

DEISE SILVA CASTRO PIMENTEL CARDOSO

**PRODUTIVIDADE, TROCAS GASOSAS E QUALIDADE DOS FRUTOS
DE MINITOMATEIRO EM RESPOSTA A DOSES DE POTÁSSIO E ASSOCIAÇÃO
COM FUNGOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientadora: Herminia Emilia Prieto Martinez

VIÇOSA - MINAS GERAIS

2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

C268p
2019
Cardoso, Deise Silva Castro Pimentel, 1979-
Produtividade, trocas gasosas e qualidade dos frutos de
minitomateiro em resposta a doses de potássio e associação com
fungos promotores de crescimento / Deise Silva Castro Pimentel
Cardoso. – Viçosa, MG, 2019.
121 f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Hermínia Emília Prieto Martinez.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Tomate - Nutrição. 2. Soluções nutritivas.
3. Hidroponia. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.
- II. Título.

CDD 22. ed. 635.642893

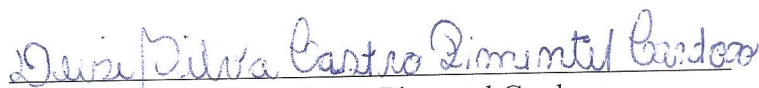
DEISE SILVA CASTRO PIMENTEL CARDOSO

**PRODUTIVIDADE, TROCAS GASOSAS E QUALIDADE DOS
FRUTOS DE MINITOMATEIRO EM RESPOSTA A DOSES DE POTÁSSIO E
ASSOCIAÇÃO COM FUNGOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

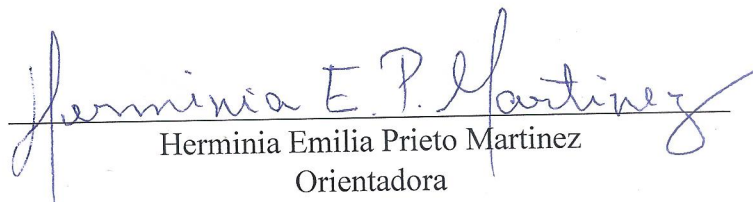
APROVADA: 31 de outubro de 2019

Assentimento:



Deise Silva Castro Pimentel Cardoso

Autora



Herminia Emilia Prieto Martinez

Orientadora

A Deus, autor da minha vida e do meu destino.

O maior apoio nos momentos difíceis.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade da vida, pela força para superar todos os desafios que enfrentei até aqui.

Agradeço à professora Herminia pela orientação, convivência, ensinamentos e também pelo exemplo de dedicação e seriedade acadêmica.

À pesquisadora Maria Aparecida N. Sedyama por todos os ensinamentos, oportunidades, amizade e principalmente por acreditar em mim. Obrigada por ser tão especial!

Às pesquisadoras da Epamig, Maira, Yonara e Cláudia, pela amizade, apoio e pelos excelentes conselhos que contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Aos professores Maria Catarina e Paulo Roberto Cecon pela coorientação, tempo dedicado e valiosas contribuições para a realização desse trabalho.

Aos técnicos e colegas do laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, em especial July e Carla, pela amizade, convivência e preciosa ajuda durante o experimento. Aos estagiários Kaori, Flávio e Ricardo por toda ajuda e dedicação.

À Ariana do laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia, pós-doutorandos Paulo e Marliane do Laboratório de Associações Micorrízicas, ao doutorando Lucas da Fisiologia Vegetal e ao professor Sebastian, pela imensa contribuição nas análises realizadas.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade da realização deste curso, à Fapemig pelo financiamento do projeto e ao Cnpq, pela concessão de bolsa para realização das atividades do doutorado. À empresa agristar pela doação das sementes.

À minha mãe pelo apoio e ao meu pai, que decerto teria ficado feliz por este momento.

Ao meu irmão Denis pela torcida, à minha irmã Débora, pelo apoio, conversas, conselhos, obrigada por estar ao meu lado sempre...por ser minha irmã!

Ao meu esposo pelo companheirismo nos momentos bons e também naqueles tristes e atribulados que passei, me ajudando sempre a acreditar que eu era capaz.

Aos meus filhos, Davi e Maria Luiza, por simplesmente existirem. Por vocês eu queria deixar um mundo melhor!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Há apenas uma maneira de evitar críticas: não falar, não fazer e não ser nada” (Aristóteles).

BIOGRAFIA

Deise Silva Castro Pimentel Cardoso, filha de Israel Silva Pimentel e Maria do Carmo Silva Castro Pimentel, nasceu em Viçosa - Minas Gerais, em 22 de agosto de 1979.

Em março de 2004, iniciou o curso de agronomia, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, concluindo-o em janeiro de 2009.

Em agosto de 2009, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, submetendo-se à defesa de dissertação em março de 2012.

Nos anos de 2012 a 2014, lecionou aulas de ciências para o ensino fundamental e química para o ensino médio, na Escola Estadual Professor Samuel João de Deus, Paula Cândido, MG.

De julho de 2014 a julho 2015, foi bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) junto à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG/CTZM).

Em agosto de 2015, iniciou o curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, submetendo-se à defesa de tese em outubro de 2019.

RESUMO

CARDOSO, Deise Silva Castro Pimentel, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2019. **Produtividade, trocas gasosas e qualidade dos frutos de minitomateiro em resposta a doses de potássio e associação com fungos promotores de crescimento.** Orientador: Herminia Emilia Pietro Martinez.

A demanda pelos minitomates vem crescendo no Brasil, pois são tomates com excelente sabor, resultante do alto teor de açúcar e pela atrativa coloração da casca. O potássio (K) é muito exigido pelo tomateiro, sua insuficiência acarreta queda na produção e qualidade dos frutos. Uma alternativa para otimizar a absorção de nutrientes com menor custo financeiro e ambiental é associar fungos promotores de crescimento (FPC) com as raízes das plantas. Os principais objetivos deste estudo foram: avaliar os efeitos da inoculação de FPC (*Piriformospora indica* e Fungos Micorrízicos Arbusculares) no minitomateiro, associada a doses crescentes de K, na produtividade, trocas gasosas e qualidade pós-colheita dos frutos, em sistema hidropônico. O experimento foi realizado em casa de vegetação na UFV, no período de julho a novembro de 2017. As plantas foram cultivadas em sistema hidropônico de gotejamento, em vasos com areia lavada e esterilizada. Para as características avaliadas no tempo, o experimento constituiu-se de parcela sub - subdividida e para as demais características em parcela subdividida com três repetições, em delineamento inteiramente casualizado. Para avaliação das trocas gasosas utilizou-se um analisador de gás no infravermelho. Para avaliação da qualidade pós-colheita, os frutos foram armazenados em embalagens PET e submetidos a um período de 30 dias em câmaras com temperatura controlada em duas temperaturas: 25°C e 11°C. As temperaturas mínimas estiveram entre 10,8 e 16,5°C e máximas entre 28,2 e 35,4°C. A UR variou entre 45% e 68% no período da manhã e entre 25% a 50% no período da tarde. A colonização foi maior com *P. indica* tendendo a redução com aumento das doses de K. Sob condições de baixa dose de K a inoculação, especialmente com *P. indica*, propiciou frutos maiores, maior massa fresca de frutos total e comercial, além de aumentos da fotossíntese líquida e da transpiração, os quais estão associados a acréscimos da condutância estomática, nas mesmas condições nutricionais. A conservação da qualidade pós-colheita, de forma geral, foi maior nos frutos obtidos das plantas de minitomate inoculadas com FPC, tanto no armazenamento a temperatura ambiente como refrigerado. Conclui-se que, a inoculação com FPC favorece o bom desempenho produtivo, trocas gasosas e o armazenamento do minitomateiro sob condições de estresse nutricional.

Palavras-chave: Micorriza. Solução nutritiva. Fotossíntese. *Solanum lycopersicum* L.
Armazenamento.

ABSTRACT

CARDOSO, Deise Silva Castro Pimentel, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2019. **Productivity, physiology and quality of mini tomato under increasing doses of potassium in association with growth promoting fungi in hydroponic cultivation.** Adviser: Herminia Emilia Pietro Martinez.

The demand for minitomatoes has been growing in Brazil, as they are tomatoes with excellent flavor, resulting from the high sugar content and the attractive color of the skin. Potassium (K) is highly demanded by tomatoes, its insufficiency leads to a drop in fruit production and quality. An alternative to optimize the absorption of nutrients at a lower financial and environmental cost is to associate growth-promoting fungi (FPC) with plant roots. The main objectives of this study were: to evaluate the effects of inoculation of FPC (*Piriformospora indica* and Arbuscular Mycorrhizal Fungi) in the mini-bush, associated with increasing doses of K, in productivity, gas exchange and post-harvest quality of the fruits, in a hydroponic system. The experiment was carried out in a greenhouse at UFV, from July to November 2017. The plants were grown in a hydroponic drip system, in pots with washed and sterilized sand. They were conducted with two stems, leaving three bunches per stalk. For the characteristics evaluated over time, the experiment consisted of a subdivided plot and for the other characteristics a subdivided plot with three replications, in a completely randomized design. To assess gas exchange, an infrared gas analyzer was used. To evaluate post-harvest quality, the fruits were stored in PET packaging and submitted to a period of 30 days in chambers with controlled temperature at two temperatures: 25 ° C and 11 ° C. The minimum temperatures were between 10.8 and 16.5 °C and maximum between 28.2 and 35.4 °C. The UR varied between 45% and 68% in the morning and between 25% and 50% in the afternoon. Colonization was greater with *P. indica*, tending to decrease with an increase in the doses of K. Under conditions of low dose of K, inoculation, especially with *P. indica*, provided larger fruits, greater total and commercial fresh fruit mass, in addition to increases liquid photosynthesis and transpiration, which are associated with increases in stomatal conductance, under the same nutritional conditions. The conservation of postharvest quality, in general, was greater in the fruits obtained from the minitomato plants inoculated with FPC, both in storage at room temperature and refrigerated. It is concluded that, the inoculation with FPC favors the good productive performance, gas exchanges and the storage of the miniforest under conditions of nutritional stress.

Keywords: Mycorrhiza. Nutrient Solution. Photosynthesis. *Solanum lycopersicum*. Storage

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

- Figura 1** - Variação média semanal da temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar máxima e mínima, no interior do ambiente protegido, durante o período de condução do experimento. Viçosa, Minas Gerais, 2017.....31
- Figura 2** - Porcentagem de colonização (%) das raízes finas do minitomateiro em função de doses crescentes de potássio, aos 90 DAT, no cultivo hidropônico.....33
- Figura 3** - A: número total de frutos (NTF), B: massa fresca total de frutos (MFTF) e C: massa fresca de frutos comerciais (MFFC) de minitomates obtidos da interação entre doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1%, *significativo a 5%, ° significativo a 10% e ^{ns} não significativo.....37
- Figura 4** - Número de frutos de minitomates apresentando ombro verde em função da interação entre doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1%, *significativo a 5%, ° significativo a 10% e ^{ns} não significativo.....39
- Figura 5** - Índice SPAD aos 60 DAT (A) e 90 DAT (B) em função da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento e doses de K, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1%, *significativo a 5%, ° significativo a 10% e ^{ns} não significativo.....42
- Figura 6** - Teores médios de fósforo (A), magnésio (B), potássio (C), enxofre (D) e Cálcio (E) na folha índice do minitomateiro em função da inoculação com fungos promotores de crescimento e doses crescentes de K testemunha, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1%, *significativo a 5% e o significativo a 10%.....47

Figura 7 - Teores médios de manganês (A), ferro (B), zinco (C) e cobre (D) nos frutos do minitomateiro testemunha, inoculado com *Piriformospora indica* e com FMA, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1%, *significativo a 5%, ° significativo a 10% e ^{ns} não significativo.....49

Figura 8 - Teores médios de potássio (A), cálcio (B), magnésio (C), fósforo (D) e enxofre (E) nos frutos da testemunha, inoculado com *P. indica* e com FMA, no cultivo hidropônico. *Significativo a 5% e o significativo a 10%.....53

Figura 9 - Teores médios dos micronutrientes manganês (A), ferro (B), zinco (C) e cobre (D) nos frutos do minitomateiro testemunha, inoculado com *Piriformospora indica* e com FMA, no cultivo hidropônico. *Significativo a 5%, ° significativo a 10% e ^{ns} não significativo.....54

ARTIGO 2

Figura 1. Variação média semanal da temperatura máxima, da temperatura mínima, da umidade relativa do ar máxima, e da umidade relativa do ar mínima, no interior do ambiente protegido, durante o período de condução do experimento. Viçosa, Minas Gerais, 2017.....68

Figura 2 - Valores médios da fotossíntese líquida (A) aos 60 DAT (A) e aos 90 DAT (B) em função da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento e doses crescentes de potássio, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1%, *significativo a 5%, ° significativo a 10% e ^{ns} não significativo.....74

Figura 3 - Valores médios da transpiração (E) aos 60 DAT (A) e aos 90 DAT (B) em função da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento e doses crescentes de K, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1%, *significativo a 5%, ° significativo a 10% e ^{ns} não significativo.....75

Figura 4 - (A): valores médios do quenching não-fotoquímico (q_N) e (B): rendimento quântico máximo fotossintético (F_v/F_m), aos 60 DAT, em função da inoculação de

minitomateiro com fungos promotores de crescimento e doses de potássio, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1%, *significativo a 5%, ° significativo a 10% e ^{ns} não significativo.....79

Figura 5 - (A): valores médios do quenching não-fotoquímico (q_N) e (B): rendimento quântico máximo fotossintético (F_v/F_m), aos 90 DAT, em função da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento e doses de potássio, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1%, *significativo a 5%, ° significativo a 10% e ^{ns} não significativo.....79

ARTIGO 3

Figura 1 - Teor de sólidos solúveis (°Brix) de minitomates armazenados a 25 °C (A) e 11 °C (B), cultivados em hidroponia sob doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento. T1 = 0 dias de armazenamento, T2 = 10 dias de armazenamento, T3 = 20 dias de armazenamento e T4= 30 dias de armazenamento. ** Significativo a 1%, * Significativo a 5% e o Significativo a 10%.....95

Figura 2 - Acidez Total Titulável (%) de minitomates armazenados a 25 °C (A) e 11 °C (B), cultivados em hidroponia sob doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento. T1 = 0 dias de armazenamento, T2 = 10 dias de armazenamento, T3 = 20 dias de armazenamento e T4= 30 dias de armazenamento. ** Significativo a 1%, * Significativo a 5%, e o Significativo a 10%.....99

Figura 3 - Açúcares redutores (%) de minitomates armazenados a 25 °C (A) e 11 °C (B), cultivados em hidroponia sob doses de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento. T1 = 0 dias de armazenamento, T2 = 10 dias de armazenamento, T3 = 20 dias de armazenamento e T4= 30 dias de armazenamento. ** Significativo a 1%, * Significativo a 5%, e ° Significativo a 10%.....103

Figura 4. Teor de vitamina C (%) de minitomates armazenados a 25 °C (A) e 11 °C (B), cultivados em hidroponia sob doses de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento. T1 = 0 dias de armazenamento, T2 = 10 dias de armazenamento, T3 = 20 dias de

armazenamento e T4= 30 dias de armazenamento. ** Significativo a 1%, * Significativo a 5%, ° Significativo a 10% e ^{ns} não significativo.....107

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 - Classificação dos minitomates com base na massa fresca do fruto.....29

Tabela 2 - Porcentagem (%) de raízes finas do minitomateiro colonizadas por FMA e *P. indica* aos 30 dias após o transplântio (DAT), em cultivo hidropônico.....32

Tabela 3 - Porcentagem (%) de raízes finas do minitomateiro colonizadas por FMA e *P. indica* em função de doses crescentes de potássio, aos 90 dias após o transplântio (DAT), em cultivo hidropônico.....32

Tabela 4 - Valores médios dos números de frutos de minitomates em função da interação entre doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico.....34

Tabela 5 - Massa fresca total dos frutos de minitomates por planta (MFTF) e massa fresca dos frutos comerciais por planta (MFFC) obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico.....35

Tabela 6 - Número de frutos de minitomates apresentando ombro verde, rachaduras, fundo preto e atacados por traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*), obtidos da interação entre doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico.....38

Tabela 7 - Índice SPAD da folha do minitomateiro obtido da interação doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico.....40

Tabela 8 - Teores médios de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) em g kg⁻¹, enxofre (S), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn), e cobre (Cu) em mg Kg⁻¹ na folha índice de minitomateiros obtidos da interação doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico.....42

Tabela 9 - Teores médios de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) em g Kg⁻¹, enxofre (S), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn), e cobre (Cu) em mg Kg⁻¹ nos frutos de minitomates, obtidos da interação doses de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico.....50

ARTIGO 2

Tabela 1 - Valores médios da concentração interna de CO₂ (Ci), condutância estomática (gs), assimilação do CO₂ (A) e transpiração (E), aos 30 DAT, obtidos da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico.....69

Tabela 2 - Valores médios da concentração interna de CO₂ (Ci), condutância estomática (gs), assimilação do CO₂ (A) e transpiração (E), obtidos da interação entre doses crescentes de K e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico.....70

Tabela 3 - Valores médios do quenching fotoquímico (q_p), quenching não-fotoquímico e rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m), aos 30 DAT, obtidos da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico.....76

Tabela 4 - Valores médios do quenching fotoquímico (q_p), quenching não-fotoquímico (q_N) e rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m), obtidos da interação entre doses crescentes de K e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico.....77

ARTIGO 3

Tabela 1 - Valores médios do teor de sólidos solúveis (°Brix) de minitomates armazenados a 25 e 11 °C e cultivados em hidroponia sob doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento.....92

Tabela 2 - Valores médios da acidez total titulável de minitomates armazenados a 25 e 11 °C e cultivados em hidroponia sob doses de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento.....97

Tabela 3 - Valores médios do teor de açúcares redutores de minitomates armazenados a 25 e 11 °C e cultivados em hidroponia sob doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento.....100

Tabela 4. Valores médios do teor de vitamina C de minitomates armazenados a 25 e 11 °C e cultivados em hidroponia sob doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento.....105

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	18
OBJETIVOS.....	20
Objetivo geral.....	20
Objetivos específicos.....	20
REFERÊNCIAS.....	21
ARTIGO 1 - Produtividade e estado nutricional de minitomateiro cultivado com doses crescentes de potássio em associação com fungos micorrízicos arbusculares e Piriformospora indica, em cultivo hidropônico.....	23
Resumo.....	23
Abstract.....	24
Introdução.....	25
Material e Métodos.....	26
Resultados e Discussão.....	30
Conclusões.....	55
Referências.....	56
ARTIGO 2 - Trocas gasosas e fluorescência da clorofila minitomateiro inoculado com fungos promotores de crescimento sob doses crescentes de potássio, em cultivo hidropônico.....	61
Resumo.....	61
Abstract.....	63
Introdução.....	64
Material e Métodos.....	66
Resultados e Discussão.....	69
Conclusão.....	81
Referências.....	82
ARTIGO 3 - Influência da inoculação com fungos promotores de crescimento e potássio na qualidade pós-colheita de minitomates cultivados no sistema hidropônico.....	84
Resumo.....	84
Abstract.....	85
Introdução.....	87
Material e Métodos.....	89

Resultados e Discussão.....	92
Conclusão.....	109
Referências.....	110
Conclusões Gerais.....	113
Anexo.....	1

INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* L.) é uma das olerícolas mais produzidas e consumidas mundialmente, tendo o Brasil produzido 4.083.910 toneladas numa área colhida de 77.150.511 hectares na safra de 2018 (IBGE, 2019). A maior parte da produção é destinada ao consumo in natura, sendo os frutos fonte de vitaminas A, C e de sais minerais como potássio e magnésio (MELLO et al., 2014).

