas de tomateiro.

Uma hipótese para a não-promoção de crescimento pelo uso das bactérias seria a ausência da colonização radicular ou essa de forma reduzida, fazendo com que não tenha ocorrido aumento dos atributos avaliados. Além disso, os métodos de inoculação podem não ser os mais eficientes para promover o melhor desempenho da utilização dos microrganismos. Isso ressalta a necessidade de novos estudos que identifiquem a melhor forma de utilização de distintas bactérias, bem como seus efeitos durante todo o ciclo da cultura.



### Conclusão

As utilizações de distintas bactérias em diferentes formas de utilização não interferem na altura de plantas em estádios iniciais, na massa seca de raiz e de parte aérea e no diâmetro de caule de plantas de tomateiro.

### Referências

- ANTOUN, H. Plant growth promoting rhizobacteria. **Brenner's Encyclopedia of Genetics**, v. 5, n.1, 2013.
- ARAÚJO, E. O.; MARTINS, M. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; CABALLERO, S. S. U. Effects of nitrogen fertilization associated with diazotrophic bacteria inoculation on nitrogen use efficiency and its biological fixation by corn determined using N. **African Journal of Microbiology Research**, v. 9, n. 9, 2015.
- ARAÚJO, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, 2008.
- ARAÚJO, F.F.; MARCHESI, G.V. *Bacillus subtilis* no controle da meloidoginose e na promoção do crescimento do tomateiro. **Ciência Rural**, v.39, n.5, 2009.
- ASSIS, S. M. P.; MARIANO, R. L. R.; REIS, A.; SILVEIRA, E. B.; MICHEREFF, S. J. Ação de rizobactérias no crescimento de rabanete e no controle biológico da podridão negra e da antracnose. **Arquivos de biologia e tecnologia**, v. 38, n. 1, 1995.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L. E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v.50, n. 1, 2004.
- BRITO JUNIOR, F. P. **Produção de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) reutilizando substratos sob cultivo protegido no município de Iranduba-AM**. Dissertação: Mestrado em Produção Vegetal. Manaus. Universidade Federal do Amazonas, 2012.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Compêndio de Estudos Conab**. Brasília, Conab, v. 1. 2016.
- CUNHA, T. Q. G. **Promoção de crescimento de plantas de tomate mediada por isolados bacterianos**. Dissertação - Mestrado em Olericultura. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Morrinhos, Goiás. 2017.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, 2014.



ISLAM, M. R.; SULTANA, T.; JOE, M. M.; YIM, W.; CHO, J. C.; SA, T. Nitrogen-fixing bacteria with multiple plant growth-promoting activities enhance growth of tomato and red pepper. **Journal of Basic Microbiology**, v. 53, n. 12, 2013.

JAMBEIRO, I. C. A.; SANTOS, A. F. D. J. Utilização de *Bacillus* sp. para promoção de crescimento vegetal de *Solanum lycopersicum* e *Capsicum annum*. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 2, 2021.

KÖPPEN, W. **Climatologia: com um estúdio de los climas de latierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

PEIXOTO, A. R.; MARIANO, R. L. R.; MICHEREFF, S.; OLIVEIRA, S. M. A. Ação antagonica de *Pseudomonas aeruginosa* a *Pseudomonas solanacearum* e efeito no desenvolvimento de plântulas de tomate. **Summa Phytopathologica**, v. 21, n. 1, 1995.

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, v. 17, n.1, 1999.

SANTOS, K. F. D. N.; MOURE, V. R.; HAUER, V. STEFFENS, M. B. R. Wheat colonization by *Azospirillum brasilense* ammonium-excreting strain reveals upregulation of nitrogenase and superior plant growth promotion. **Plant and Soil**, v. 415, n. 1, 2017.

SIDDIQUI, Z. A. **Prospective biocontrol agents of plant pathogens**. In: PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Holan-da:Springer Netherlands, 2006.

SOUZA, A. A. **Resposta do milho e do tomateiro à inoculação com bactérias diazotróficas isoladas da superfície de folhas**. Dissertação: Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba. Universidade de São Paulo. 2017.

SZILAGYI-ZECCHIN, V. J.; MÓGOR, A. F.; RUARO, L.; RODER, C. Crescimento de mudas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) estimulado pela bactérias *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 em cultura orgânica. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, 2015.

TERRY, E.; PINO, M.A.; MEDINA, N. Application times of an *Azospirillum* bioproduct in tomato growth, development and yield. **Cultivo Tropicales**, v.21, n. 4, 2000.