

RESPOSTA DA FISÁLIS (*Physalis peruviana* L.) À INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

Felix Cidade do Prado¹

Rodrigo Ferraz Ramos²

Eloi Evandro Delazeri³

Cristiano Bellé⁴

Daniel Joner Daroit⁵

Evandro Pedro Schneider⁶

RESUMO: Objetivou-se avaliar a resposta de *Physalis peruviana* L. frente à inoculação e coinoculação de diferentes microrganismos promotores de crescimento de planta (MPCP) em condição de campo. O delineamento foi em blocos casualizados, sendo quatro blocos e oito tratamentos. Os tratamentos do experimento referem-se à inoculação individual de *Azospirillum brasilense* (A), *Bacillus amyloliquefaciens* (B) e *Trichoderma asperellum* (T), diferentes combinações com esses MPCPs (T+B; T+A; B+A e T+A+B) e um tratamento controle (C). Aos 15 dias após o transplântio das mudas (DAT) avaliou-se os índices SPAD de clorofilas (Chl *a*, Chl *b* e Chl total) e aos 50 e 150 DAT avaliou-se a altura da parte aérea (APA). Os frutos foram colhidos aos 75 DAT até 120 DAT, sendo determinado o número de frutos por planta (NFP) e a massa média de frutos (MF). Amostras dos frutos foram submetidas a análises físico-químicas, com determinação de luminosidade (L*), cromaticidade (c*) e coloração externa (°hue) dos frutos. Aos 270 DAT determinou-se a biomassa fresca da parte aérea (BFPA) e biomassa seca da parte aérea (BSPA). Não foram observadas diferenças significativas para as variáveis analisadas. As coinoculações

¹ Bacharel em Agronomia pela Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, Erechim (RS), Brasil.

² Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), Brasil.

³ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas (RS), Brasil.

⁴ Doutor em Fitossanidade (Fitopatologia) pela UFPel. Pesquisador do Phytus Group, Itaara (RS), Brasil. E-mail: crbelle@gmail.com

⁵ Doutor em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela UFRGS. Docente no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis na Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, Erechim (RS), Brasil

⁶ Doutor em Agronomia (Fruticultura de Clima Temperado) pela UFPel. Docente no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Políticas Públicas na Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, Erechim (RS), Brasil.

de B+A e A+T apresentam as maiores médias para Chl *a*, enquanto que a combinação de T+A+B apresentou maiores médias para Chl total, ambos diferindo estatisticamente da inoculação de *A. brasilense*. Para a variável °hue os tratamentos A, B e T+B apresentaram as menores médias, resultando melhor aspecto visual da coloração de frutos.

PALAVRAS-CHAVE: *Azospirillum brasilense*; *Bacillus amyloliquefaciens*; Promoção de crescimento de plantas; *Trichoderma asperellum*.

GOOSEBERRY (*Physalis peruviana* L.) RESPONSE TO INOCULATION AND CO-INOCULATION OF PLANT GROWTH-PROMOTING MICROORGANISMS

ABSTRACT: The response of *Physalis peruviana* L. in the wake of inoculation and co-inoculation of different micro-organisms which promote plant growth in field conditions is analyzed. Assay design comprised randomized blocks with four blocks and eight treatments. Treatments refer to individual inoculation of *Azospirillum brasilense* (A), *Bacillus amyloliquefaciens* (B) and *Trichoderma asperellum* (T), different combinations with MPCPs (T+B; T+A; B+A and T+A+B) and control (C). After 15 days of seedling transplants (DAT), SPAD indexes of chlorophyll (Chl *a*, Chl *b* and total Chl total) were evaluated; at 50 and 150 DAT, the height of aerial part (APA) was evaluated. Fruits were gathered at 75 DAT up to 120 DAT, with number of fruits per plant (NFP) and mean fruit mass (MF). Fruit samples underwent physical and chemical analysis to determine luminosity (L*), chromaticity (c*) and external color (°hue) of the fruits. At 270 DAT, fresh biomass of the aerial part (BFPA) and dry biomass of the aerial part (BSPA) were determined. There were no significant differences for variables under analysis. Co-inoculations B+A and A+T had the highest mean rates for Chl *a*, whereas T+A+B had the highest mean rates for total Chl, both statistically differing from inoculation of *A. brasilense*. In the case of variable °hue, treatments A, B and T+B had the lowest mean rates with the best visual fruit coloring.

KEY WORDS: *Azospirillum brasilense*; *Bacillus amyloliquefaciens*; plants' growth promotion; *Trichoderma asperellum*.

INTRODUÇÃO

A fisális (*Physalis peruviana* L.), também conhecida como tomate-de-capucho, é uma planta herbácea pertencente à família Solanaceae, gênero *Physalis*, originária da região Andina na América Latina, e atualmente cultivada em diversas regiões do mundo (FISCHER; ALMANZA-MERCHÁN; MIRANDA, 2014). O fruto da fisális é açucarado e com conteúdo significativo de vitaminas A, C, ferro (Fe), fósforo (P) e fibras, sendo considerado medicinal e muito utilizado na fabricação de geleias, doces, sucos e sorvetes (PUENTE *et al.*, 2011; MUNIZ *et al.*, 2014).