O tomateiro é originário da região andina que se estende do sul da Colômbia ao norte do Chile, no entanto, sua domesticação ocorreu no México (BELL et al., 2014). É uma planta herbácea, pubescente, muito ramificada, perene, mas é cultivada como uma planta anual nas regiões temperadas (STEDUTO et al., 2012).

Dentre os grupos de tomate, os minitomates vêm atraindo a atenção de produtores, (ARAÚJO et al., 2013). A crescente demanda desse grupo de tomate deve-se, principalmente, ao seu sabor único, alto teor de sólidos solúveis totais e ampla versatilidade culinária (BECKLES, 2012). Apesar de produzirem pequenos frutos, as plantas de minitomates são altamente produtivas, atingindo rendimentos de até 22 kg por planta (MELLO, 2014) durante um ano de ciclo.

Embora a cultura do tomateiro tenha se difundido pelas mais variadas regiões do mundo, o crescimento, o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade do tomateiro são afetados por fatores climáticos, como temperatura e umidade atmosférica. De acordo com sua origem, se desenvolve melhor em climas quentes, secos e com alta luminosidade, sendo sensível à geada e indiferente ao fotoperíodo (STEDUTO et al., 2012).

Assim, na busca por melhores condições climáticas para a cultura, o cultivo em ambiente protegido do tipo estufa não é um fato recente no Brasil, porém, sua disseminação ocorreu após 1980, principalmente na região do sul do país com temperaturas reduzidas durante o inverno (FURLANI et al., 2013). Além disso, os pontos positivos do cultivo protegido estão relacionados à redução da sazonalidade, controle de granizos e geadas, possibilidade de sistematização e aquisição de tecnologias para o controle eficiente da irrigação, temperatura e umidade relativa do ar, desta forma, propiciando condições próximas às mais adequadas para o desenvolvimento pleno das plantas e, conseqüentemente, para elevada produtividade. No entanto, o uso intensivo do solo em estufas pode gerar graves conseqüências como a salinização e problemas fitossanitários, inviabilizando os cultivos de diversas hortaliças (FURLANI et al., 2013). Em vias de contornar os referidos problemas, os

sistemas de cultivo sem solo têm se mostrado alternativas viáveis ao produtor, sendo, também, muito interessantes sob a perspectiva de preservação ambiental, em relação ao manejo da água e dos nutrientes.

Dentre os sistemas mais utilizados para a produção de minitomateiro, destaca-se o cultivo hidropônico, que pode ser realizado na água ou em substratos com baixa atividade química como cascalho, areia, argila expandida e serragem, sendo a nutrição das plantas feita a partir do uso de solução contendo nutrientes essenciais ao seu crescimento (MARTINEZ E CLEMENTE, 2011).

O principal sistema hidropônico empregado comercialmente para o cultivo de minitomates é o de vasos preenchidos com substratos (ALVARENGA, 2013). A irrigação é realizada normalmente por gotejamento e deve satisfazer as demandas nutricionais das plantas. Todavia, o manejo inadequado dessa técnica nos cultivos de minitomates, caracterizado pelo elevado nível de adubação comumente utilizado, têm sido uma das principais causas da salinização do substrato de cultivo e, conseqüentemente, tem contribuído para a redução da produtividade (ELOI et al., 2007). Além disso, o uso excessivo de fertilizantes químicos pode causar toxicidade nas plantas, perda de nutrientes e possibilidade de contaminação do ambiente por meio da drenagem da solução nutritiva (KAWAKAMI et al., 2006).

O tomateiro responde muito bem à fertilização, sendo o potássio (K) o segundo elemento mais requerido pela cultura, vindo logo após o nitrogênio (RAMYABHARATHI et al., 2014). O K é essencial por ser um dos principais ativadores enzimáticos, atuar na translocação de fotoassimilados, regular a pressão osmótica celular e controlar a abertura e fechamento dos estômatos. O controle da abertura/fechamento dos estômatos, além de ser importante na regulação da taxa de transpiração das plantas também é importante na taxa de fotossíntese, pois em plantas deficientes em K, a abertura dos estômatos não ocorre regularmente, diminuindo a entrada de CO₂, de modo que a aplicação de K pode aumentar a assimilação de CO₂ pelas folhas (MARSCHNER, 2012; TAIZ & ZEIGER, 2017).

Neste contexto, é necessário a busca por métodos de produção e manejo que aumentem o rendimento e também a qualidade dos frutos para satisfazer os consumidores, evitando efeitos prejudiciais ao meio ambiente. Entre as práticas adequadas para o manejo sustentável da produção agrícola, está a associação de plantas com fungos promotores de crescimento, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e o fungo endofítico *Piriformospora indica*, com as raízes das plantas.

Os FMAs são fungos biotróficos obrigatórios e estão presentes em quase todos os ambientes agrícolas e naturais. Quando a simbiose é estabelecida, a planta fornece carbono ao fungo, enquanto o FMA melhora a aquisição de água e nutrientes minerais para as plantas por meio da rede extracelular de hifas. Além da melhoria nutricional, a simbiose melhora a tolerância do hospedeiro às condições ambientais, como seca, salinidade e frio, ou estresse térmico (SMITH; SMITH, 2012) e também a fatores bióticos, como resistência a certas pragas e patógenos (SÁNCHEZ-BEL et al., 2018). *Piriiformospora indica* é um fungo de raiz semelhante à micorriza, porém pode ser cultivado em meio de cultura sintético, e, ao associar-se com as raízes das plantas aumenta o seu crescimento promovendo a aquisição de nutrientes, e também a melhoria da tolerância aos estresses bióticos e abióticos (LAHRMANN et al., 2013).

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da inoculação de fungos promotores de crescimento no minitomateiro associada a doses crescentes de potássio (K), quanto à produtividade, trocas gasosas e qualidade pós-colheita dos frutos, em sistema hidropônico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e *P. indica* associada a doses crescentes de K, quanto à produtividade e o estado nutricional do minitomateiro cultivado em sistema hidropônico.
- Avaliar os efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e *P. indica* associada a doses crescentes de K, nas trocas gasosas e fluorescência da clorofila a no minitomateiro, cultivado em sistema hidropônico.
- Avaliar a influência da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e *P. indica* associada a doses crescentes de K, na qualidade pós-colheita de frutos de minitomates cultivados no sistema hidropônico.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. 2. ed. Lavras: Universitária de Lavras, 2013. 457 p.
- ARAÚJO, L.; SILVA, K. J. P.; LEMOS, L. M. C.; MILAGRES, C. C.; CARDOSO, D. S. C. P.; ALVES, L. C.; PEREIRA, P. R. G. Tomate cereja cultivado em diferentes concentrações de solução nutritiva no sistema hidropônico capilar. **Revista Unimontes Científica**, Montes Claro, v. 15, n. 1, p. 18-27, jan. 2013.
- BECKLES, D. M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Davis, v. 63, n. 1, p. 129-140, jan. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.05.016>
- BELL, N., DETWEILER, A. J., NOORDIJK, H., E BUBL, C. (2014). **Tomatoes and Tomatillos**. OSU Extension Service publications. 1-13. Disponível em: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/ec1333>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, Recife, v. 2, n. 1, p. 83-89, jan/mar. 2007. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000100019>
- FURLANI, P. R.; FAQUIN, V.; ALVARENGA, M. A. R.; SENO, S. Produção em substrato e em hidroponia. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. 2. ed. Lavras: UFLA. 2013.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em [http:// www.ibge.gov.br/](http://www.ibge.gov.br/). Acesso em: 27 mar. 2019.
- KAWAKAMI, F. P. C.; ARAUJO, J. A. C.; IUNCK, V.; FACTOR, T. L.; CORTEZ, G. E. P. Manejo da fertirrigação em função da condutividade elétrica da solução nutritiva drenada no cultivo de tomate cereja sob ambiente protegido. 2006. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 47, 2007, Porto Seguro. **Resumos...** Vitória da conquista: ABH, 2007. Versão eletrônica.
- LAHRMANN, U., DING, Y., BANHARA, A., RATH, M., HAJIREZAEI, M. R., DÖHLEMANN, S., ZUCCARO, A. Host-related metabolic cues affect colonization strategies of a root endophyte. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Cologne, v. 110, n. 34, p. 13965-13970, aug. 2013. Doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1301653110>
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed, London: Elsevier, 2012, 643p.
- MARTINEZ, H.E.P.; CLEMENTE, J.M. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: Editora UFV, 2011. 76p.
- MELLO, N. C. Cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) hidropônico sob diferentes níveis de fósforo e potássio em solução nutritiva. **Agroecosistemas**, Belém, v. 6, n. 1, p. 10-16, 2014. Doi: <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v6i1.1845>

RAMYABHARATHI, S. A., SHANTHIYAA, V., SANKARI, MEENA, K., RAGUCHANDER, T. **Nutrient deficiencies management for tomato and potato. An ebook on nutrient disorder.** Smashwords. 1, ed. Florida, 2014, 45 p.

SÁNCHEZ-BEL, P., SANMARTÍN, N., PASTOR, V., MATEU, D., CEREZO, M., VIDAL-ALBALAT, A., FLORS, V. Mycorrhizal tomato plants fine tunes the growth-defence balance upon N depleted root environments. **Plant, cell & environment**, v. 41, n.2, p. 406-420, fev. 2018. Doi: <https://doi.org/10.1111/pce.13105>

SMITH, S. E., AND SMITH, F. A. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. **Mycologia**, Lawrence, v. 104, p. 1–13, jan. 2012. Doi: <https://doi.org/10.3852/11-229>

STEDUTO, P., HSIAO, T. C., FERERES, E., E RAES, D. (2012). **Crop yield response to water.** FAO. (66) 1-500. Disponível em <Http://www.fao.org/docrep/016/i2800e/i2800e.pdf>. Acesso em: 22 ag. 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; Murphy, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

Produtividade e estado nutricional de minitomateiro cultivado com doses crescentes de potássio em associação com fungos micorrízicos arbusculares e *Piriformospora indica*, em cultivo hidropônico

RESUMO

A demanda pelos minitomates vem crescendo no Brasil, devido ao excelente sabor, atribuído ao alto teor de açúcar e pela atrativa coloração da casca. O potássio (K) é muito exigido pelo tomateiro, sua insuficiência acarreta queda na produção e qualidade dos frutos. Uma alternativa para otimizar a absorção de nutrientes com menor custo financeiro e ambiental é associar fungos promotores de crescimento (FPC) às raízes das plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da inoculação com FPC (*Piriformospora indica* e Fungos Micorrízicos Arbusculares) associada a doses crescentes de K, na produtividade e estado nutricional do minitomateiro, em sistema hidropônico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na UFV, no período de julho a novembro de 2017. As plantas foram cultivadas em sistema hidropônico de gotejamento, em vasos com areia lavada e esterilizada. Foram conduzidas com duas hastes, deixando-se três cachos por haste. Para as características avaliadas no tempo o experimento foi conduzido em parcela sub-subdividida e para demais características em parcela subdividida, com três repetições, e delineado inteiramente ao acaso. Avaliou-se a temperatura e UR % do ar no interior da casa de vegetação, % de colonização dos fungos, índice SPAD, classificação dos frutos e massa fresca dos frutos total e comercial. Os dados foram submetidos a análise de variância seguida por teste de médias e regressão. As temperaturas mínimas estiveram entre 10,8 e 16,5°C e máximas entre 28,2 e 35,4°C. A UR variou entre 45% e 68% no período da manhã, e entre 25% e 50% no período da tarde. A colonização foi maior com *P. indica* tendendo a redução com aumento das doses. Sob condições de estresse nutricional a inoculação, especialmente com *P. indica*, propiciou menor número de frutos com ombro verde, maior massa fresca de frutos comerciais, além de promover maior concentração de clorofila, macronutrientes e micronutrientes. Conclui-se que, a associação simbiótica favorece o bom desempenho produtivo do minitomateiro sob condições de estresses nutricionais.

Palavras-chave: Inoculação. Solução Nutritiva. Promotores de Crescimento. Estresse Nutricional. *Solanum lycopersicum* L

ABSTRACT

The demand for minitomates has been growing in Brazil, due to the excellent flavor, attributed to the high sugar content and the attractive color of the skin. Potassium (K) is highly demanded by tomatoes, its insufficiency leads to a drop in fruit production and quality. An alternative to optimize the absorption of nutrients with less financial and environmental cost is to associate growth-promoting fungi (FPC) with plant roots. The objective of the work was to evaluate the effects of inoculation with FPC (*Piriformospora indica* and Arbuscular Mycorrhizal Fungi), associated with increasing doses of K, on the productivity and nutritional status of the mini-forest, in a hydroponic system. The experiment was conducted in a greenhouse at UFV, from July to November 2017. The plants were grown in a hydroponic drip system, in pots with washed and sterilized sand. They were conducted with two rods, leaving three bunches per rod. For the characteristics evaluated over time, the experiment was conducted in a sub-subdivided plot and for other characteristics in a subdivided plot, with three replications, and designed entirely at random. The temperature and RH% of the air inside the greenhouse, % of colonization of fungi, SPAD index, fruit classification and total and fresh weight of fruits were evaluated. The data were subjected to analysis of variance followed by means test and regression. The minimum temperatures were between 10.8 and 16.5 °C and maximum between 28.2 and 35.4 °C. The UR varied between 45% and 68% in the morning, and between 25% and 50% in the afternoon. Colonization was greater with *P. indica*, tending to decrease with increasing doses. Under conditions of nutritional stress, inoculation, especially with *P. indica*, provided fewer fruits with green shoulder, greater fresh weight of commercial fruits, in addition to promoting a higher concentration of chlorophyll, macronutrients and micronutrients. It is concluded that the symbiotic association favors the good productive performance of the mini-forest under conditions of nutritional stress.

Keywords: Inoculation. Nutrient Solution. Growth Promoters. Nutritional Stress. *Solanum lycopersicum* L.

INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das olerícolas de maior importância econômica e também uma das mais difundidas no mundo, tendo o Brasil produzido 4.083.910 toneladas numa área colhida de 77.150.511 hectares na safra de 2018 (IBGE, 2019). Dentre os grupos de tomate, os minitomates vêm atraindo a atenção de produtores (ARAÚJO et al., 2013). A crescente demanda desse grupo de tomate deve-se, principalmente, ao seu sabor único, alto teor de sólidos solúveis totais e ampla versatilidade culinária (BECKLES, 2012). Apesar de produzirem pequenos frutos, as plantas de minitomates são altamente produtivas, atingindo rendimentos de até 22 kg por planta (MELLO, 2014) durante um ano de ciclo.

O tomateiro é altamente exigente em relação aos nutrientes minerais, sendo o potássio (K), de modo geral, o segundo elemento mais exigido pela planta, vindo logo após o nitrogênio. O K é absorvido pelas raízes e translocado na planta como cátion positivo (K^+). Apresenta alta mobilidade em células vegetais, tecidos e transporte de longa distância via xilema e floema, embora não tenha sido encontrado papel estrutural do K nas plantas. É importante no controle de água na planta, pois ao promover a absorção de água pelas raízes, mantém a tensão osmótica e o turgor em células e tecidos vegetais, regulando a atividade dos estômatos para evitar perda desnecessária de água por transpiração. O K tem papel na fotossíntese e na produção e translocação de carboidratos para áreas de crescimento meristemático, desenvolvimento de frutos e armazenamento. Ele também desempenha um papel na melhoria da durabilidade dos frutos e resistência a doenças (MEENA et al., 2016). Além disso, é importante na síntese de pigmentos como o licopeno, encontrado em grandes quantidades nos frutos do tomateiro (TAIZ & ZEIGER, 2017).