No Brasil, a fisális ainda é considerada exótica e com elevado preço de mercado em função do alto valor agregado em decorrência da produção limitada, difícil manejo da colheita e por ser altamente perecível, além da escassez de informações a respeito do cultivo dessa espécie (SILVA *et al.*, 2013). Assim, com o intuito de se obter uma maior rentabilidade na cultura, a adoção de novas tecnologias na produção de fisális deve ser considerada.

Inoculantes, baseados em microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCPs), são empregados em diversas culturas com o intuito de se obter uma maior qualidade e produtividade (MENNA *et al.*, 2017), além de permitirem menores taxas de aplicações de fertilizantes inorgânicos, sem afetar a produtividade (ADESEMOYE; TORBERT; KLOPPER, 2009). Quando cultivados em associação com uma planta hospedeira, podem resultar na estimulação do crescimento do seu hospedeiro através de diversos mecanismos, como através da disponibilização de nutrientes limitantes ao crescimento vegetal (N e P), na redução de estresses bióticos e abióticos, pela indução sistêmica de resistência a fitopatógenos ou pela produção e exsudação de fitormônios e demais fatores de crescimento (RICHARDSON *et al.*, 2009; AHEMAD; KIBRET, 2014).

Diversos MPCPs são reconhecidos por estimularem o crescimento e desenvolvimento vegetal. Espécies de fungos do gênero *Trichoderma* são amplamente empregados em cultivos agrícolas enquanto biopesticidas, biofertilizantes e promotores de crescimento vegetal (WOO *et al.*, 2014), apresentando capacidade de colonização radicular, e nesse ambiente promover a produção de fitormônios, supressão de fitopatógenos radiculares e indução da resistência da planta a estresses

bióticos e abióticos (PRASAD *et al.*, 2017; HIDANGMAYUM; DWIVEDI, 2018). Estirpes de *Bacillus amyloliquefaciens* são reconhecidas pela produção de compostos voláteis e aumento na eficiência no uso do nitrogênio (N) no solo pelas raízes da planta hospedeira, além de atuarem na supressão de fitopatógenos radiculares (WU *et al.*, 2017; MENDIS *et al.*, 2018). Bactérias do gênero *Azospirillum* apresentam capacidade de fixação de nitrogênio em vida livre no solo e capacidade de estimularem o crescimento vegetal através da produção de fitormônios (FENDRIHAN *et al.*, 2017).

Em geral, os MPCPs podem ser aplicados isoladamente como um inoculante em diferentes culturas agrícolas. Contudo, tem sido sugerido que o consórcio entre diferentes MPCPs pode ser uma estratégia benéfica ao crescimento das plantas (JHA; SARAF, 2015). Portanto, efeitos individuais e combinados de MPCPs no rendimento e produtividade da planta hospedeira também devem ser avaliados (DATTA *et al.*, 2011).

Na família Solanaceae, a inoculação de MPCP já foi relatada em estudos para a cultura da batata (*Solanum tuberosum*) (GURURANI *et al.*, 2013), tomate (*Lycopersicon esculentum*) (MEHTA *et al.*, 2015), berinjela (*Solanum melongena* L.) (FU *et al.*, 2010) e pimenta (*Capsicum annum* L.) (MOUMITA *et al.*, 2011). Contudo, são escassos os estudos sobre a resposta de crescimento e rendimento de plantas de fisális inoculadas com diferentes MPCPs (LÓPEZ; PERDOMO; BUITRAGO, 2014), especialmente em condições de campo. Diante do exposto objetivou-se avaliar a resposta de *Physalis peruviana* L. frente à inoculação e coinoculação de *T. asperellum*, *B. amyloliquefaciens* e *A. brasilense* em condição de campo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Cerro Largo, região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (latitude 28°08'30", longitude 54°45'41"). De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima da região é do tipo *Cfa*, subtropical úmido, com verões quentes, sem estação seca definida, precipitação pluvial média anual de 1800 mm e temperatura média de 16 a 18 °C. A classificação do solo é Latossolo

Vermelho Distroférico Típico (EMBRAPA, 2013). Anteriormente à implantação do experimento a campo, realizou-se análise química do solo da área, a fim de ser realizada a correção do pH do solo para 6,0. O solo apresentava as seguintes propriedades químicas: pH (água 1:1) = 5,2; cálcio (Ca cmol_c/dm³) = 6,4; magnésio (Mg cmol_c/dm³) = 1,8; alumínio (Al cmol_c/dm³) = 0,2; H+Al (cmol_c/dm³) = 10,9; saturação Al (%) = 2,2; saturação de bases (%) = 45,5; matéria orgânica (%) = 3,7; argila (%) = 46; CTC pH 7,0 (cmol_c/dm³) = 20; enxofre (S mg/dm³) = 11,9; fósforo (P-Mehlich mg/dm³) = 6,8; potássio (K cmol_c/dm³) = 0,859; cobre (Cu mg/dm³) = 10,6; Zinco (Zn mg/dm³) = 3,3; e boro (B mg/dm³) = 0,6.

Inicialmente, sementes oriundas de plantas matrizes de fisális (*Physalis peruviana* L.) foram desinfestadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 2,5% por um minuto, e depois lavadas com água destilada estéril. As sementes foram transferidas para bandejas de poliestireno com substrato (Carolina Soil[®]) esterilizados, composto por turfa de Sphagnum (70%), palha de arroz torrefada (20%), perlita (10%), pH 5,6, CTC 1200 mmolc.dm⁻³ e condutividade elétrica 1,5 dS/m. As plântulas emergidas foram transplantadas para vasos com 1000 cm³, preenchidos com substrato (Carolina Soil[®]) esterilizado.

Aos 60 dias após a emergência (DAE) realizou-se a aplicação dos tratamentos biológicos com os MPCPs. Os diferentes tratamentos referem-se à inoculação individual de *Azospirillum brasilense* (A), cepas Ab-V5 e Ab-B6, com concentração de 5,0 x 10⁸ células vivas mL⁻¹ de produto (Simbiose Maiz[®]); *Bacillus amyloliquefaciens* (B), com 5,0 x 10⁹ Unidades Formadoras de Colônia (UFC) mL⁻¹ de produto (Nema Control[®]); e *Trichoderma asperellum* (T)SF 04 (URM-5911), com concentração de 1,0 x 10¹⁰ UFC g⁻¹ de produto (Quality WG[®]), e a coinoculação desses MPCPs em fisális (Tabela 1). As coinoculações referem-se às seguintes combinações: *T. asperellum* + *B. amyloliquefaciens* (T+B); *T. asperellum* + *A. brasilense* (T+A); *B. amyloliquefaciens* + *A. brasilense* (B+A); e *T. asperellum* + *A. brasilense* + *B. amyloliquefaciens* (T+A+B) (Tabela 1).

Para todos os tratamentos realizou-se o preparo de uma calda composta pelos MPCPs e água destilada estéril (Tabela 1). Para cada tratamento foram aplicados 10 mL⁻¹ de calda por planta (EL-SAYED; HASSAN; EL-MOGY, 2015) de aproximadamente 30,0 ± 2,0 cm, na base do caule, diretamente no substrato. O tratamento controle

recebeu 10 mL⁻¹ de água destilada. Após 48 horas da aplicação dos tratamentos, as mudas foram conduzidas a campo e transplantadas em covas no solo, mantendo-se preservada a estrutura física do substrato em contato com as raízes durante o transplante. O espaçamento entre plantas foi de 1,25 m, e espaçamento entre linhas de 1 m. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro blocos, sendo três plantas por repetição, totalizando 96 plantas de fisális. Aos 40 dias após o transplante realizou-se novamente a aplicação dos tratamentos a campo, sendo aplicados 10 mL⁻¹ de calda por planta próximo à base do caule.

Tabela 1. Diferentes tratamentos com microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP) em fisális (*Physalis peruviana L.*)

Tratamentos	Concentração da calda (g mL ⁻¹ , mL mL ⁻¹) ****
Controle *	0,0
<i>A. brasilense</i> **	0,3 mL
<i>B. amyloliquefaciens</i> **	0,3 mL
<i>T. asperellum</i> ***	0,28 g
<i>T. asperellum</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	0,28 g + 0,3 mL
<i>T. asperellum</i> + <i>A. brasilense</i>	0,28 g + 0,3 mL
<i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>A. brasilense</i>	0,28 mL + 0,3 mL
<i>T. asperellum</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	0,28 g + 0,3 mL + 0,3 mL

* Somente água destilada
 ** Formulação comercial líquida
 *** Formulação comercial pó molhável
 **** g produto/mL de água destilada e ou mL de produto/mL de água destilada

A irrigação do experimento foi realizada através de regas manuais, sendo realizadas diariamente. As fontes de macronutrientes foram o nitrato de potássio (KNO₃), nitrato de cálcio (Ca(NO₃)₂), sulfato de magnésio (MgSO₄) e fosfato monoamônico (NH₄H₂PO₄), cujas proporções foram ajustadas para atingir a concentração em mmol L⁻¹ de: 10,49 de NO₃⁻; 4,36 de NH₄⁺; 4,0 de H₂PO₄⁻; 6,0 de K⁺; 2,0 de Ca⁺²; 1,0 de Mg⁺²; 1,0 de SO₄⁻². Os micronutrientes foram fornecidos através de uma solução estoque nas concentrações, em mg L⁻¹, de: 0,03 de molibdênio (Mo); 0,26 de boro (B); 0,22 de zinco (Zn); 0,06 de cobre (Cu); 0,50 de manganês (Mn);

e separadamente 1,0 de ferro (Fe) na forma quelatizada. As aplicações da solução nutritiva foram realizadas a cada 14 dias.

Aos 15 DAT realizaram-se avaliações dos índices relativos de clorofila nas folhas. Para cada planta por tratamento, selecionou uma folha de coloração visualmente verde localizada no ápice do ramo lateral mais elevado. Para cada folha selecionada, foram realizadas na parte adaxial duas leituras, uma leitura de cada lado da nervura central, do índice de clorofila *a* (Chl *a*) e clorofila *b* (Chl *b*) por meio do medidor indireto de clorofila SPAD-502 (*Soil Plant Analysis Development*, Minolta®, Japão). O índice de clorofila total (Chl total) foi obtido pela fórmula $\text{Chl total} = \text{Chl } a + \text{Chl } b$ (RAMOS *et al.*, 2018). As avaliações de crescimento das mudas ocorreram aos 50 e 150 DAT. A partir da mensuração da distância da base do caule ao ápice da folha mais elevada na vertical determinou-se a altura da parte aérea (APA) para cada tratamento.