Dentre os sistemas mais utilizados para a produção de minitomateiro, destaca-se o cultivo hidropônico, o qual possibilita maior uniformidade e eficiência na aplicação de água e nutrientes (ALVARENGA, 2013). É definido basicamente como cultivo sem solo, realizado na água ou em substratos com pequena atividade química ou mesmo em substratos inertes como cascalho, areia, argila expandida e serragem, sendo a nutrição das plantas feita a partir do uso de solução contendo nutrientes essenciais ao seu crescimento (MARTINEZ E CLEMENTE, 2011).

Em busca de um cultivo hidropônico sustentável, de menor custo financeiro e ambiental, principalmente, em relação à quantidade de fertilizantes utilizados no preparo da solução nutritiva, pode-se associar fungos promotores de crescimento, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e o fungo endofítico *Piriformospora indica*, com as raízes

das plantas cultivadas, de forma a obter otimização na absorção de nutrientes, além de outras vantagens como reduzir estresses bióticos, principalmente em relação a patógenos, e abióticos como maior resistência à salinidade.

Os FMAs são fungos biotróficos obrigatórios e estão presentes em quase todos os ambientes agrícolas e naturais. Quando a simbiose é estabelecida, a planta fornece carbono ao fungo, e o FMA melhora a absorção de água e nutrientes minerais para as plantas por meio da rede extracelular de hifas. Além da melhoria nutricional, a simbiose melhora a tolerância do hospedeiro às condições ambientais, como seca, salinidade e frio, ou estresse térmico (SMITH e SMITH, 2012) e também a fatores bióticos, como resistência a certas pragas e patógenos (SÁNCHEZ-BEL et al., 2018). *P. indica* é um fungo de raiz semelhante à micorriza, porém este fungo pode ser cultivado em meio de cultura sintético e ao associar-se com as raízes das plantas aumenta o seu crescimento promovendo a aquisição de nutrientes, e também a melhoria da tolerância aos estresses bióticos e abióticos (LAHRMANN et al., 2013).

Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e *P. indica* associada a doses crescentes de potássio (K), sobre a produtividade e o estado nutricional do minitomateiro cultivado em sistema hidropônico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil (latitude 20° 45' 14" S, longitude 42° 52' 55" W e altitude de 648 metros). O experimento foi conduzido de julho a novembro de 2017. A casa de vegetação utilizada é não-climatizada, revestida de vidro transparente, de fechamento lateral com tela antiafídica e pé direito de 2,4 metros.

Os tratamentos consistiram da inoculação de sementes de minitomateiro grape com mistura de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (*Rhizophagus clarus*, *Claroideoglomus etunicatum* e *Gigaspora albida*), com estruturas do fungo *Piriformospora indica* e sem inoculação fúngica, em combinação com quatro doses de K (0,8; 2; 3 e 4 mmol L⁻¹) na fase reprodutiva das plantas.

As mudas foram produzidas a partir de sementes de tomate híbrido “Mascot” fornecido pela empresa Agristar. Utilizaram-se bandejas de propagação de isopor de 128 células contendo substrato a base de fibra de coco. Para 1/3 das mudas produzidas, o substrato foi inoculado com a mistura de FMAs, para isto, utilizou-se cachimbo de 20 mL contendo

esporos dos fungos. Para a inoculação do outro 1/3 das mudas utilizou-se um disco (5 mm de diâmetro) de ágar contendo estruturas do fungo *Piriformospora indica*. O restante das mudas (1/3) não recebeu inoculação. As bandejas de propagação foram irrigadas com água até a germinação das sementes e logo após com solução nutritiva da fase vegetativa, diluída a 50% para reduzir a salinidade da solução, permitindo o bom desenvolvimento das mudas e também beneficiar a colonização das raízes pelos fungos estudados.

Em julho de 2017, quando apresentaram duas folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos de 8 L de capacidade contendo areia lavada e esterilizada.

As plantas foram conduzidas em espaçamento de 0,5 m x 1,0 m entre plantas e entre linhas respectivamente, com duas hastes, tutoradas por meio de fitilhos plásticos amarrados perpendicularmente à bancada. A poda apical foi realizada acima da terceira folha do terceiro cacho floral de cada haste, no período de surgimento dos primeiros frutos maduros. Foram realizadas desbrotas constantes para eliminação de brotos laterais.

Devido a ocorrência de oídio (*Oidium sp*) foram realizadas pulverizações nas folhas com leite de vaca cru a 10% (v/v) (BETTIOL, ASTIARRAGA e LUIZ, 1999) com pulverizador manual de jato fino, de 1 L de capacidade. Para o controle de traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) e mosca-branca (*Bemisia tabaci*) foram feitas três aplicações com Abamectin® (Abamectina 15 mL para 20 L), sendo uma aplicação na fase vegetativa e duas na fase reprodutiva, usando pulverizador costal de 20 L. As aplicações foram realizadas no período da tarde.

A solução nutritiva foi bombeada de reservatórios de 180 L de capacidade por meio de um conjunto moto-bomba de 0,25 CV, que alimentou as linhas de irrigação. O acionamento das bombas ocorreu diariamente às 00h00min a.m., 6h a.m., 9h a.m., 11h a.m., 12h p.m., 2h p.m., 3h p.m., e 6h p.m. controlado por um temporizador.

O fornecimento da solução nutritiva para as plantas foi feito pelo método de gotejamento, com um emissor por planta, sendo que para o manejo da irrigação foi realizado um teste preliminar para se determinar o máximo volume de água a ser adicionado à areia para que não houvesse percolação de mais que 10% do volume aplicado. A vazão foi de 100 e 200 mL por minuto para as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente. A solução nutritiva drenada dos vasos foi recolhida em reservatórios de 60 L para posterior descarte.

As soluções de crescimento vegetativo continham: 8; 2; 4; 2; 1; e 1 mmol L⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, S e 35; 19; 21; 4; 0,9; e 0,7 µmol L⁻¹ de Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, respectivamente. Essa solução foi utilizada a 40% da força iônica. No florescimento, utilizou-

se a solução nutritiva de frutificação contendo: 12; 3; 3; 1,5; 1,5 mmol L⁻¹ de N, P, Ca, Mg, S e 59; 20; 25; 4; 1,3 e 0,7 µmol L⁻¹ de Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo, respectivamente, mais as doses de K de 2; 5; 7,5 ou 10 mmol L⁻¹. Também neste caso a solução foi ministrada a 40% da força iônica. Tais formulações foram baseadas no trabalho realizado por Fernandes et al. (2002).

Foram mensuradas, diariamente, as temperaturas máxima e mínima e a umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação, com auxílio de um termômetro de máxima e de mínima, e um termohigrômetro digital.

Para avaliação da colonização, as raízes foram coletadas aos 30 e 90 dias após o transplântio (DAT), armazenadas e conservadas em solução de formol, álcool e ácido acético. Foram lavadas, diafanizadas com KOH 10% (p:v) por 6-10 dias, lavadas em água corrente e, posteriormente, tratadas com H₂O₂ 30% (5 minutos), seguida por imersão em HCl 1% (v:v) por 5 minutos, coradas com azul de tripano 0,05% em lactoglicerol (v:v) por 12h a temperatura ambiente (PHILLIPS e HAYMAN 1970). Após a coloração, as raízes foram armazenadas em lactoglicerol (p:v) (BRUNETT et al., 1996) até a quantificação da colonização. Esta avaliação foi realizada utilizando lâminas com marcações quadriculadas, observando 100 pontos de interseção entre os fragmentos de raízes e as linhas (presença = sim, ausência = não) em três repetições para cada amostra, conforme a presença de estruturas fúngicas (arbúsculos, hifas, vesículas e esporos) observada sob o microscópio óptico (GIOVANNETTI e MOSSE, 1980).

A avaliação quantitativa da produtividade foi realizada por meio de colheitas semanais com duração de aproximadamente 30 dias. A colheita foi iniciada a partir de 90 dias após transplântio, coletando-se apenas os frutos maduros.

Em todas as colheitas, avaliaram-se o número de frutos, a massa fresca, o comprimento e o diâmetro equatorial de todos os frutos. Utilizou-se uma balança com precisão de 0,01 g para determinação da massa fresca dos frutos e um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm para obtenção das medidas dos frutos. Os frutos foram classificados em comerciais e não comerciais, sendo os frutos com ombro verde, fundo preto, rachados, atacados por traça-do-tomateiro e muito pequenos definidos como não comerciais e os restantes como comerciais. Em seguida, foi calculada a produtividade total e comercial por planta.

Os frutos também foram classificados em gigante, grande, médio, pequeno e muito pequeno de acordo com a proposta de Fernandes et al. (2007) apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação dos minitomates com base na massa fresca do fruto

Classes	Maior diâmetro transversal do fruto (mm)	Massa fresca do fruto (g)
Gigante	maior que 35	maior que 20
Grande	maior que 30 até 35	entre 15 e 20
Médio	maior que 25 até 30	entre 10 e 15
Pequeno	maior que 20 até 25	entre 5 e 10
Muito pequeno (descarte)	menor ou igual a 20	menor ou igual a 5

Fonte: Fernandes et al. (2007).

Estimou-se o teor de clorofila, indiretamente, por meio de leituras de unidades SPAD (Soil Plant Analysis Development) com o aparelho clorofilômetro SPAD-502 (Minolta®). As leituras foram realizadas aos 30, 60 e 90 DAT, na terceira folha acima do terceiro cacho da haste principal. As medições foram realizadas em três folíolos de cada folha, sendo um de cada lado da folha (laterais), e no folíolo terminal central. Das três leituras, calculou-se a média de cada folha amostrada, utilizando-se o próprio medidor SPAD.

Para a avaliação do estado nutricional das plantas foi amostrada a quarta folha da haste principal a partir do ápice para a base (folha índice), no período de amadurecimento dos primeiros frutos. Posteriormente as folhas foram lavadas com água destilada, e secas em estufa com ventilação forçada de ar (65°C) até atingir massa constante. Da mesma forma, foram amostrados seis frutos entre o terceiro e quarto cacho floral aos 90 dias após o transplântio (DAT,) que seguiram para lavagem em água destilada. Posteriormente os frutos foram cortados para facilitar a perda de água, colocados em bandejas de alumínio e levados a estufa para secagem com ventilação forçada de ar (65°C), até massa constante. As amostras das folhas e dos frutos foram moídas em moinho tipo Wiley e, posteriormente, determinaram-se os teores de P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn e Cu após a mineralização pela digestão nítrico-perclórica. O K foi determinado por fotometria de chama, o P por colorimetria e os demais nutrientes por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA et al., 1997).

Para as características avaliadas aos 60 e 90 DAT, o experimento foi conduzido seguindo um esquema de parcela sub-subdividida, tendo nas parcelas as doses de potássio, nas subparcelas as plantas inoculadas e não inoculadas, e nas sub-subparcelas os tempos de avaliações. Cada tratamento contou com três repetições. Para as características avaliadas aos 30 DAT, o experimento foi conduzido em parcela subdividida, tendo nas parcelas as plantas inoculadas e não inoculadas, e nas sub-subparcelas o tempo de avaliação. Cada tratamento contou com três repetições.

Para as demais características, o experimento foi conduzido em esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas as doses de potássio e nas subparcelas as plantas inoculadas e não inoculadas, no delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, utilizando-se o Sistema para Análises Estatísticas (SAEG). Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo utilizou-se a análise de regressão e os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, no coeficiente de determinação (R^2 , SQ Regressão/SQ Tratamento) e nos comportamentos biológicos. Independentemente da interação de maior grau ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento da mesma devido ao interesse em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do trabalho, as temperaturas médias semanais mínimas estiveram entre 10,8 e 16,5°C e as máximas entre 28,2 e 35,4°C (Figura 1). A cultura do tomateiro possui requerimentos específicos quanto às condições climáticas (SILVA et al. 2011), sendo que a temperatura considerada ótima para a sua produção varia entre 21-28 °C, durante o dia, e 15-20 °C durante a noite (FILGUEIRA, 2007). Para cultivos em ambiente protegido, a máxima permitida é de 30°C e a mínima de 12°C, para que ocorra um crescimento vegetativo moderado e desejado (PEREIRA et al., 2000) e boa frutificação e fixação dos frutos.

A temperatura máxima no ambiente protegido permaneceu quase que durante todo o período, superior a 30°C (Figura 1), fato que pode ter contribuído para menor produção de fotoassimilados e conseqüentemente, menor ganho de massa por parte dos frutos. Plantas de tomate submetidas a temperaturas elevadas sofrem estresse térmico, havendo menor liberação e germinação do grão de pólen, menor fixação dos frutos e ocorrência de frutos pequenos (FONTES e SILVA 2005). Além disso, valores altos de temperatura à noite aumentam a respiração das plantas reduzindo a translocação dos açúcares, provenientes do acúmulo de amido nas folhas, para os frutos e assim, reduzindo o teor de sólidos solúveis. Baixas temperaturas podem influenciar a velocidade de crescimento dos frutos e o ciclo da cultura (ADAMS et al., 2001).

A umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação manteve-se em valores aceitáveis durante o dia, 45% a 68% no período da manhã, e 25% a 50% no período da tarde

(Figura 1), bem próximo a faixa ideal para o cultivo do tomateiro que varia entre 50 a 70%. Alta umidade relativa do ar favorece surgimento de doenças da parte aérea, aparecimento de desordens nos frutos e dificulta a fecundação do grão de pólen que pode estar compactado (ALVARENGA, 2013). A baixa umidade relativa do ar também prejudica a fecundação por dificultar a fixação do pólen ao estigma da flor, reduzindo o pegamento dos frutos (NASCIMENTO et al., 2013).

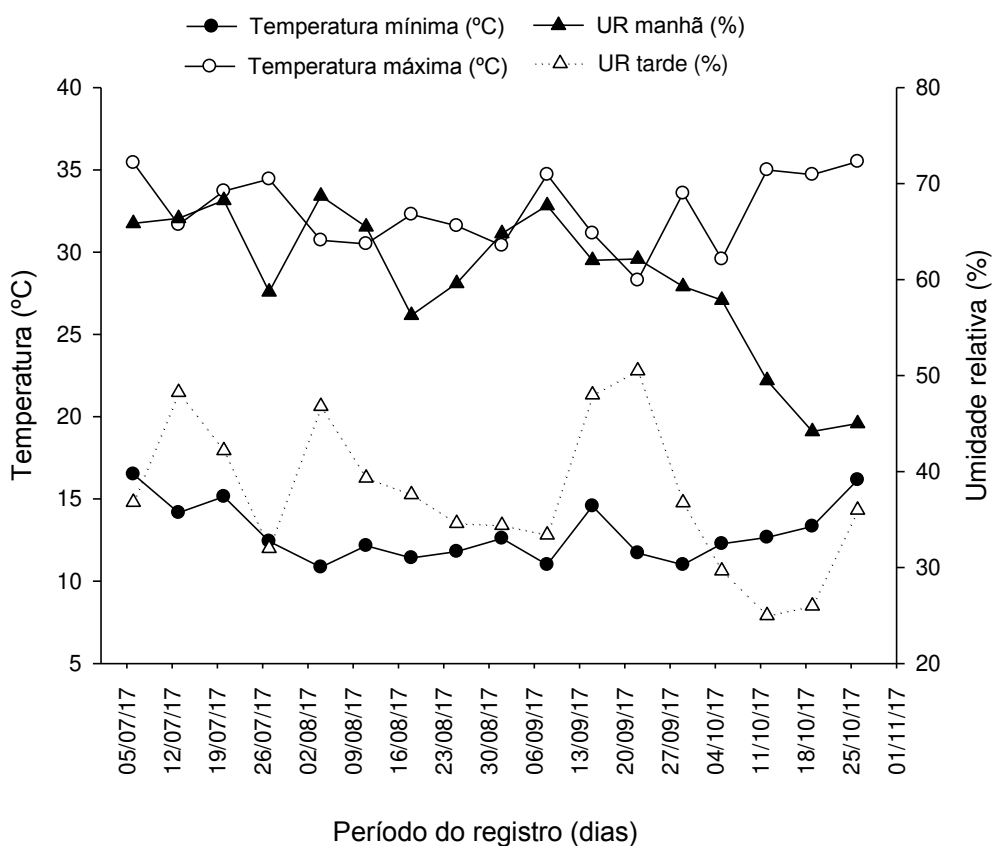


Figura 1 - Variação média semanal da temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar máxima e mínima, no interior do ambiente protegido, durante o período de condução do experimento. Viçosa, Minas Gerais, 2017.

Aos 30 DAT a taxa de colonização das raízes foi baixa tanto para *P. indica* como para FMA (Tabela 2). A baixa colonização das raízes pelos fungos pode estar associada principalmente à boa concentração de nutrientes no substrato nesse período de avaliação.

Tabela 2 - Porcentagem (%) de raízes finas do minitomateiro colonizadas por FMA e *P. indica* aos 30 dias após o transplantio (DAT), em cultivo hidropônico

Tratamento de inoculação	% Colonização
Testemunha	0,10 b
<i>P. indica</i>	5,16 a
FMA	3,83 a
CV (%)	36,26

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 90 DAT, as plantas inoculadas com *P. indica* apresentaram maior taxa de colonização em todas as doses estudadas, com valores médios de colonização de 49,6% em contraste plantas inoculadas com FMA (20,2%) e testemunha (1,8%) (Tabela 3).