Para as avaliações físico-químicas os frutos foram coletados manualmente quando o cálice se tornou, visualmente, amarelo-esverdeado (LIMA *et al.*, 2012). A coleta dos frutos ocorreu dos 75 DAT até os 120 DAT. Os frutos foram conduzidos ao laboratório, onde foi realizada análise da luminosidade dos frutos (L^*) e coloração externa dos frutos por meio do Colorímetro CR-400 (Minolta), onde os valores de coloração foram expressos em ângulo hue ($^\circ\text{hue}$), obtidos através da fórmula: $^\circ\text{hue} = \tan^{-1} b^*/a^*$ (GONÇALVES *et al.*, 2014), e croma (c^*), onde c^* foi obtido pela fórmula $2\sqrt{a^{2*} + b^{2*}}$ (CONTI; MINAMI; TAVARES, 2002). Realizou-se a contagem do número de frutos por plantas (NFP) e em balança analítica determinou-se a massa média de frutos (MF).

Aos 270 DAT determinou-se a biomassa fresca da parte aérea (BFPA) e biomassa seca da parte aérea (BSPA). Para cada planta por tratamento realizou-se o corte dos ramos laterais de fisális, deixando-se para cada planta quatro ramos centrais. Os demais ramos laterais da parte aérea foram podados, separados por tratamentos e conduzidos ao laboratório para aferimento da biomassa fresca em balança. Posteriormente, os ramos foram acondicionados em estufa a 120 °C por 72 horas, sendo mensurada a biomassa seca por planta em balança e os resultados expressos em Kg por planta.

Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística, onde as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a variável APA, aos 50 e 150 DAT, e para o índice relativo de Chl *b*, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 2). Os tratamentos com as combinações *B. amyloliquefaciens* + *A. brasilense* e *T. asperellum* + *A. brasilense* + *B. amyloliquefaciens* apresentam as maiores médias para o índice relativo de Chl *a*, enquanto que o tratamento com a coinoculação de *T. asperellum* + *A. brasilense* + *B. amyloliquefaciens* apresentou as maiores médias para o índice relativo de Chl total, contudo, ambos somente diferindo estatisticamente do tratamento com *A. brasilense* (Tabela 2).

Velasco; Ferrera-Cerrato e Almaraz Suárez (2001), estudando *P. peruviana* L., reportaram que a inoculação individual de *A. brasilense* ou combinado com *Glomus intraradix* ou vermicomposto resultou maior área foliar e maior taxa fotossintética. No grupo das Solanáceas, a influência de MPCPs nos índices e teores de clorofila foram reportados para outras culturas, como para o tomate (*Solanum lycopersicum* L.), onde Szilagyi-Zecchin *et al.* (2015) relataram que a inoculação de *Bacillus amyloliquefaciens* (subsp. *plantarum* FZB42) promoveu incremento nos teores de clorofila *a*, *b* e totais para duas diferentes variedades de tomate (Santa Clara I-5300 e Cereja 261), além de promover o aumento da parte aérea em 47,7% na cultivar ‘Santa Clara’, e 15,5% na cultivar ‘Cereja’. Em estudo com tomates, Khan *et al.* (2014) verificaram que a inoculação de MPCP *Sphingomonas* sp. LK11 incrementou o conteúdo de clorofila em relação ao tratamento controle, além de promover incremento no comprimento da parte aérea, biomassa fresca e seca da parte aérea e das raízes.

Tabela 2. Altura da parte aérea aos 50 DAT (APA1); altura da parte aérea aos 150 DAT (APA2); índice relativo de clorofila *a* (Chl *a*), índice relativo de clorofila *b* (Chl *b*) e índice de clorofila total (Chl total) aos 15 DAT em fisális (*Physalis peruviana* L.), submetida a inoculação e coinoculação de diferentes microrganismos promotores de crescimento de planta (MPCP).

Tratamentos ¹	APA1 ² (m)	APA2 (m)	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	Chl total
C	0,64 ± 0,05 ns	1,43 ± 0,08 ns	30,5 ± 0,29 ab	7,4 ± 0,62 ns	37,5 ± 0,71 ab
A	0,69 ± 0,06	1,48 ± 0,05	28,3 ± 1,02 b	6,8 ± 0,66	35,1 ± 1,57 b
B	0,63 ± 0,05	1,42 ± 0,08	29,8 ± 0,85 ab	7,2 ± 0,85	37,9 ± 1,65 ab
T	0,71 ± 0,03	1,45 ± 0,06	30,3 ± 0,72 ab	8,1 ± 0,73	38,4 ± 1,33 ab
T + B	0,66 ± 0,03	1,41 ± 0,04	30,4 ± 0,92 ab	7,1 ± 0,52	37,3 ± 1,23 ab
T + A	0,73 ± 0,01	1,45 ± 0,03	29,9 ± 0,37 ab	7,4 ± 0,53	37,3 ± 0,78 ab
B + A	0,66 ± 0,02	1,56 ± 0,08	31,8 ± 1,11 a	7,7 ± 0,37	39,5 ± 1,40 ab
T + A + B	0,69 ± 0,02	1,48 ± 0,05	32,0 ± 0,56 a	8,3 ± 0,67	40,3 ± 1,16 a
CV (%)	9,50	5,68	4,29	9,35	5,18

¹ A = *Azospirillum brasilense*; B = *Bacillus amyloliquefaciens*; T = *Trichoderma asperellum*; T+B = T. *asperellum* + B. *amyloliquefaciens*; T+A = T. *asperellum* + A. *brasilense*; B+A = B. *amyloliquefaciens* + A. *brasilense*; e T+A+B = T. *asperellum* + A. *brasilense* + B. *amyloliquefaciens*.

² Letras diferentes na coluna denotam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para o número de frutos por planta (NFP) e a massa média dos frutos (MMF) não foram observadas diferenças significativas entre os diferentes tratamentos (Tabela 3). Já para as análises físico-químicas dos frutos, não foram obtidas diferenças significativas para as variáveis L*, c*, SS e pH entre os diferentes tratamentos, sendo que os resultados das análises físico-químicas encontradas no presente estudo são semelhantes aos reportados para os frutos da cultura da fisális (YILDIZ *et al.*, 2015). Para a variável °hue, o tratamento com *T. asperellum* apresentou as maiores médias ($82,0 \pm 0,86$), diferindo estatisticamente dos tratamentos com inoculação individual de *A. brasilense* ($75,7 \pm 0,82$), *B. amyloliquefaciens* ($76,0 \pm 0,30$) e a coinoculação de *T. asperellum* + *B. amyloliquefaciens* ($75,6 \pm 0,45$) (Tabela 3).

Quanto mais próximo o °hue estiver de 90°, mais intensamente o espectro de cor amarelo sobressai (MCGUIRE, 1992). Contudo, para que frutos de fisális sejam comercializados com maior aceitação, a sua coloração deve variar do alaranjado ao laranja intenso (LIMA *et al.*, 2012), correspondente a valores de °hue entre 60° a 80°. Assim, a inoculação individual de *A. brasilense*, *B. amyloliquefaciens* e a coinoculação de *T. asperellum* + *B. amyloliquefaciens* corresponderam aos

tratamentos que resultaram melhor aspecto visual da coloração de frutos, quando comparados com o tratamento com inoculação individual de *T. asperellum*.

Para o *Azospirillum* sp., resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo foram reportados por Esquivel-Cote *et al.* (2017), onde a inoculação desse MPCP em tomate não influenciou as variáveis de crescimento das plantas, contudo favoreceu a produção de frutos. Em estudo avaliando a inoculação de *A. brasilense* e a coinoculação desse MPCP com *Glomus intraradices* na cultura do tomate-cereja, Lira-Saldivar *et al.* (2014) reportaram que a coinoculação favoreceu o desenvolvimento da cultura, resultando incremento da altura das plantas (6%), área foliar (11%), biomassa seca (10,5%) e a produção de tomate (16%). Avaliando os efeitos de duas linhagens de *B. amyloliquefaciens* (FZB24 e FZB42) na produção de tomate, Gül *et al.* (2008) reportaram que a resposta das plantas de tomate a *B. amyloliquefaciens* mudou de acordo com o tipo de manejo nutricional, onde reduziram o rendimento obtido no sistema fechado, enquanto que elas produziram maiores rendimentos (FZB24 9% e FZB42 8%) do que o tratamento controle em sistema aberto.

De acordo com El-Sayed; Hassan e El-Mogy (2015), o uso de um biofertilizante a base de *A. brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, *B. cereus* e de micorriza arbuscular associada a aplicação de composto orgânico e a aplicação de adubação inorgânica (50%) incrementou o rendimento de tubérculos comerciais e o rendimento total de batata (*Solanum tuberosum* L.) quando comparado com o tratamento controle com aplicação de adubação inorgânica em associação ao composto orgânico. Em estudos com coinoculação de diferentes MPCP, Datta *et al.* (2011) reportaram que as coinoculações de *Bacillus* sp. C2, *Bacillus* sp. C25 e *Streptomyces* sp. C32 em pimenta (*Capsicum annuum* L.), em condição de campo, resultaram incremento no crescimento, número de fruto, massa de fruto e produtividade.

Tabela 3. Número de frutos por planta (NFP), massa média de fruto (MMF) e luminosidade (L*), coloração externa ($^{\circ}$ hue) e cromaticidade (c*) de frutos de fisális (*Physalis peruviana* L.) submetidos a inoculação e coinoculação de diferentes microrganismos promotores de crescimento de planta (MPCP)

Tratamentos ¹	NFP ² (planta-1)	MMF (g fruto-1)	L*	$^{\circ}$ hue	c*
C	8,2 ± 2,05 ns	2,9 ± 0,08 ns	63,4 ± 0,82 ns	76,9 ± 0,94 ab	51,0 ± 1,12 ns
A	4,6 ± 1,62	4,0 ± 0,61	64,2 ± 2,38	75,7 ± 0,82 b	51,0 ± 1,90
B	10,7 ± 2,29	3,1 ± 0,27	64,7 ± 0,60	76,0 ± 0,30 b	54,0 ± 1,37
T	10,3 ± 0,64	3,2 ± 0,25	64,5 ± 0,52	82,0 ± 0,86 a	50,1 ± 1,83
T + B	5,7 ± 1,71	3,1 ± 0,32	64,3 ± 1,26	75,6 ± 0,45 b	52,8 ± 1,48
T + A	7,8 ± 2,23	3,7 ± 0,08	65,3 ± 0,63	79,2 ± 0,40 ab	50,4 ± 0,52
B + A	5,6 ± 1,98	2,7 ± 0,17	62,1 ± 1,19	78,3 ± 0,16 ab	48,3 ± 2,14
T + A + B	9,3 ± 2,41	3,3 ± 0,20	63,7 ± 0,10	77,9 ± 0,67 ab	51,9 ± 1,00
CV (%)	43,0	17,8	3,34	2,78	5,80