Tabela 3 - Porcentagem (%) de raízes finas do minitomateiro colonizadas por FMA e *P. indica* em função de doses crescentes de potássio, aos 90 dias após o transplantio (DAT), em cultivo hidropônico

Tratamento de inoculação	Doses de potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4
Testemunha	1,66 c	1,00 c	1,33 b	3,67 b
<i>P. indica</i>	69,00 a	50,33 a	43,67 a	35,67a
FMA	23,33 b	27,33 b	10,00 b	20,33 ab
CV (%) parcela	29,7			
CV (%) subparcela	21,0			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Estes resultados mostram que a inoculação das plantas de minitomate com o fungo *P. indica* foi positiva para o sucesso da colonização destes fungos nas raízes das plantas, mesmo nas maiores doses de K. Ou seja, o efeito negativo da adição de K sobre a colonização do fungo não foi verificado, o que indica que a colonização ocorreu mesmo em concentrações maiores de K na solução nutritiva. Zhang et al. (2017), observaram resposta semelhante ao inocularem plantas de *Lycium barbarum*, porém com FMA. Eles observaram que a aplicação de K aumentou tanto a taxa de colonização quanto o crescimento das raízes das plântulas. De acordo com os autores, a aplicação extra de K modificou o balanço entre potássio, fosfato e nitrogênio, o que pode ter aumentado a demanda da planta por mais fosfato e nitrogênio. A relativa escassez de fosfato e nitrogênio no ambiente explicaria a colonização das raízes mesmo em doses mais altas do nutriente. Outra provável explicação para a colonização mesmo sob doses maiores de K poderia ser atribuída à capacidade desses fungos de proteger as plantas contra a salinidade.

A baixa porcentagem de colonização nas raízes da testemunha pelos simbiossiontes estudados observada no presente trabalho, pode ser resultado da dispersão de esporos, pelos insetos e/ou água de irrigação.

Aos 90 DAT, as plantas de minitomates inoculadas com *P. indica* responderam linearmente e de forma negativa ao aumento das doses de K. À medida que aumentou a dose houve uma redução na taxa de colonização. As plantas não inoculadas e inoculadas com FMA não responderam ao aumento das doses de K, apresentando valores médios de 1,9 e 21%, respectivamente (Figura 2).

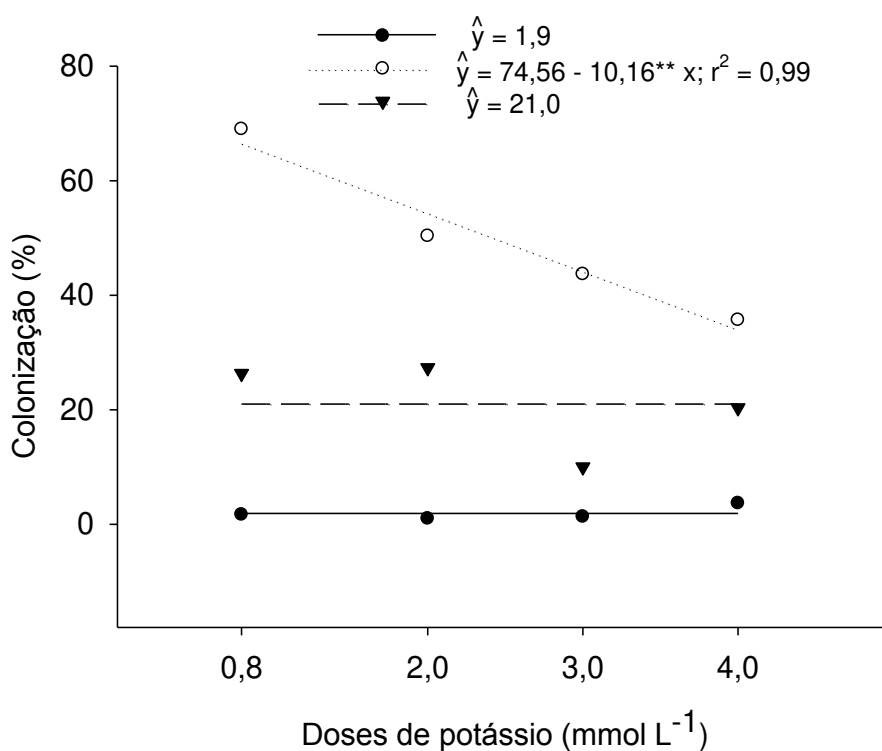


Figura 2 - Porcentagem de colonização (%) das raízes finas do minitomateiro em função de doses crescentes de potássio, aos 90 DAT, no cultivo hidropônico. ** Significativo a 1%.

O comportamento das plantas inoculadas com *P. indica*, aos 90 DAT, mostra o efeito negativo do aumento da disponibilidade de nutrientes na simbiose como enfatizado na literatura (MARSCHNER, 2012; NEDOROST e POKLUDA, 2012).

Quanto ao rendimento de frutos, não houve efeito significativo das doses de K nos tratamentos inoculados e não inoculados para o número de frutos gigantes e frutos grandes (Tabela 4).

Plantas inoculadas com o fungo *P. indica* produziram maior número de frutos médios na menor dose de K, quando comparadas com à testemunha. Observou-se também maior número de frutos pequenos nas menores doses de K nas plantas inoculadas em relação à testemunha. Já para o número de frutos muito pequenos (descarte) o maior número ocorreu na menor dose de K para as plantas inoculadas com FMA e na maior dose nos dois tratamentos inoculados. Sendo que na dose 3 mmol L⁻¹ de K o número de frutos muito pequeno foi maior nas plantas inoculadas com o fungo *P. indica* (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios dos números de frutos de minitomates em função da interação entre doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Tratamento de inoculação	Frutos gigantes				Frutos grandes			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)				Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	0,0 a	1,0 a	0,0 a	1,3 a	7,0 a	1,0 a	4,6 a	1,6a
<i>P. indica</i>	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,3 a	7,3 a	7,0 a	2,0 a	0,3a
FMA	1,0 a	1,6 a	1,0 a	0,3a	4,0 a	2,0 a	1,33 a	1,0a
CV (%) parcela	219,2				53,93			
CV (%) subparcela	254,6				53,08			
Tratamento de inoculação	Frutos médios				Frutos pequenos			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)				Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	22,0 b	14,0 a	27,0 a	11,6 a	28,6 b	29,3 b	49,6 a	61,3 a
<i>P. indica</i>	37,0 a	16,6 a	15,6 a	14,0 a	61,6 a	49,6 a	43,6 a	62,0 a
FMA	26,6 ab	15,3 a	20,0 a	14,3 a	47,3 a	57,3 a	46,6 a	58,0 a
CV (%) parcela	21,3				23,48			
CV (%) subparcela	29,46				16,24			
Tratamento de inoculação	Frutos muito pequenos (descarte)				Número total de frutos			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)				Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	20,6 b	35,4 a	28,6 b	33,6 b	78,0 b	80,6 b	110,0 a	109,6 b
<i>P. indica</i>	14,0 b	34,6 a	46,33 a	62,6 a	120,0 a	108,0 ab	107,6 a	139,3 a
FMA	36,0 a	34,6 a	31,0 b	49,6 a	114,0 a	111,0 a	100,0 a	123,3 ab
CV (%) parcela	16,08				9,71			
CV (%) subparcela	17,94				12,11			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A alta temperatura no interior da casa de vegetação (Figura 1), na maior parte do experimento, ajuda explicar a produção de frutos muito pequenos obtidos, principalmente, em maior número pelas plantas inoculadas. Este problema poderia ser minimizado mantendo-se a temperatura e a umidade relativa da casa de vegetação na faixa desejável para a cultura, ou seja, a mínima superior a 12°C e a máxima inferior a 30°C (PEREIRA et al., 2000)

Na menor dose de K (0,8 mmol L⁻¹) obteve-se maior número total de frutos nas plantas inoculadas quando comparadas com a testemunha, com acréscimos de 27,4 e 25,4 % para as plantas inoculadas com FMA e *P. indica*, respectivamente. Na maior dose (4 mmol L⁻¹) o número total de frutos foi maior nas plantas inoculadas com *P. indica*, com acréscimo de 21,3 % em relação a testemunha (Tabela 4).

As plantas inoculadas com *P. indica* apresentaram frutos com maior massa da matéria fresca total e comercial na menor dose de K estudada (Tabela 5).

Tabela 5 - Massa fresca total dos frutos de minitomates por planta (MFTF) e massa fresca dos frutos comerciais por planta (MFFC) obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Tratamento de inoculação	MFTF (g/planta)				MFFC (g/planta)			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)							
	2	5	7,5	10	2	5	7,5	10
Testemunha	961,1 b	1053,5 a	1117,4 a	1106,0 a	877,1 b	881,5 a	885,9 a	873,9 a
<i>P. indica</i>	1449,4 a	1150,9 a	1029,8 a	1154,6 a	1333,7 a	983,1 a	779,4 a	788,7 a
FMA	1102,1 b	981,1 a	892,5 a	1266,3 a	833,2 b	921,6 a	663,2 a	937,0 a
CV (%) parcela	18,5			27,5				
CV (%) subparcela	18,09			23,6				

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

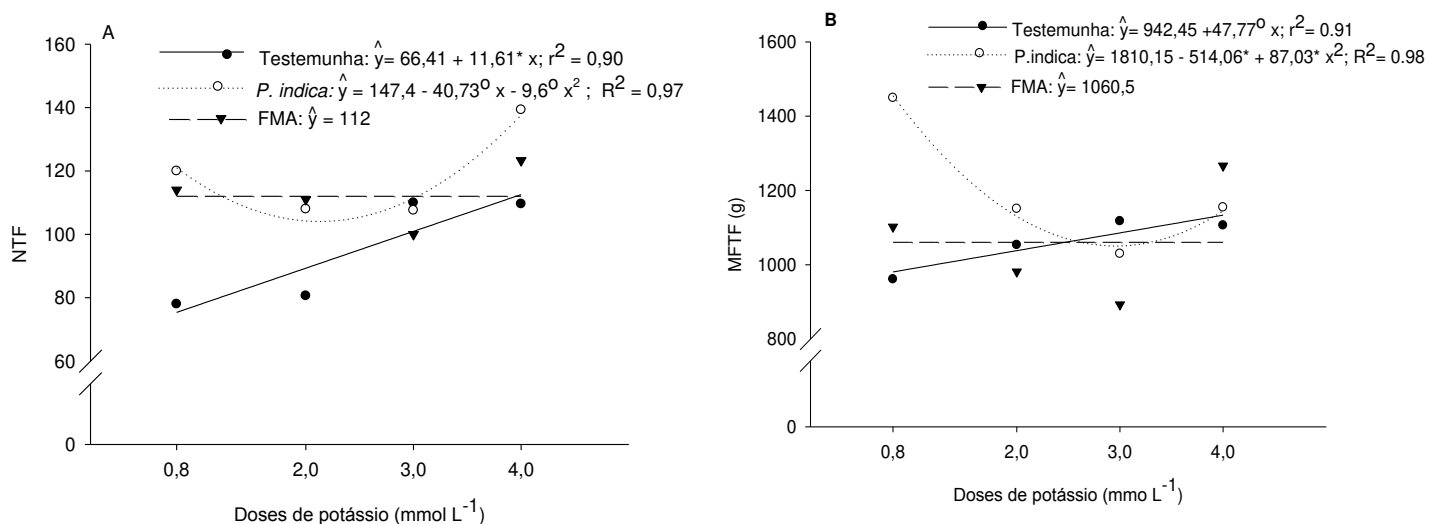
Destaca-se que essa foi a maior massa de frutos totais e comerciais. Em tais condições foram produzidos nessas plantas aproximadamente 30 t ha⁻¹ de frutos comerciais, o que representa aumentos de 35% em relação à testemunha.

Esses resultados mostram como a utilização de microrganismos promotores de crescimento pode trazer benefícios para a produção agrícola. Pois, além de melhorar a absorção de nutrientes pelas plantas, aumentar a produtividade, reduzir custos e poluição do ambiente com fertilizantes, esses microrganismos podem aumentar a tolerância das plantas a estresses abióticos, como maior tolerância ao estresse salino.

Verificaram-se comportamentos distintos entre testemunha e plantas inoculadas quanto ao número total e massa fresca total de frutos. A testemunha apresentou aumentos

lineares desses parâmetros nas doses crescentes de K. Porém, plantas inoculadas com *P. indica* tenderam a comportamento quadrático, com menores valores nas doses intermediárias. Plantas inoculadas com FMA não responderam às doses, apresentando valores médios de 112 para o número total de frutos e 1060,5 g para a massa fresca total de frutos (Figura 3A e 3B).

Quanto ao comportamento das plantas em relação a massa fresca dos frutos comerciais, testemunha e inoculadas com FMA não responderam às doses de K, apresentando valores médios de 879,6g e 845,53 g, respectivamente. Plantas inoculadas com *P. indica* tenderam a uma redução da massa fresca dos frutos comerciais com aumento das doses de K (Figura 3C).



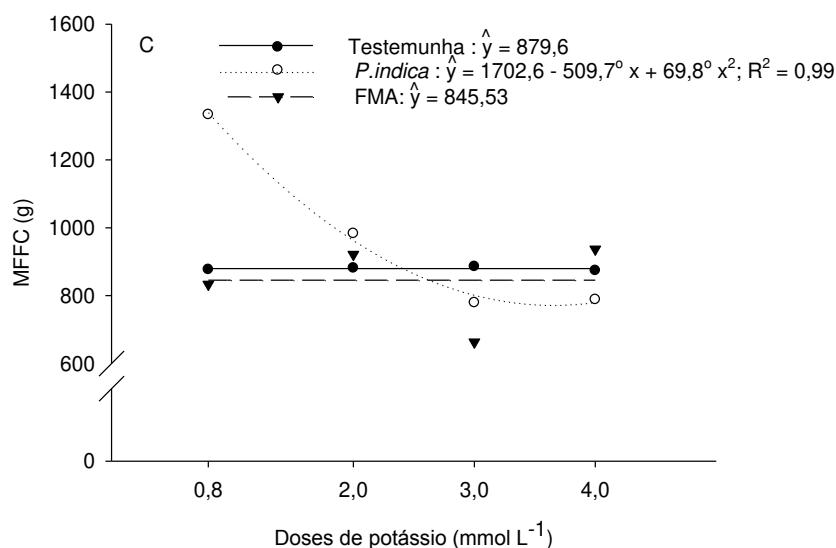


Figura 3 - A: número total de frutos (NTF), B: massa fresca total de frutos (MFTF) e C: massa fresca de frutos comerciais (MFCC) de minitomates obtidos da interação entre doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico. *Significativo a 5% e ° significativo a 10%.

Estes resultados mostram que na menor dose a inoculação do minitomateiro com fungos promotores de crescimento foi benéfica para o ganho no número de frutos médios, pequenos, muito pequenos e no número total de frutos. Além disso, beneficiou em ganhos de massa fresca total e comercial de frutos, especialmente nas plantas inoculadas com *P. indica*, sugerindo que na menor dose de K a inoculação das plantas favoreceu a melhor nutrição das mesmas, já que as hifas desses fungos possuem a capacidade de aumentar a área de absorção das raízes, aumentando a eficiência na absorção dos nutrientes e conseqüentemente o rendimento de frutos.

Trabalhos como de Ziane et al., (2017) com plantas de tomates, cultivadas no campo, inoculadas com FMAs e adubadas com 50% da dose ideal para a cultura, constataram que as plantas apresentaram o mesmo crescimento e rendimento que a dose total sem inoculação. Estes autores sugeriram que a aplicação de FMAs poderia compensar a redução em fertilizantes químicos, oferecendo assim um sistema agrícola mais sustentável, com mais respeito ao meio ambiente.

Em outro trabalho, Paradiso et al., (2017) ao cultivarem soja, hidroponicamente, também observaram a eficiência de microrganismos promotores de crescimento, que inclui os FMAs, na melhoria da produção, como conseqüência da maior atividade fotossintética das plantas.

Fakhro et al., (2010) observaram que a inoculação de plantas de tomate com o fungo endofítico *P. indica* proporcionou aumento na biomassa do fruto do tomateiro, em cultura hidropônica, em relação a massa fresca (até 100%) e ao teor de matéria seca (até 20%). Estes autores concluíram que *P. indica* pode ser um excelente promotor do crescimento para o tomate não só no solo, mas também em culturas hidropônicas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Dasgan et al. (2008), que ao inocularem plantas de tomate com o FMA *G. fasciculatum* e cultivá-las em sistema hidropônico observaram um maior rendimento e tamanho dos frutos, concluindo que a inoculação foi útil em efetivar o uso de fotoassimilados pelas plantas, sendo estes essenciais para a produção de frutos.

Quanto ao número de frutos com defeitos, os tratamentos influenciaram no número de frutos com ombro verde, mas não houve efeito significativo quanto ao número de frutos rachados, com fundo preto e atacados pela traça do tomateiro (Tabela 6).

Tabela 6 - Número de frutos de minitomates apresentando ombro verde, rachaduras, fundo preto e atacados por traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*), obtidos da interação entre doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Tratamento de inoculação	Ombro verde				Rachadura			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)				Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	67,6 a	32,6 ab	7,6 a	2,6 a	1,3 a	0,3 a	0,3 a	0,3 a
<i>P. indica</i>	47,3 b	18,0 b	4,3 a	1,6 a	2,3 a	0,0 a	1,3 a	0,0 a
FMA	56,0 ab	37,6 a	4,3 a	7,3 a	1,0 a	0,3 a	0,6 a	0,6 a
CV (%) parcela	60,97				149,38			
CV (%) subparcela	36,29				89,39			
Tratamento de inoculação	Fundo preto				Atacados por traça			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)				Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	1,3 a	0,3 a	0,0 a	1,3 a	0,6 a	0,6 a	2,0 a	3,3 a
<i>P. indica</i>	0,3 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	1,6 a	2,3 a	1,6 a	2,3 a
FMA	0,3 a	0,3 a	0,0 a	0,0 a	1,6 a	0,6 a	1,0 a	1,3 a
CV (%) parcela	311,25				119,8			
CV (%) subparcela	295,8				147,9			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento das doses de K reduziu o número de frutos apresentando ombro verde tanto nas plantas inoculadas quanto nas plantas não inoculadas (Figura 4).