¹ A = *Azospirillum brasilense*; B = *Bacillus amyloliquefaciens*; T = *Trichoderma asperellum*; T+B = *T. asperellum* + *B. amyloliquefaciens*; T+A = *T. asperellum* + *A. brasilense*; B+A = *B. amyloliquefaciens* + *A. brasilense*; e T+A+B = *T. asperellum* + *A. brasilense* + *B. amyloliquefaciens*. ² Letras diferentes na coluna denotam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para as variáveis biomassa fresca da parte aérea (BFPA) e biomassa seca da parte aérea (BSPA), não foram observadas diferenças significativas entre os diferentes tratamentos com MPCPs (Tabela 4). Em um estudo avaliando a inoculação de um MPCP do gênero *Trichoderma*, espécie *T. barzianum* em *P. peruviana* L., Alvarado-Sanabria e Álvarez-Herrera (2014) reportaram que o uso desse MPCP resultou significativamente maior acúmulo de biomassa seca nas raízes e biomassa seca total, além de maior área foliar nas plantas de fisális.

Avaliando a inoculação individual e a coinoculação de *Glomus intraradices* BEG72 e *Trichoderma atroviride* MUCL 45632 em diferentes culturas, Colla *et al.* (2014) reportaram que a coinoculação desses MPCP em *Solanum lycopersicum* cv. San Marzan resultou crescimento da parte aérea, massa seca de raízes e índice relativo de clorofila. Avaliando diferentes MPCPs em *Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm., Rojas-Solís, Hernández-Pacheco e Santoyo (2016) observaram que a coinoculação de *B. thuringiensis* UM96 com *Pseudomonas fluorescens* UM16 incrementou significativamente a massa fresca total das plântulas, além de promover incremento no comprimento do hipocótilo e das raízes das plântulas.

Tabela 4. Biomassa fresca da parte aérea (BFPA) e biomassa seca da parte aérea (BSPA) de fisalis (*Physalis peruviana* L.) submetida a inoculação e coinoculação de diferentes microrganismos promotores de crescimento de planta (MPCP)

Tratamentos ¹	BFPA ² (Kg planta-1)	BSPA (Kg planta-1)
C	8,1 ± 0,55 ns ³	2,0 ± 0,18 ns
A	8,2 ± 0,58	2,6 ± 0,57
B	7,3 ± 1,52	2,3 ± 0,40
T	7,9 ± 1,28	1,7 ± 0,13
T + B	6,2 ± 0,90	1,5 ± 0,25
T + A	8,6 ± 0,56	2,0 ± 0,90
B + A	6,5 ± 0,78	1,5 ± 0,28
T + A + B	8,5 ± 0,60	1,9 ± 0,33
CV (%)	16,84	5,68

¹ A = *Azospirillum brasilense*; B = *Bacillus amyloliquefaciens*; T = *Trichoderma asperellum*; T+B = T. *asperellum* + B. *amyloliquefaciens*; T+A = T. *asperellum* + A. *brasilense*; B+A = B. *amyloliquefaciens* + A. *brasilense*; e T+A+B = T. *asperellum* + A. *brasilense* + B. *amyloliquefaciens*.

² Letras diferentes na coluna denotam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ³ ns = não significativo.

Em estudo com MPCP em *P. peruviana*, Velasco, Ferrera-Cerrato e Almaraz Suárez (2001) reportaram que a inoculação de *A. brasilense* resultou maior acúmulo de biomassa seca, obtendo-se os maiores acúmulos quando a inoculação de *A. brasilense* encontrava-se associada à aplicação de vermicomposto ou vermicomposto mais a inoculação de *Glomus intraradix*. Avaliando a inoculação de três diferentes isolados de *A. brasilense* na cultura do tomateiro, Mangmang, Deaker e Rogers (2015) observaram que as plântulas inoculadas com os isolados desse MPCP apresentaram significativamente raízes mais longas e maior acúmulo de biomassa.

Destaca-se que as interações diretas que ocorrem entre populações de diferentes tipos microbianos frequentemente resultam na promoção de processos-chave que beneficiam o crescimento e a saúde das plantas (JHA; SARAF, 2015). Contudo, a resposta de culturas agrícolas não-noduladoras a diferentes combinações de MPCPs em condições a campo, ainda, são pouco exploradas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As inoculações individuais e as diferentes combinações de *A. brasilense*, *B. amyloliquefaciens* e *T. asperellum* não influenciam o crescimento, índice relativo de clorofila *b*, número de frutos por plantas, luminosidade, cromaticidade e a biomassa fresca e seca da parte aérea de fisális em condições de campo.

Contudo, as coinoculações de B+A e A+T incrementaram os índices relativos de Chl *a*, e a coinoculação T+A+B incrementou o índice de Chl total. Ainda, a inoculação individual de *A. brasilense*, *B. amyloliquefaciens* e a coinoculação de *T. asperellum* + *B. amyloliquefaciens* corresponderam aos tratamentos que resultaram melhor aspecto visual da coloração de frutos (°hue), quando comparados com o tratamento com inoculação individual de *T. asperellum*.

Sugere-se a necessidade de ampliação de estudos com inoculação e coinoculação de MPCPs em fisális, principalmente devido à escassez de estudos sobre a resposta do crescimento e rendimento de plantas inoculadas com diferentes MPCPs, especialmente em condições de campo.