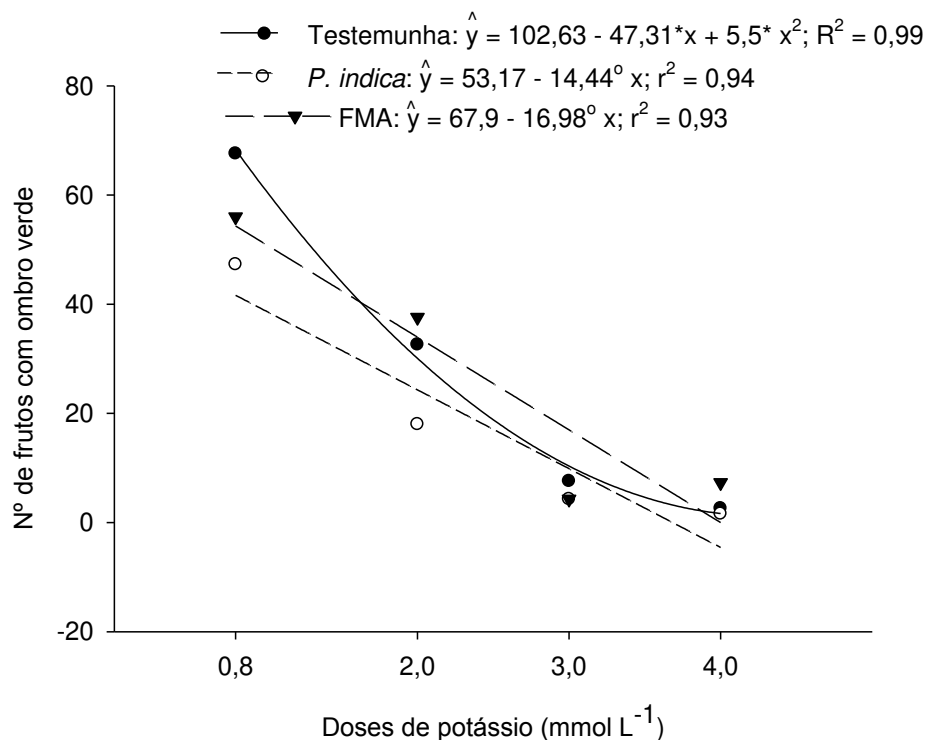


Figura 4 - Número de frutos de minitomates apresentando ombro verde em função da interação entre doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico. *Significativo a 5% e ° significativo.

O ombro verde é um distúrbio fisiológico que ocorre devido, principalmente, a um desequilíbrio nutricional, como excesso de nitrogênio e deficiência de K. O sintoma é um esverdeamento do fruto na região do pedúnculo (BASTOS et al., 2013). O maior número de frutos apresentando este sintoma ocorreu quando as plantas foram submetidas a baixas doses de K. Porém, observou-se que a inoculação com o fungo *P. indica* contribuiu na redução do número de frutos apresentando este distúrbio (Tabela 6). Com esses resultados, sugere-se maior eficiência deste fungo na absorção do K e na sua transferência para a os frutos.

A rachadura é uma anormalidade indesejável porque compromete a aparência do fruto e é uma porta de entrada para fungos e bactérias fitopatogênicos. A causa da rachadura está associada ao desbalanceamento hídrico, bem como às variações bruscas de temperatura. A falta de água durante o período de formação do fruto faz com que o mesmo paralise seu crescimento. A posterior disponibilidade de água faz com que o fruto retome seu crescimento, porém, a película não acompanha sua rápida expansão e se rompe (ALVARENGA, 2013).

Durante a condução do experimento não houve interrupção no bombeamento da solução nutritiva e também não ocorreram variações bruscas de temperatura na fase de frutificação, explicando a baixa incidência dessa anormalidade nos frutos (Tabela 6).

O fundo preto ou podridão apical pode ser causado pela deficiência de Ca no tomateiro associada a altas temperaturas, baixa disponibilidade de água e altas concentrações salinas ou de NH_4^+ . Além disso, a disponibilidade elevada de N, K, Mg ou Na também são fatores que podem aumentar a incidência desse distúrbio fisiológico (SAURE, 2001, FREITAS e MITCHAM, 2012). O sintoma se inicia com flacidez dos tecidos da extremidade dos frutos, e evolui para uma necrose negra e deprimida, à medida que o fruto cresce, podendo ocorrer escurecimento interno do fruto (HO; WHITE, 2005). No presente estudo observaram-se baixos valores no número de frutos apresentando fundo preto, mesmo na maior dose de K, os frutos apresentaram baixa incidência dessa anormalidade.

Em relação às leituras do índice SPAD, não houve diferença estatística entre as plantas inoculadas e não inoculadas, aos 30 DAT. Aos 60 DAT, de maneira geral, plantas inoculadas apresentaram maiores valores sob baixas doses de K e plantas não inoculadas apresentaram maiores valores na dose 3 mmol L^{-1} . Não houve diferença estatística entre os tratamentos aos 90 DAT (Tabela 7).

Tabela 7 - Índice SPAD da folha do minitomateiro obtido da interação doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Tratamento de inoculação	SPAD - 30 DAT				
Testemunha	42,01 a				
<i>P. indica</i>	43,3 a				
FMA	43,8 a				
CV(%)	4,28				
	SPAD - 60 DAT				
	Doses de potássio (mmol L^{-1})				
Tratamento de inoculação	0,8	2	3	4	Média total
Testemunha	54,60 a	47,27 b	52,73 a	52,60 a	51,8
<i>P. indica</i>	53,47 a	50,20 ab	50,50 ab	50,00 a	51,04
FMA	52,77 a	54,23 a	47,27 b	48,20 a	50,6
CV (%) parcela	7,50				
CV (%) subparcela	6,70				
CV (%) sub-subparcela	6,30				

SPAD - 90 DAT					
Doses de potássio (mmol L ⁻¹)					
Tratamento de inoculação	0,8	2	3	4	Média total
Testemunha	52,0 a	47,10 a	49,17 a	50,07 a	49,5
<i>P. indica</i>	52,50 a	44,87 a	46,57 a	48,10 a	48,01
FMA	51,50 a	45,03 a	46,40 a	50,27 a	48,3
CV (%) parcela				7,50	
CV (%) subparcela				6,70	
CV (%) sub-subparcela				6,30	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto ao comportamento das plantas inoculadas e não inoculadas em relação à variação das doses de K, observaram-se, aos 60 DAT, comportamento linear para as plantas inoculadas com FMA, com redução dos valores de SPAD à medida que aumentaram as doses de K. Porém, os demais tratamentos não responderam às doses de K, apresentando valores médios de SPAD de 51,8 para testemunha e 51,04 *P. indica* (Figura 5A).

Aos 90 DAT, a testemunha não respondeu à variação das doses de K, apresentando valores médios de SPAD de 49,58. No entanto, plantas inoculadas, tanto com *P. indica* como FMA, apresentaram comportamento quadrático, com os menores valores nas doses intermediárias (Figura 5B). O comportamento quadrático das plantas inoculadas, sugere que a associação favorece a concentração de clorofila sob condições de estresse nutricional de K.

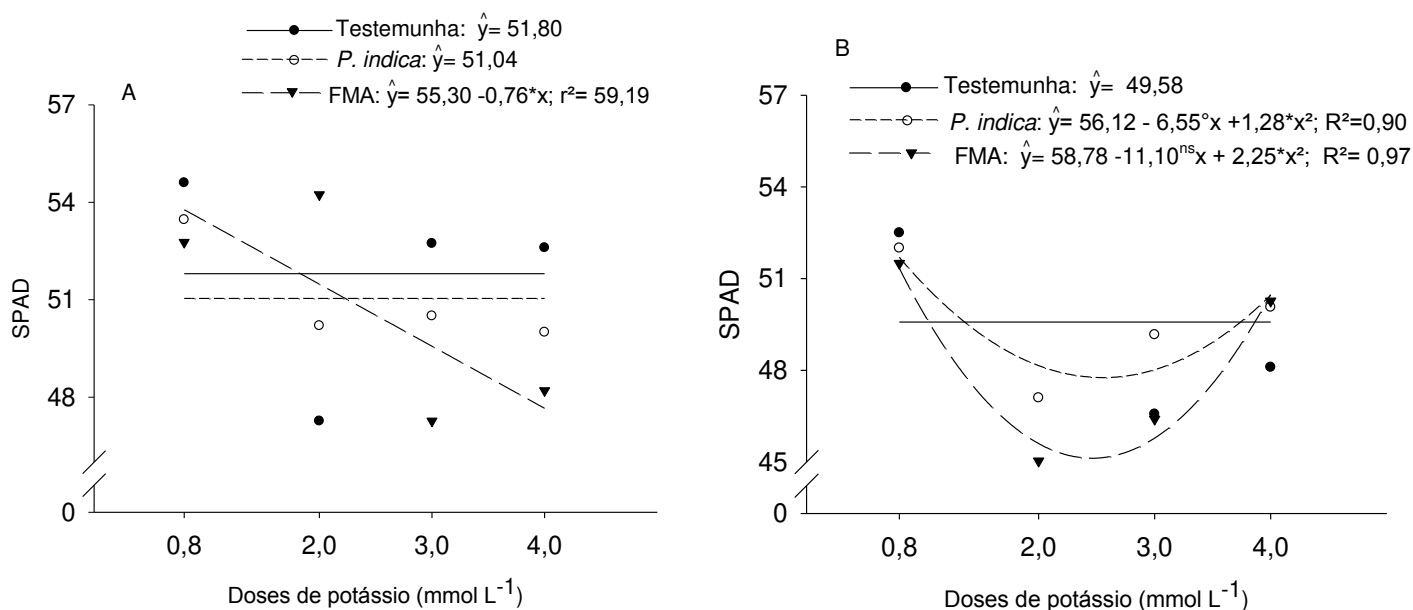


Figura 5 - Índice SPAD aos 60 DAT (A) e 90 DAT (B) em função da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento e doses de K, no cultivo hidropônico. *Significativo a 5%, ° significativo a 10% e ^{ns} não significativo.

Os teores médios dos nutrientes na folha índice do tomateiro para os fatores inoculação e doses de K constam na Tabela 8.

Tabela 8 - Teores médios de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) em g kg⁻¹, enxofre (S), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn), e cobre (Cu) em mg kg⁻¹ na folha índice de minitomateiros obtidos da interação doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Tratamento de inoculação	P				K			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)				Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	2	3	4	0,8	2	3	4	0,8
Testemunha	1,3 a	1,6 a	1,6 a	1,4 a	18,74 b	15,52 ab	13,88 b	13,31 a
<i>P. indica</i>	1,2 a	1,8 a	1,5 a	1,6 a	18,37 b	14,82 b	13,83 b	12,49 a
FMA's	1,5 a	1,8 a	1,5 a	1,3 a	20,70 a	16,74 a	15,52 a	12,45 a
CV (%) parcela	5,36				8,48			
CV (%) subparcela	5,30				5,11			
Tratamento de inoculação	Ca				Mg			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)				Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	2	3	4	0,8	2	3	4	0,8
Testemunha	18,4 a	13,0 b	5,8 a	5,8 a	5,7 a	6,02 a	5,5 a	5,0 a
<i>P. indica</i>	8,45 b	11,3 b	5,4 a	4,5 a	4,4 a	6,4 a	5,7 a	4,5 a
FMA's	9,38 b	20,0 a	6,9 a	7,8 a	5,2 a	6,5 a	4,9 a	4,6 a
CV (%) parcela	22,11				5,76			
CV (%) subparcela	22,37				5,26			
Tratamento de inoculação	S				Mn			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)				Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	2	3	4	0,8	2	3	4	0,8
Testemunha	16,2 b	20,2 b	20,5 a	18,5 a	0,07 a	0,10 b	0,11 a	0,09 b
<i>P. indica</i>	27,3 a	23,64 ab	20,6 a	19,9 a	0,13 a	0,19 a	0,10 a	0,23 a
FMA's	28,8 a	26,72 a	18,7 a	17,1 a	0,12 a	0,12 b	0,09 a	0,10 b
CV (%) parcela	10,74				22,09			
CV (%) subparcela	15,74				26,43			
Tratamento de inoculação	Fe				Zn			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)				Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	2	3	4	0,8	2	3	4	0,8
Testemunha	0,28 a	0,31 a	0,33 a	0,37 ab	0,10 a	0,12 a	0,124 a	0,11 b
<i>P. indica</i>	0,32 a	0,37 a	0,30 a	0,26 b	0,09 a	0,13 a	0,122 a	0,13 ab
FMA's	0,33 a	0,35 a	0,31 a	0,40 a	0,09 a	0,12 a	0,127 a	0,16 a
CV (%) parcela	16,51				11,62			
CV (%) subparcela	15,59				8,49			

Tratamento de inoculação	Cu			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	2	3	4	0,8
Testemunha	0,04 a	0,06 a	0,06 a	0,07 a
<i>P. indica</i>	0,06 a	0,07 a	0,05 a	0,058 a
FMA	0,05 a	0,06 a	0,06 a	0,06 a
CV (%) parcela				7,56
CV (%) subparcela				8,74

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Plantas inoculadas com FMA apresentaram maior teor de K até a dose 3 mmol L⁻¹ para a cultura, não ocorrendo diferença estatística entre os tratamentos na maior dose. O baixo teor de K apresentado na testemunha pode estar relacionado com a baixa absorção do nutriente pelas raízes dessas plantas. As plantas inoculadas além de absorverem maior quantidade do nutriente produziram mais frutos, o que aumentou a translocação do K para os frutos, reduzindo assim o teor do nutriente nas folhas. Porém, plantas inoculadas com FMA produziram menor quantidade de frutos e de menores tamanhos quando comparadas com plantas inoculadas com *P. indica*. O teor de Ca foi maior na planta testemunha quando estas foram submetidas a menor dose de K, porém na dose de 2 mmol L⁻¹, o maior valor foi observado nas plantas inoculadas com FMA. Este fato pode ser explicado em função da menor absorção de K pela testemunha sob baixa dose de K na solução, favorecendo maior absorção de Ca, já que o Mg parece ter sofrido menor efeito de competição com íons K⁺ e Ca⁺². Além disso, nessas condições, plantas inoculadas apresentaram maior produtividade de frutos, com maior translocação do Ca para esses órgãos, reduzindo, conseqüentemente, o teor nas folhas.

O maior teor de S foi observado na menor dose de K, tanto nas plantas inoculadas com FMA como nas plantas inoculadas com *P. indica*. Isso pode ser explicado pela maior eficiência da inoculação sob condições de baixa fertilidade do substrato. Em um substrato pobre em nutrientes, o micélio externo aumenta a área de absorção das raízes. Portanto, em comparação com as plantas não inoculadas, plantas com fungos associados a suas raízes tem maior acesso aos nutrientes que limitam o crescimento (MARSCHNER, 2012).

O maior teor de Mn foi observado nas doses de 2 e 4 mmol L⁻¹ nas plantas inoculadas com o fungo *P. indica*. Plantas inoculadas com FMA apresentaram maiores teores de Fe e Zn na maior dose de K. Maiores teores dos micronutrientes Mn, Fe e Zn encontrados na folha índice das plantas inoculadas, sob maiores doses de K, provavelmente, deve-se à capacidade desses fungos em aumentar a tolerância das plantas ao estresse salino. De acordo

com Marschner (2012), a salinidade de alguns fertilizantes, principalmente o KCl compromete o crescimento e distribuição das raízes assim como a absorção de água e nutrientes, porque diminui o potencial osmótico próximo à rizosfera, dificultando o acesso dos íons até as raízes.

Os benefícios da associação de raízes de plantas com o fungo *P. indica* sob estresse salino foram observados no arroz (KORD et al., 2019), milho (YUN et al., 2018), *Arabidopsis* (ABDELAZIZ, 2017) e morango (HUSAINI et al., 2012).

Os teores de P na folha índice das plantas não inoculadas, responderam de forma quadrática às doses de K. Os valores aumentaram até próximo à dose 3 mmol L⁻¹, decrescendo nas maiores doses (Figura 6A). Este aumento pode ser explicado pela relação existente entre a absorção desse nutriente e K. Por desempenhar funções essenciais nas plantas, como fotossíntese, síntese de proteínas, ativação enzimática e transporte de carboidratos (TAIZ, ZEIGER, 2017), a absorção de K correlaciona-se de forma positiva com a absorção de P, uma vez que este nutriente tem papel fundamental na transferência de energia no metabolismo vegetal. Plantas inoculadas não responderam significativamente às doses de K para o teor de P, apresentando valores médios de 1,5 g kg⁻¹. Para o teor de Mg, testemunha e inoculadas com FMA não responderam as doses de K, com valores médios de 5,5 e 5,3 g kg⁻¹, respectivamente. Porém, plantas inoculadas com *P. indica* responderam de forma quadrática às doses de K. O teor de Mg aumentou até próximo à dose 3 mmol L⁻¹, decrescendo nas maiores doses (Figura 6B). Nessas plantas, a redução dos teores de Mg correlaciona-se com a maior produtividade dos frutos sob condições de baixa e alta dose de K. Como os frutos de tomate são drenos preferenciais ocorreu maior translocação desse nutriente das folhas para os frutos.

Os teores de P variaram de 1,3 a 1,6 g kg⁻¹, 1,2 a 1,8 g kg⁻¹ e 1,3 a 1,8 g kg⁻¹ para testemunha, *P. indica* e FMA, respectivamente, considerados abaixo do nível adequado para o tomateiro, embora não tenha sido observado sintoma de deficiência do nutriente nas plantas. Para o Mg, os teores variaram de 5,0 a 6,0 g kg⁻¹, 4,4 a 6,4 g kg⁻¹ e 4,6 a 6,5 g kg⁻¹ para testemunha, *P. indica* e FMA, respectivamente, estando no nível adequado para a cultura (MAYNARD e HOCHMUTH, 2007).

Para o teor de S, observa-se comportamento quadrático na testemunha, com aumento do teor até próximo a dose 3 mmol L⁻¹, decrescendo nas maiores doses (Figura 6C). Tal fato pode ser explicado pelo efeito indireto do K, uma vez que com o aumento da dose de K ocorreram aumentos na concentração de cloreto na solução, inibindo a absorção de sulfato.

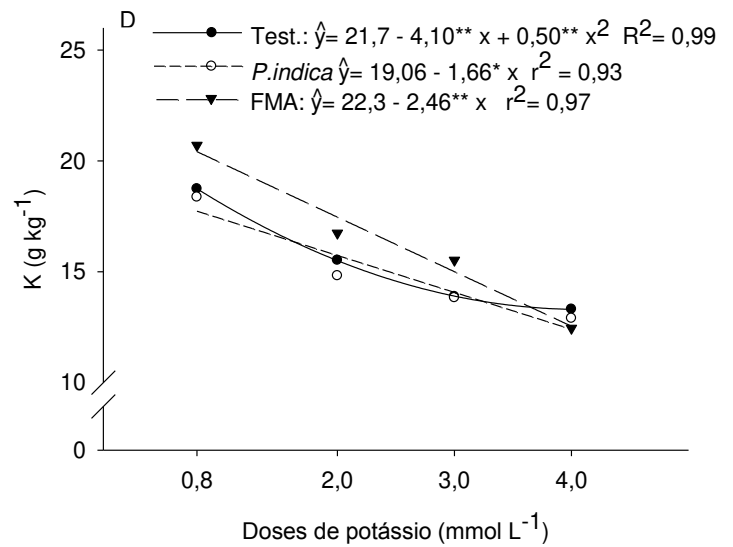
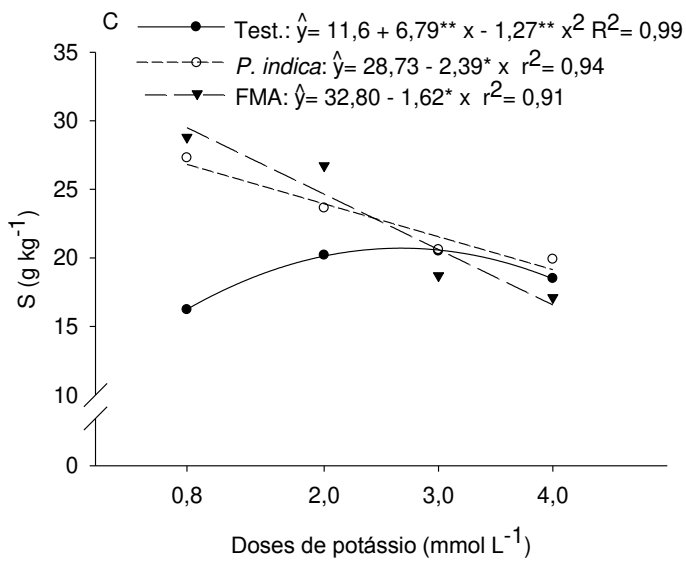
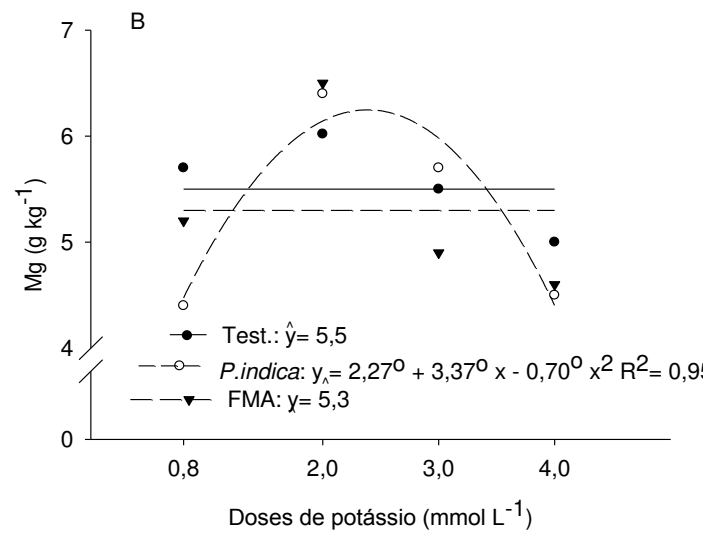
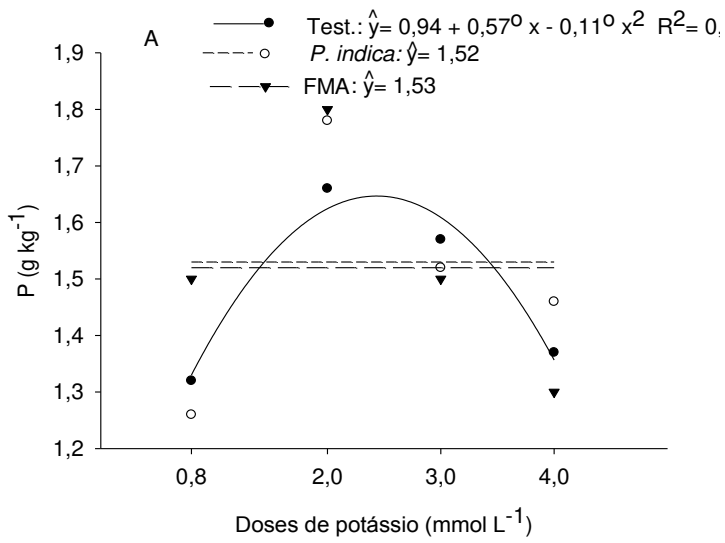
Plantas inoculadas apresentaram comportamento linear, com decréscimo do teor à medida que aumentou o suprimento de K. Este comportamento evidencia a eficiência dos fungos na absorção do S sob baixas doses de K.

Os teores de S variaram de 16,23 a 20,5 g kg⁻¹, 19,9 a 27,3 g kg⁻¹ e 17,1 a 28,8 g kg⁻¹ para testemunha, *P. indica* e FMA, respectivamente, considerados acima do nível adequado (MAYNARD e HOCHMUTH, 2007). Estes altos valores no teor de S podem estar relacionados com uma possível interação entre N e S durante os processos de absorção e translocação, pois a interação desses nutrientes ocorre na forma de sinergismo (MALAVOLTA e MORAES, 2007). No presente estudo, o uso de fertilizantes nitrogenados de alta concentração e solubilidade podem ter aumentado a absorção do N e conseqüentemente a absorção do S. Além disso, o cultivo foi no sistema aberto, e as plantas receberam soluções nutritivas balanceadas durante todo o cultivo.

O teor de K foi reduzido à medida que aumentou a dose tanto nas plantas inoculadas como não inoculadas, com comportamento quadrático para testemunha e linear para as inoculadas (figura 6D). Quanto ao Ca, a testemunha comportou-se de forma linear, com redução do teor à medida que aumentou a dose. No entanto, plantas inoculadas não responderam às doses de K, apresentando teores médios de 7,4 e 11,02 g kg⁻¹ para inoculadas com *P. indica* e FMA, respectivamente.

A redução do teor de K e Ca com aumento das doses correlaciona-se com o aumento da produtividade de frutos na testemunha, a qual foi maior com aumento das doses de K. No período de frutificação, os frutos tornam-se o principal dreno de fotoassimilados e de nutrientes na planta (SAN-MARTÍN-HERNÁNDEZ et al., 2016), justificando, em parte, o baixo teor desses nutrientes na folha índice sob doses crescentes de K. Nas plantas inoculadas o maior teor de K nas menores doses com posterior redução com aumento das doses, deve-se, possivelmente, a maior produtividade e absorção desses nutrientes pelas hifas fúngicas sob baixas doses de K, já que as associações tornam-se, particularmente, mais importantes quando os recursos hidro-minerais são escassos (GARCIA et al., 2016).

Os teores de K variaram de 13,31 a 18,74 g kg⁻¹, 12,49 a 18,37 e 12,45 a 20,70 para testemunha, *P. indica* e FMA, respectivamente, ficando abaixo do nível adequado nas altas doses de K. Os teores de Ca variaram de 5,8 a 18,4 g kg⁻¹, 4,5 a 11,3 g kg⁻¹ e 6,9 a 20,0 g kg⁻¹ para testemunha, *P. indica* e FMA, respectivamente, com valores abaixo do nível adequado (MAYNARD e HOCHMUTH, 2007) nas doses onde a simbiose foi pouco eficiente.



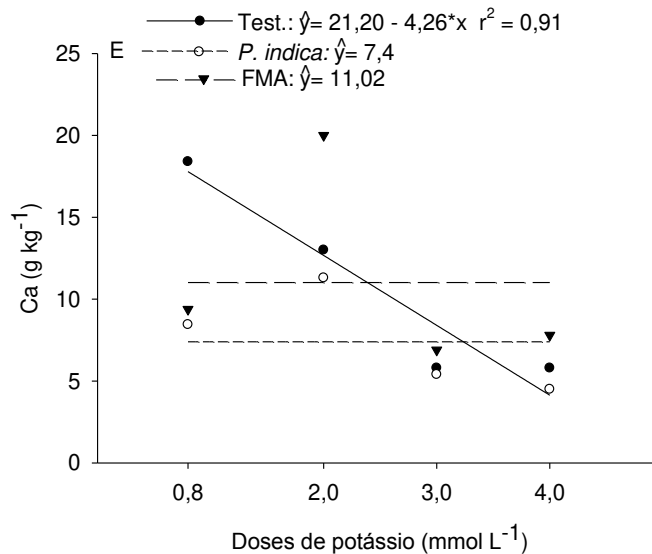


Figura 6 - Teores médios de fósforo (A), magnésio (B), potássio (C), enxofre (D) e Cálcio (E) na folha índice do minitomateiro em função da inoculação com fungos promotores de crescimento e doses crescentes de K testemunha, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1%, *significativo a 5% e ° significativo a 10%.

Em relação aos micronutrientes, os teores de Mn e Zn, na testemunha, foram sensíveis à aplicação de K, visto que houve relação quadrática dos teores desses elementos na folha índice, em função da aplicação do K, com aumentos até a dose 3 mmol L⁻¹ com decréscimo na maior dose (Figura 6A e 6B). Na literatura, tem sido relatado que o excesso de K, na forma de cloreto, pode afetar a absorção destes nutrientes pelas plantas. Em maracujazeiro-amarelo, Prado et al (2004) observaram que o incremento de K na forma de cloreto de potássio reduziu o teor de Mn na folha. Komosa e Gorniak (2015) observaram redução do teor de Zn nas folhas de tomate sob altas doses de K.

Plantas inoculadas não responderam significativamente às doses de K para o teor de Mn, apresentando valores médios de 0,16 e 0,10 g kg⁻¹ para inoculadas com *P. indica* e FMA, respectivamente (Figura 6A). Em relação ao teor de Zn, plantas inoculadas com *P. indica* não responderam às doses de k, apresentando valores médios de 0,12 g kg⁻¹. Plantas inoculadas com FMA responderam de forma linear, com aumento do teor de Zn à medida que aumentou a dose de K (Figura 6B). Este comportamento pode ser justificado pela contaminação desse nutriente em alguns adubos utilizados no presente estudo.

Os teores de Mn para Testemunha, *P. indica* e FMA variaram de 0,07 a 0,10 g kg⁻¹, 0,10 a 0,23 g kg⁻¹ e 0,09 a 0,12, respectivamente. Os teores de Zn variaram de 0,10 a 0,11 g

kg⁻¹, 0,9 a 0,13 g kg⁻¹ e 0,9 a 0,16 g kg⁻¹ para Testemunha, *P. indica* e FMA, respectivamente. De acordo com Maynard e Hochmuth (2007), os teores de Mn nas plantas inoculadas ficaram acima do nível adequado para a cultura nas doses onde a inoculação foi mais eficiente. Os teores de Zn ficaram acima do nível adequado tanto nas plantas inoculadas quanto nas não inoculadas. Uma possível justificativa para as elevadas concentrações foliares desses nutrientes seria sua presença como contaminantes em alguns dos adubos utilizados no preparo das soluções nutritivas.

Para o teor de Fe e Cu, a testemunha apresentou comportamento linear, indicando que o aumento de K na solução provocou acréscimo nos teores desses elementos na folha índice (Figura 7C e 7D). Devido, provavelmente, a contaminação por esses micronutrientes nos adubos utilizados. Plantas inoculadas não responderam ao teor desses micronutrientes com o aumento das doses de K. Inoculadas com *P. indica* apresentaram valores médios de 0,31 e 0,06 g kg⁻¹ para Fe e Cu, respectivamente. Inoculadas com FMA apresentaram valores médios de 0,34 e 0,06 g kg⁻¹ para Fe e Cu, respectivamente (Figura 7C e 7D).

Os teores de Fe variaram de 0,28 a 0,37 g kg⁻¹, 0,26 a 0,37 g kg⁻¹ e 0,31 a 0,40 g kg⁻¹ e os teores de Cu de 0,04 a 0,07 g kg⁻¹, 0,05 a 0,07 g kg⁻¹ e 0,05 a 0,06 para testemunha, *P. indica* e FMA, respectivamente, ficando no nível adequado para a cultura (MAYNARD e HOCHMUTH, 2007)

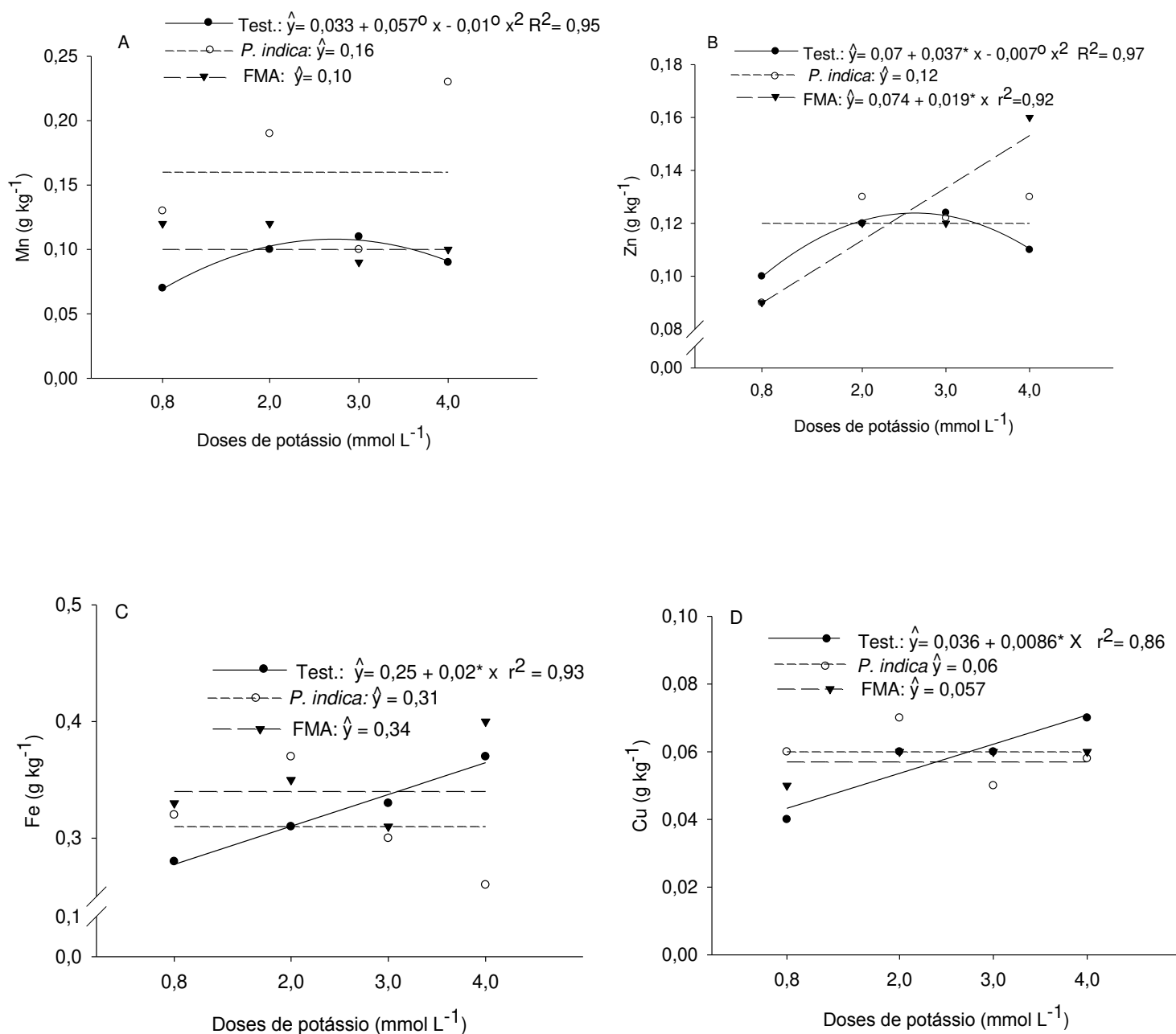


Figura 7- Teores médios de manganês (A), zinco (B), ferro (C) e cobre (D) na folha índice do minitomateiro testemunha, inoculado com *Piriformospora indica* e com FMA, no cultivo hidropônico. *Significativo a 5% e ° significativo a 10%.