REFERÊNCIAS

ADESEMOYE, A. O.; TORBERT, H. A.; KLOEPPER, J. W. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. **Microbial Ecology**, Switzerland, v. 58, n. 4, p. 921-929, 2009.

AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King Saud University - Science**, USA, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2014.

ALVARADO-SANABRIA, O. H.; ÁLVAREZ-HERRERA, J. G. Effect of indole-3-butyric acid and *Trichoderma harzianum* Rifai on asexual cape gooseberry propagation (*Physalis peruviana* L.). **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 32, n. 3, p. 326-333, 2014.

COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; MATTIA, E. D.; EL-NAKHEL, C.; CARDARELLI, M. Co-inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma atroviride* acts as a

biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of vegetable crops.

Journal of the Science of Food and Agriculture, Amsterdã, v. 95, p. 1706-1715, 2015.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 20, n. 1, p. 10-17, 2002.

DATTA, M.; PALIT, R.; SENGUPTA, C.; PANDIT, M. K.; BANERJEE, S. Plant growth promoting rhizobacteria enhance growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.) under field conditions. **Australian Journal of Crop Science**, Australia, v. 5, n. 5, p. 531-536, 2011.

EL-SAYED, S. F.; HASSAN, H. A.; EL-MOGY, M. M. Impact of bio and organic fertilizers on potato yield, quality and tuber weight loss after harvest. **Potato Research**, Switzerland, v. 58, p. 67-81, 2015.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2013, 353p.

ESQUIVEL-COTE, R.; TSUZUKI-REYES, G.; RAMÍREZ-GAMA, R. M.; HUANTE, P. Efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp., y fertilización nitrogenada en el crecimiento y producción de jitomate (*Solanum lycopersicum* MILL.). **Agroproductividad**, Mexico, v. 10, n. 7, p. 88-93, 2017.

FENDRIHAN, S.; CONSTANTINESCU, F.; SICUIA, O.; DINU, S. *Azospirillum* strains as biofertilizers and biocontrol agents: a practical review. **Journal of Advances in Agriculture**, India, v. 7, n. 3, p. 1096-1108, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FISCHER, G.; ALMANZA-MERCHÁN, P. J.; MIRANDA, D. Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 001-015, 2014.

FU, Q.; LIU, C.; DING, N.; LIN, Y.; GUO, B. Ameliorative effects of inoculation with the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas* sp. DW1 on growth of eggplant (*Solanum melongena* L.) seedlings under salt stress. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 97, n. 12, p. 1994-2000, 2010.

GONÇALVES, M. A.; PICOLOTTO, L.; AZEVEDO, F. Q.; COCCO, C.; ANTUNES, L. E. C. Qualidade de fruto e produtividade de pessegueiros submetidos a diferentes épocas de poda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 8, p. 1334-1340, 2014.

GÜL, A.; KIDOGLU, F.; TÜZEL, Y.; TÜZEL, I. H. Effects of nutrition and *Bacillus amyloliquefaciens* on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) growing in perlite. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v. 6, n. 3, p. 422-429, 2008.

GURURANI, M. A.; UPADHYAYA, C. P.; BASKAR, V.; VENKATESH, J.; NOOKARAJU, A.; PARK, S. W. Plant growth-promoting rhizobacteria enhance abiotic stress tolerance in *Solanum tuberosum* through inducing changes in the expression of ROS-scavenging enzymes and improved photosynthetic performance. **Journal of Plant Growth Regulation**, Switzerland, v. 32, n. 2, p. 245-258, 2013.

HIDANGMAYUM, A.; DWIVEDI, P. Plant responses to *Trichoderma* spp. and their Tolerance to abiotic stresses: A review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, New Delhi, v. 7, n. 1, p. 758-766, 2018.

JHA, C. K.; SARAF, M. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. **Journal of Agricultural Research and Development**, v. 5, n. 2, p. 0108-0119, 2015.

KHAN, A. L.; WAGAS, M.; KANG, S. M.; AL-HARRASI, A.; HUSSAIN, J.; AL-KHIZIRI, S.; ULLAH, L.; ALI, L.; JUNG, H. Y.; LEE, I. J. Bacterial Endophyte *Sphingomonas* sp. LK11 Produces Gibberellins and IAA and Promotes Tomato Plant Growth. **Journal of Microbiology**, Switzerland, v. 52, n. 8, p. 689-695, 2014.

KÖEPPEN, W. **Climatología**. 2. ed. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 1948, 478 p.

LIMA, C. S. M.; GALARÇA, S. P.; BETEMPS, D. L.; RUFATO, A. R.; RUFATO, L. Avaliação física, química e fitoquímica de frutos de *Physalis*, ao longo do período de colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1004-1012, 2012.

LIRA-SALDIVAR, R.; HERNÁNDEZ, A.; VALDEZ, L. A.; CÁRDENAS, A.; IBARRA, L.; HERNÁNDEZ, M.; RUIZ, N. *Azospirillum brasilense* and *Glomus intraradices* co-inoculation stimulates growth and yield of cherry tomato under shadehouse conditions. **PHYTON**, Buenos Aires, v. 83, p. 133-138, 2014.

LÓPEZ, D. B. S.; PERDOMO, F. A. R.; BUITRAGO, R. R. B. Respuesta de *Physalis peruviana* L. a la inoculación con bacterias solubilizadoras de fosfato. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, Mexico, v. 5, n. 5, p. 901-906, 2014.