Para os frutos, não ocorreram diferenças estatísticas para o teor de P, Mg e Cu em função das doses de K, tanto nas plantas inoculadas como não inoculadas. O maior teor de K foi observado nos frutos das plantas inoculadas com *P. indica* na dose 2 mmol L⁻¹. Em relação aos teores de Ca, os frutos da testemunha e das plantas inoculadas com FMA apresentaram maiores teores na menor dose de K. Quanto aos teores de Mg, as plantas inoculadas com FMA, foram responsáveis pelo menor valor médio na dose de 2 mmol L⁻¹, apesar de não

diferir estatisticamente da testemunha. Para este mesmo nutriente, plantas inoculadas com *P. indica* apresentaram maiores teores na dose 3 mmol L⁻¹ e menores teores na maior dose de K. O teor de S foi maior na testemunha na dose 2 mmol L⁻¹, não diferindo das plantas inoculadas com FMA, apresentando também maiores valores na maior dose de K. Para os micronutrientes Zn e Cu, os frutos apresentaram maiores teores nas plantas inoculadas pelo *P. indica*, não diferindo estatisticamente da testemunha (Tabela 9).

Tabela 9 - Teores médios de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) em g Kg⁻¹, enxofre (S), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn), e cobre (Cu) em mg Kg⁻¹ nos frutos de minitomates, obtidos da interação doses de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Tratamento de inoculação	P				K			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)				Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	3,9 a	3,7 a	3,6 a	3,9 a	22,1 a	21,3 b	26,0 a	25,6 a
<i>P. indica</i>	3,7 a	3,5 a	3,9 a	3,7 a	21,6 a	25,6 a	26,3 a	23,5 a
FMA	3,7 a	3,3 a	3,7 a	3,4 b	22,5 a	22,9 b	26,1 a	23,7 a
CV (%) parcela	5,36				8,48			
CV (%) subparcela	5,30				5,11			
Tratamento de inoculação	Ca				Mg			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)				Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	0,27 a	0,17 a	0,09 a	0,11 a	0,42 a	0,45 ab	0,43 b	0,47 a
<i>P. indica</i>	0,26 a	0,14 a	0,16 a	0,10 a	0,45 a	0,49 a	0,49 a	0,41 b
FMA	0,11 b	0,15 a	0,11 a	0,12 a	0,46 a	0,41 b	0,43 b	0,43 ab
CV (%) parcela	22,11				5,76			
CV (%) subparcela	22,37				5,26			
Tratamento de inoculação	S				Mn			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)				Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	1,35 a	1,49 a	1,48 a	1,85 a	0,022 a	0,022 a	0,026 a	0,033 a
<i>P. indica</i>	1,54 a	0,98 b	1,49 a	1,16 b	0,035 a	0,026 a	0,028 a	0,032 a
FMA	1,43 a	1,33 ab	1,38 a	1,10 b	0,023 a	0,026 a	0,027 a	0,020 a
CV (%) parcela	10,74				22,09			
CV (%) subparcela	15,74				26,43			

Tratamento de inoculação	Fe				Zn			
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)				Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	0,13 a	0,16 a	0,16 a	0,16 a	0,08 a	0,08 ab	0,08 a	0,09 a
<i>P. indica</i>	0,17 a	0,16 a	0,15 a	0,14 a	0,09 a	0,10 a	0,09 a	0,08 a
FMA	0,16 a	0,13 a	0,14 a	0,17 a	0,09 a	0,070 b	0,08 a	0,07 a
CV (%) parcela	16,51				11,62			
CV (%) subparcela	15,59				8,49			
Tratamento de inoculação	Cu							
	Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)							
	0,8	2	3	4				
Testemunha	0,063 a	0,058 ab	0,06 a	0,09 a				
<i>P. indica</i>	0,061 a	0,068 a	0,05 a	0,05 a				
FMA	0,060 a	0,051 b	0,06 a	0,05 a				
CV (%) parcela	7,56							
CV (%) subparcela	7,74							

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A diferença encontrada entre as plantas inoculadas e não inoculadas para os teores de nutrientes nos frutos é atribuída, provavelmente, à influência dos tratamentos nos mecanismos referentes à absorção, translocação e redistribuição dos nutrientes para os frutos. Pois os frutos são encontrados nas plantas em quantidade, peso e tamanho diferentes; com isso, a demanda nutricional para esse órgão é bastante diferenciada.

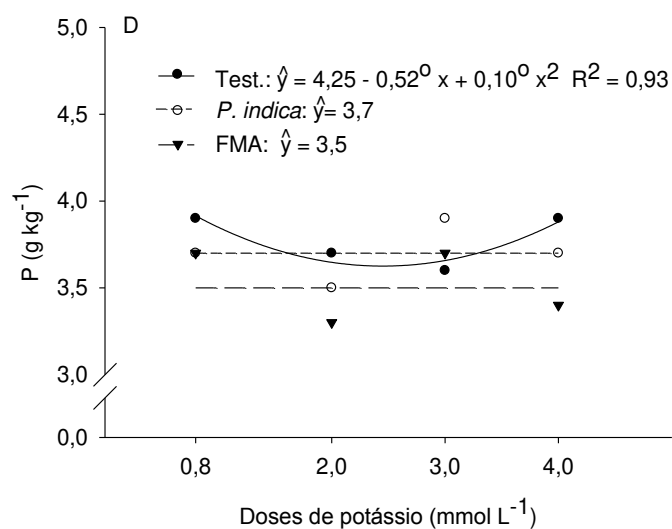
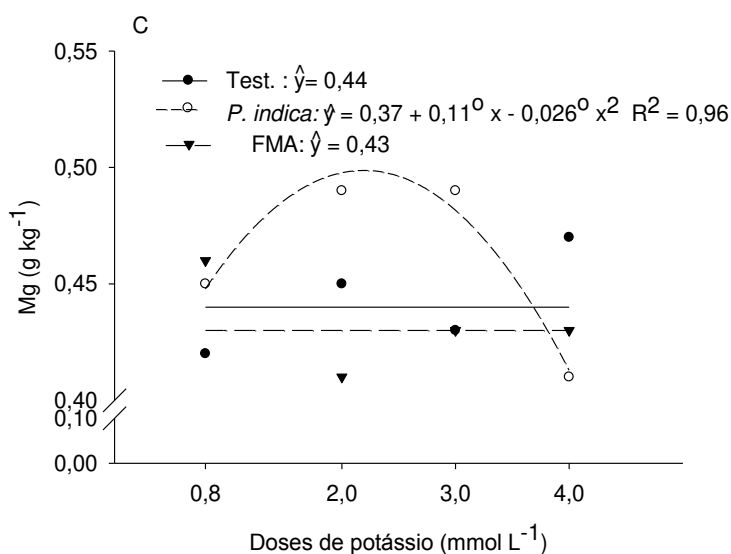
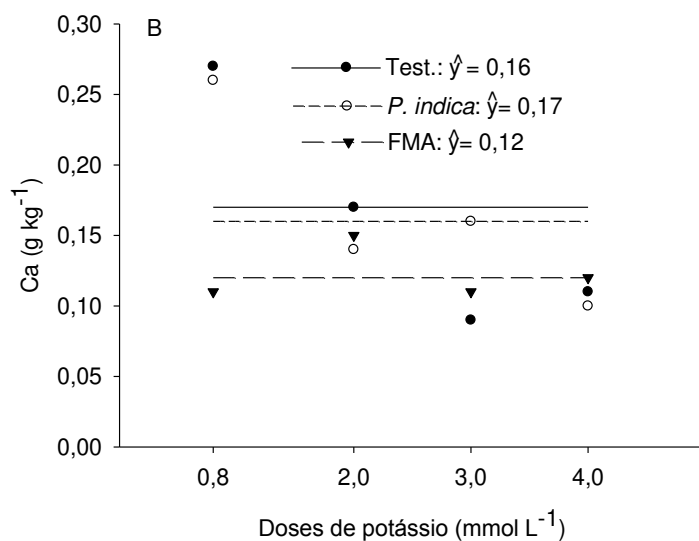
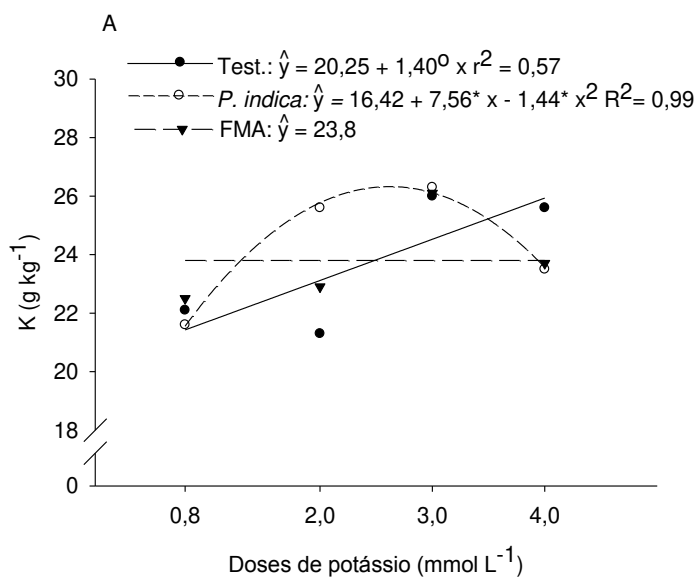
Para os teores dos macronutrientes nos frutos de minitomate, notou-se acréscimo no teor de K com aumento das doses de forma linear para a testemunha e quadrática para as plantas inoculadas com *P. indica*. Plantas inoculadas com FMA não responderam às doses de K, apresentando valor médio de 23,8 g kg⁻¹ (Figura 8A). O K está presente nos tecidos vegetais como cátion livre e não é incorporado nos tecidos vegetais e move-se facilmente da fonte para onde a sua demanda é maior (RESH, 2012). No presente estudo observou-se redução do teor de K na folha índice e acréscimo no fruto com aumento das doses nas plantas inoculadas e não inoculadas. Porém, a inoculação alterou os teores de K de forma a deixá-los mais estáveis.

Os teores de Ca tanto nas plantas inoculadas como não inoculadas não responderam às doses de K, apresentando valores médios de 0,15; 0,16; 0,12, para testemunha, *P. indica* e FMA, respectivamente (Figura 8B).

Para o Mg houve incremento do teor com o aumento da dose nas plantas inoculadas com *P. indica*, não ocorrendo resposta dos demais tratamentos (Figura 8C).

Os teores de P, na testemunha, responderam de forma quadrática, com os menores valores nas doses intermediárias. Plantas inoculadas não responderam às doses, apresentando valores médios de 3,7 e 3,5 g kg⁻¹ para *P. indica* e FMA, respectivamente (Figura 8D).

Não houve resposta dos teores de S para as doses de K em nenhum dos tratamentos. Os frutos apresentaram teores médios de 1,54; 1,29 e 1,31 g kg⁻¹ para Testemunha, *P. indica* e FMA, respectivamente (Figura 8 E).



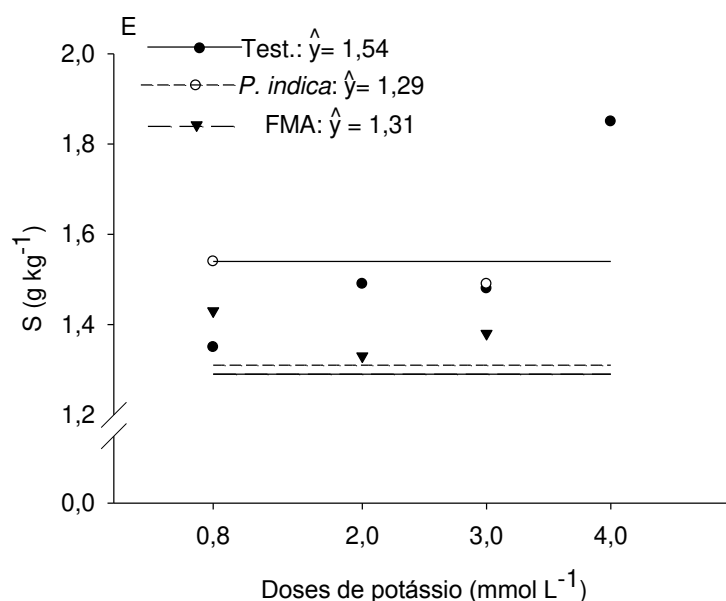


Figura 8 - Teores médios de potássio (A), cálcio (B), magnésio (C), fósforo (D) e enxofre (E) nos frutos da testemunha, inoculado com *P. indica* e com FMA, no cultivo hidropônico. *Significativo a 5% e ° significativo a 10%.

A testemunha não respondeu às doses de K para os teores Mn, Fe, Zn e Cu, apresentando valores médios de 0,026; 0,15; 0,08 e 0,067, respectivamente (Figura 9).

Nas plantas inoculadas com *P. indica* o teor de Mn no fruto apresentou comportamento quadrático com os menores valores nas doses intermediárias (Figura 9A). O teor de Fe decresceu linearmente à medida que aumentou as doses de K (Figura 9B). O teor de Zn não respondeu às doses, apresentando valores médios de 0,007 g kg⁻¹. O teor de Cu respondeu de forma quadrática, tendendo a redução dos valores com o aumento das doses de K (Figura 9C e 9D).

Quanto as plantas inoculadas com FMA, o teor de Mn respondeu de forma quadrática apresentando valores maiores nas doses intermediárias (Figura 9A). O teor de Fe foi menor nas doses intermediárias, ajustando-se ao modelo quadrático (Figura 9B). O teores de Zn e Cu não variaram com as doses, apresentando valores médios de 0,07 e 0,05 g kg⁻¹, respectivamente (Figura 9C e 9D)

De modo geral, os teores de micronutrientes aumentaram com as doses de K, devido, provavelmente, a contaminação dos sais utilizados com micronutrientes. Em plantas inoculadas, especialmente com *P. indica*, os teores tenderam a se reduzir ou estabilizar com aumento das doses de K.

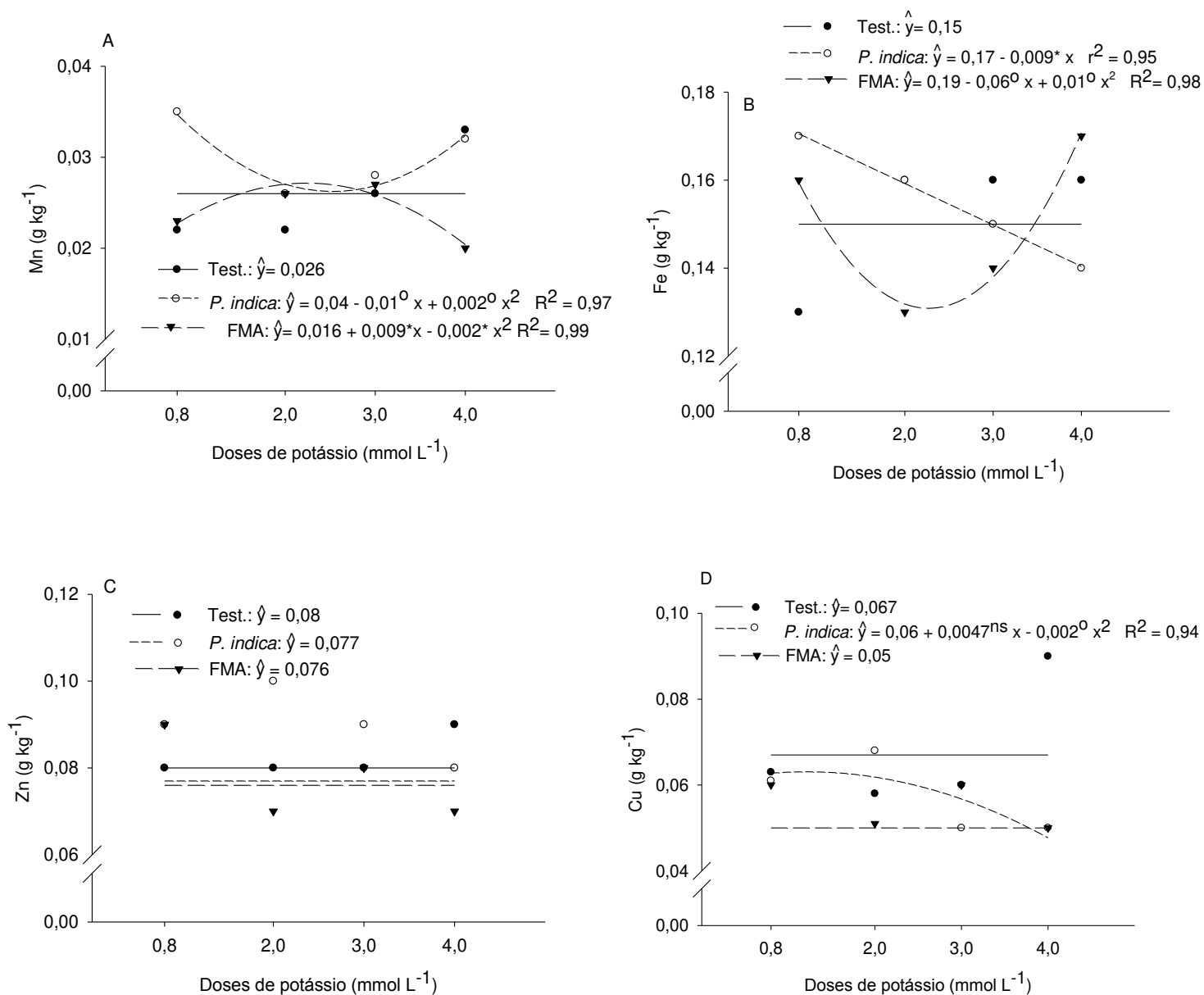


Figura 9 - Teores médios dos micronutrientes manganês (A), ferro (B), zinco (C) e cobre (D) nos frutos do minitomateiro testemunha, inoculado com *Piriformospora indica* e com FMA, no cultivo hidropônico. *Significativo a 5%, ° significativo a 10% e ^{ns} não significativo.