MANGMANG, J. S.; DEAKER, R.; ROGERS, G. *Azospirillum brasilense* enhances recycling of fish effluent to support growth of tomato seedlings. **Horticulturae**, Switzerland, v. 1, p. 14-26, 2015.

MCGUIRE, R. G. Reporting of Objective Color Measurements. **HortScience**, USA, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MEHTA, P.; WALIA, A.; KULSHRESTHA, S.; CHAUHAN, A.; SHIRKOT, C. K. Efficiency of plant growth-promoting P-solubilizing *Bacillus circulans* CB7 for enhancement of tomato growth under net house conditions. **Journal of Basic Microbiology**, USA, v. 55, p. 33-44, 2015.

MENDIS, H. C.; THOMAS, V. P.; SCHWIENTEK, P.; SALAMZADE, R.; CHIEN, J. T.; WAIDYARATHNE, P.; KLOEPPER, J.; DE LA FUENTE, L. Strain-specific quantification of root colonization by plant growth promoting rhizobacteria *Bacillus firmus* I-1582 and *Bacillus amyloliquefaciens* QST713 in non-sterile soil and field conditions. **Plos One**, San Francisco, v. 13, n. 2, e0193119, 2018.

MENNA, V. S.; MEENA, S. K.; VERMA, J. P.; KUMAR, A.; AERON, A.; MISHRA, P. K.; BISHT, J. K.; PATTANAYAK, A.; NAVEED, M.; DOTANIYA. Plant beneficial rhizospheric microorganism (PBRM) strategies to improve nutrients use efficiency: A review. **Ecological Engineering**, Amsterdã, v. 107, p. 8-32, 2017.

MOUMITA, D.; RAKHI, P.; CHANDAN, S.; KUMAR, P. M.; BANERJEE, S. Plant growth promoting rhizobacteria enhance growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.) under field conditions. **Australian Journal of Crop Science**, Australian, v. 5, n. 5, p. 531-536, 2011.

MUNIZ, J.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; PELIZZA, T. R.; RUFATO, A. R.; MARCELO, T. A. General aspects of *Physalis* cultivation. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 6, p. 964-970, 2014.

PUENTE, L. A.; PINTO-MUÑOZ, C. A.; CASTRO, E. S.; CORTÉS, M. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. **Food Research International**, Amsterdã, v. 44, n. 7, p. 1733-1714, 2011.

PRASAD, M. R.; SAGAR, B. V.; DEVI, G. U.; TRIVENI, S.; RAO, S. R. K.; CHARI, K. D. Isolation and screening of bacterial and fungal isolates for plant growth promoting properties from tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, India, v. 6, n. 8, p. 753-761, 2017.

RAMOS, R. F.; PAVANELO, A. M.; PRADO, F. C.; SOUZA, S. S.; BETEMPS, D. L. Análise do índice relativo de clorofila em fisális através de diferentes medidores portáteis. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 5, n. 9, p. 10-18, 2018.

RICHARDSON, A. E.; BAREA, J. M.; MCNEILL, A. M.; PRIGENT-COMBARET, C. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. **Plant and Soil**, Switzerland, v. 321, n. 1-2, p. 305-339, 2009.

ROJAS-SOLÍS, D.; HERNÁNDEZ-PACHECO, C. E.; SANTOYO, G. Evaluation of Bacillus and Pseudomonas to colonize the rhizosphere and their effect on growth

promotion in tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.). **Revista Chapingo Serie Horticultura**, Mexico, v. 22, n. 1, p. 45-57, 2016.

SILVA, D. F.; VILLA, F.; BARP, F. K.; ROTILI, M. C. C.; STUMM, D. R. Conservação pós-colheita de fisális e desempenho produtivo em condições edafoclimáticas de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 6, p. 826-832, 2013.

SZILAGYI-ZECCHIN, V. J.; MÓGOR, A. F.; RUARO, L.; RÖDER, C. Crescimento de mudas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) estimulado pela bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 em cultura orgânica. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 38, n. 1, p. 26-33, 2015.

VELASCO, J. V.; FERRERA-CERRATO, R.; ALMARAZ SUÁREZ, J. J. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* em tomate de cascara. **Terra**, v. 19, n. 3, p. 241-248, 2001.

WOO, S. L.; RUOCCO, M.; VINALE, F.; NIGRO, M.; MARRA, R.; LOMBARDI, N.; PASCALE, A.; LANZUISE, S.; MANGANIELLO, G.; LORITO, M. Trichoderma-based products and their widespread use in agriculture. **The Open Mycology Journal**, Sharjah, v. 8, p. 71-126, 2014.

WU, S.; ZHUANG, G.; BAI, Z.; CEN, Y.; XU, S.; SUN, H.; HAN, X.; ZHUANG, X. Mitigation of nitrous oxide emissions from acidic soils by *Bacillus amyloliquefaciens*, a plant growth-promoting bacterium. **Global Change Biology**, USA, v. 24, n. 1, p. 2-14, 2017.

YILDIZ, G.; ÍZLI, N.; ÜNAL, H.; UYLASER, V. Physical and chemical characteristics of goldenberry fruit (*Physalis peruviana* L.). **Journal of Food Science and Technology**, Switzerland, v. 52, n. 4, p. 2320-2327, 2015.

Recebido em: 01/10/2018

Aceito em: 20/08/2019