CONCLUSÕES

P. indica é mais eficiente na colonização das raízes do minitomateiro, mesmo sob altas doses de potássio, no cultivo hidropônico.

P. indica reduz sintomas de ombro verde sob baixas doses de potássio nos minitomates.

A inoculação do minitomateiro com fungos promotores de crescimento promove maior produtividade, concentração de clorofila e também maiores teores de macro e micronutrientes sob condições de estresse nutricional.

REFERÊNCIAS

- ABDELAZIZ, M. E., KIM, D., ALI, S., FEDOROFF, N. V., AL-BABILI, S. The endophytic fungus *Piriformospora indica* enhances *Arabidopsis thaliana* growth and modulates Na⁺/K⁺ homeostasis under salt stress conditions. **Plant Science**, Pittsburgh, v. 263, p. 107–115, jul. 2017. Doi: 10.1016/j.plantsci.2017.07.006
- ADAMS, S.R.; COCKSHULL, K. E.; CAVE, R.J. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. **Annals of Botany**, Oxônia, n. 88, p. 869-877, nov. 2001. Doi: <https://doi.org/10.1006/anbo.2001.1524>
- ALMONACID, L., FUENTES, A., ORTIZ, J., SALAS, C., GARCIA-ROMERA, I., OCAMPO, J., ARRIAGADA, C. Effect of mixing soil saprophytic fungi with organic residues on the response of *Solanum lycopersicum* to arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Use and Management**, Reino Unido, v. 31, n. 3, p. 155–164, jan. 2015. Doi: <https://doi.org/10.1111/sum.12160>
- ALVARADO, C. M.; DÍAZ, F. A.; PEÑA DEL RÍO, M. DE L. Á. Tomato productivity by arbuscular mycorrhizal in protected agriculture. **Revista Mexicana de Ciências Agrícola**, Coatlinchan, v. 5, n. 3, p. 513-518, may. 2014.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. 2. ed. Lavras: Universitária de Lavras, 2013. 457 p.
- ARAÚJO, L.; SILVA, K. J. P.; LEMOS, L. M. C.; MILAGRES, C. C.; CARDOSO, D. S. C. P.; ALVES, L. C.; PEREIRA, P. R. G. Tomate cereja cultivado em diferentes concentrações de solução nutritiva no sistema hidropônico capilar. **Revista Unimontes Científica**, Montes Claro, v. 15, n. 1, p. 18-27, jan. 2013.
- BASTOS, A. R. R., ALVARENGA, M. A. R., CARVALHO, J. G. C., PINHO, P. J. Nutrição mineral e adubação. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013, cap. 5, p. 65-130.
- BECKLES, D. M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**. Davis, v. 63, n. 1, p. 129-140, jan. 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.05.016>
- BETTIOL, W; ASTIARRAGA, B. D.; LUIZ, A. J. B. Effectiveness of cow's milk against zucchini squash powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in greenhouse conditions. **Crop Protection**, Shenzhen, v.18, n.8, p.489-492, sep. 1999. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(99\)00046-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(99)00046-0)
- BRUNDETT, M.C.; BOUGHER, N.; DELL, B., GROVE, T. & MALAJCZU, N. **Working with mycorrhizas in forest and agriculture**. Gambera, Austrália, ACIAR, Pirie, 1996, 374p. Doi: 10.13140/2.1.4880.5444
- DASGAN, H.Y., S. KUSVURAN and I. ORTAS. Responses of soilless grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal (*Glomus fasciculatum*) colonization in recycling and open systems. **African Journal of Biotechnology**, Nigéria, v.7, n. 20, p. 3606–3613, nov. 2008.

FAKHRO, A., ANDRADE-LINARES, D. R., VON BARGEN, S., BANDTE, M., BUTTNER, C., GROSCH, R., SCHWARZ, D., FRANKEN, P. Impact of *Piriformospora indica* on tomato growth and on interaction with fungal and viral pathogens. **Mycorrhiza**, Heidelberg, v.20, p. 191–200, mar. 2010. Doi: 10.1007/s00572-009-0279-5

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 564-570, dez. 2002. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362002000400011>

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Classificação de tomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 275-278, abr/jun, 2007. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362007000200029>

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 421p. 2007.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. Cultura do tomate. In: FONTES, P. C. R. (Ed.). **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa, MG: UFV, p. 457- 475. 2005

FREITAS, S.T.; MITCHAM, E. J. **Factors involved in fruit calcium deficiency disorders**. Horticultural Reviews, v.40, p.107-146, set. 2012. Doi: <https://doi.org/10.1002/9781118351871.ch3>

GARCIA, K., DOIDY, J., ZIMMERMANN, S. D., WIPF, D., COURTY, P. E. Take a trip through the plant and fungal transportome of mycorrhiza. **Trends Plant Science**. v. 21, n. 11, p. 937–950, nov. 2016. Doi: 10.1016/j.tplants.2016.07.010

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge, n.84, p.489-500, mar. 1980. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>

HEIJDEN VAN DER, G., LEGOUT, A., MIDWOOD, A. J., CRAIG, C. A., POLLIER, B., RANGER, J., DAMBRINE, E. Mg and Ca root uptake and vertical transfer in soils assessed by an in situ ecosystem-scale multi-isotopic (²⁶Mg e ⁴⁴Ca) tracing experiment in a beech stand (Breuil-chenue, France). **Plant and Soil**, Crawley, v. 369, p. 33–45, aug. 2013. Doi:10.1007/s11104-012-1542-7

HO, L.C.; WHITE, P.J. A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. **Annals of Botany**, Oxford, v.95, p.571-581, mar. 2005. Doi: 10.1093/aob/mci065

HUSAINI, A.M., KHAN, S., ABDIN, M. Z., XU, Y. W.; AQUIL, S.; ANIS, M. Modifying strawberry for better adaptability to adverse impact of climate change. **Current Science**, Bangalore, v. 102, n.12, p.1660-1673, jun. 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em [http:// www.ibge.gov.br/](http://www.ibge.gov.br/). Acesso em: 27 mar. 2019.

KOMOSA, A., GÓRNIAK, T. The effect of chloride on yield and nutrient interaction in greenhouse tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill) grown in rockwool. **Journal of Plant Nutrition**, Filadélfia, v. 38, n. 3, p. 355–70, jan. 2015. Doi: <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.934466>

KORD, H.; FAKHERI, B.; GHABOOLI, M.; SOLOUKI M.; EMAMJOMEH, A.; KHATABI, B.; SEPEHRI, M.; HOSSEINI, G.; MOHAMMAD, S.; GHAFFAR, R. Salinity-associated microRNAs and their potential roles in mediating salt tolerance in rice colonized by the endophytic root fungus *Piriformospora indica*. **Functional & Integrative Genomics**, Heidelberg, v. 19, n. 2, p. 1-14, jul. 2019. Doi: [10.1007/s10142-019-00671-6](https://doi.org/10.1007/s10142-019-00671-6)

LAHRMANN, U., DING, Y., BANHARA, A., RATH, M., HAJIREZAEI, M. R., DÖHLEMANN, S., ZUCCARO, A. Host-related metabolic cues affect colonization strategies of a root endophyte. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 34, p. 13965-13970, aug. 2013. Doi: [10.1073/pnas.1301653110](https://doi.org/10.1073/pnas.1301653110)

MALAVOLTA, E., MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C. (Eds.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007, p.189-249.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba 2. ed.: Potafos, 1997. 319 p.

MARTINEZ, H.E.P.; CLEMENTE, J.M. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: Editora UFV, 2011. 76p.

MAYNARD, D. N., HOCHMUTH, G. J., 2007. **Knott's Handbook for Vegetable Growers**, 5th ed. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, NJ, 2007, 621 p.

MEENA, V. S, BAHADUR, I., MAURYA, B.R., KUMAR, A., MEENA, RK, MEENA, S.K., VERMA, J.P. **Potassium-solubilizing microorganism in evergreen agriculture: an overview**. In: Meena, V. S, Maurya, B. R., Verma, J. P., Meena, R. S. Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture. Springer, India, 2016, p. 1–20. Doi: [10.1007/978-81-322-2776-2_1](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2776-2_1)

MELLO, N. C. Cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) hidropônico sob diferentes níveis de fósforo e potássio em solução nutritiva. **Agroecossistemas**, Belém, v. 6, n. 1, p. 10-16, 2014. Doi: <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v6i1.1845>

NASCIMENTO, A. R., SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P.M.; RODRIGUES, J. P. M.; CARVALHO, W. T. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, Vitória da conquista, v.31, n.4, p.628-635, out/ dez, 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362013000400020>

NEDOROST, L. & POKLUDA, R. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi tomato yield and nutrient uptake under different fertilization levels. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Praga, v. 60, p. 181-186, jan. 2012. Doi: [10.11118/actaun201260080181](https://doi.org/10.11118/actaun201260080181)

PARADISO, R., ARENA, C., DE MICCO, V., GIORDANO, M., ARONNE, G., DE PASCALE S. Changes in leaf anatomical traits enhanced photosynthetic activity of soybean grown in hydroponics with plant growth-promoting microorganisms. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 674, p. 1-13, may. 2017. Doi: 10.3389/fpls.2017.00674

PEREIRA, C.; MARCHI, G.; SILVA, E. C. Produção de tomate-caqui em Estufa. Série extensão. Lavras: UFLA, 2000. 26p.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **British Mycological Society Transactions**, Cambridge, Grã-Bretanha, v.55, n.1, p.158-160, aug. 1970. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)

PÔRTO, M. L.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ALVES, J. C.; ARRUDA, J. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 311-315, jul/sep. 2011.

PRADO, R.M., BRAGHIROLI, F., NATALE, W., CORRÊA, M. C. M., ALMEIDA, E. C. Aplicação de potássio no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 295-299, ag. 2004. Doi: 10.1590/S0100-29452004000200028

RESH, H. M. **Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower**. 7th edn. New York: CRC Press. 2012, 524 p

SÁNCHEZ-BEL, P., SANMARTÍN, N., PASTOR, V., MATEU, D., CERESO, M., VIDAL-ALBALAT, A., FLORS, V. Mycorrhizal tomato plants fine tunes the growth-defence balance upon N depleted root environments. **Plant, cell & environment**, v. 41, n.2, p. 406-420, feb. 2018. Doi: 10.1111/pce.13105

SAN-MARTÍN-HERNÁNDEZ, C., TREJO-TÉLLEZ, L. I., GÓMEZ-MERINO, F. C., VOLKE-HALLER, V. H., ESCALANTE-ESTRADA, J. A., SÁNCHEZ-GARCÍA, P., SAUCEDO-VELOZ, C. Nitrogen and potassium nutrition differentially affect tomato biomass and growth. **Interciencia**, v. 41, n. 1, p. 60-66, jan. 2016.

SAURE, M.C. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum Mill*) – a calcium – or a stress-related disorder? **Scientia Horticulturae**, v. 90, n. 3, p. 193-208, nov. 2001. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00227-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00227-8)

SILVA, A. C.; COSTA, C. A.; SAMPAIO, R. A.; MARTINS, E. R. Avaliação de linhagens de tomate cereja tolerantes ao calor sob sistema orgânico de produção. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 33-40, set. 2011.

SMITH, S. E., AND SMITH, F. A. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. **Mycologia**, Lawrence, v. 104, p. 1–13, jan. 2012. Doi: <https://doi.org/10.3852/11-229>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; Murphy, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

YUN, P., XU, L., WANG, S. S., SHABALA, L., SHABALA, S., & ZHANG, W. Y. *Piriformospora indica* improves salinity stress tolerance in *Zea mays* L. plants by regulating Na⁺ and K⁺ loading in root and allocating K⁺ in shoot. **Plant Growth Regulation**, v. 86, n. 2, p. 323-331, aug. 2018. Doi: <https://doi.org/10.1007/s1072>

ZHANG, H., WEI, S., HU, W., XIAO, L., AND TANG, M. Arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregulares* increased potassium content and expression of genes encoding potassium channels in *Lycium barbarum*. **Frontiers Plant Science**. V. 8, n.440, p. 1-11, mar. 2017. Doi: [10.3389/fpls.2017.0044](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.0044)

ZIANE, H., MEDDAD-HAMZA, A., BEDDIAR, A., GIANINAZZI, S. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and fertilization levels on industrial tomato growth and production, **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 19, n.2, pp. 341–347, jan. 2017. Doi: [10.17957/IJAB/15.0287](https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0287)

Trocas gasosas e fluorescência da clorofila de minitomateiro inoculado com fungos promotores de crescimento sob doses crescentes de potássio, em cultivo hidropônico

RESUMO

O cultivo de minitomates cresceu muito nos últimos anos no Brasil, principalmente entre os agricultores familiares, pelo seu alto rendimento econômico. O cultivo hidropônico desse tipo de tomate se destaca por sua eficiência na produção e no uso de água e nutrientes. O tomateiro é altamente exigente em relação aos nutrientes minerais, incluindo o potássio (K), que de modo geral é o segundo nutriente mais exigido pelas plantas, vindo logo após o nitrogênio. O K é essencial por ser um dos principais ativadores enzimáticos, atuar na translocação de fotoassimilados, regular a pressão osmótica celular e controlar a abertura e fechamento dos estômatos. Uma alternativa para otimizar a absorção de nutrientes com menor custo financeiro e ambiental é associar fungos promotores de crescimento com as raízes das plantas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e *P. indica* associada a doses de potássio, nas trocas gasosas e fluorescência da clorofila do minitomate grape, cultivado em sistema hidropônico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na UFV, no período de julho a novembro de 2017. As plantas foram cultivadas em sistema hidropônico de gotejamento, em vasos com areia lavada e esterilizada. O experimento foi avaliando em esquema de parcela sub – subdividida, com três repetições, delineado inteiramente ao acaso. Alocou-se nas parcelas as doses de potássio, nas subparcelas as plantas inoculadas ou não inoculadas e nas sub-subparcelas os tempos de avaliação. Aos 30, 60 e 90 dias após o transplante, mensurou-se, por meio de um analisador de gás no infravermelho (IRGA), a concentração interna de carbono (C_i), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e taxa de fotossíntese líquida (A). Na mesma ocasião foi mensurada a fluorescência da clorofila a utilizando-se um fluorômetro portátil MINI-PAM (Walz, Alemanha). Foram analisadas as variáveis quenching fotoquímico (q_p), quenching não-fotoquímico (q_N) e eficiência quântica do FSII (F_v/F_m). Os dados foram submetidos a análise de variância seguida por teste de médias e regressão. A inoculação das raízes do minitomateiro proporcionou aumentos da A e E , os quais estão associados a acréscimos da g_s ,

sob doses baixas e excessivas de K. Conclui-se que a inoculação favorece a fotossíntese do minitomateiro em baixas e excessivas doses de K, minimizando estresses nutricionais.

Palavras-chave: Simbiose. Fotossíntese. Hidroponia. Gotejamento. *Solanum lycopersicum* L.

ABSTRACT

The cultivation of minitomates has grown a lot in recent years in Brazil, mainly among family farmers, due to their high economic performance. The hydroponic cultivation of this type of tomato stands out for its efficiency in the production and use of water and nutrients. Tomatoes are highly demanding in relation to mineral nutrients, including potassium (K), which in general is the second most required nutrient by plants, coming right after nitrogen K is essential because it is one of the main enzyme activators, acting in the translocation of photoassimilates, regulation of cellular osmotic pressure and control of the opening and closing of stomata. An alternative for optimizing nutrient absorption at a lower financial and environmental cost is to associate growth promoting fungi with plant roots. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and *P. indica* associated with potassium rates, gas exchange and chlorophyll a fluorescence of the minitomate grape, cultivated in hydroponic system. The experiment was conducted in a greenhouse at UFV, from July to October 2017. The plants were cultivated in hydroponic drip system, in pots with washed and sterilized sand. The experiment was evaluated in a sub - subdivided plot scheme, with three replications, designed entirely at random. Potassium doses were allocated to the plots, the inoculated or uninoculated plants to the subplots and the evaluation times to the sub-plots. At 30, 60 and 90 days after transplantation, the internal carbon concentration (C_i), stomatal conductance (gs), transpiration (E) and rate of respiration were measured using an infrared gas analyzer (IRGA). liquid photosynthesis (A). At the same time, chlorophyll a fluorescence was measured using a portable MINI-PAM fluorometer (Walz, Germany). The variables photochemical quenching (qp), non-photochemical quenching (qN) and FSII quantum efficiency (F_v / F_m) were analyzed. The data were subjected to analysis of variance followed by means test and regression. The inoculation of the roots of the mini-forest provided increases in A and E, which are associated with increases in gas, under low and excessive doses of K. It is concluded that the inoculation favors the photosynthesis of the mini-forest in low and excessive doses of K, minimizing nutritional stresses.

Keywords: Symbiosis. Photosynthesis. Hydroponics. Drip. *Solanum lycopersicum* L.

INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L) é uma das olerícolas de maior importância econômica e também uma das mais difundidas no mundo. Tendo o Brasil produzido 4.083.910 toneladas numa área colhida de 77.150.511 hectares na safra de 2018 (IBGE, 2019). Dentro do segmento do tomate de mesa, o cultivo de minitomates cresceu muito nos últimos anos no Brasil, principalmente entre os agricultores familiares, pelo seu alto rendimento econômico, contribuindo para melhorar a renda. Entre os minitomates que vem se destacando, estão os dos tipos cereja e grape. Apesar de ambos serem minitomates, diferem entre si quanto ao sabor, tamanho, formato, coloração e °Brix (concentração de açúcares). Enquanto o tomate salada possui concentração de açúcares entre 4 e 6° Brix, os frutos das variedades de minitomates possuem doçura suficiente para chegar entre 9 e 12° Brix (ABH, 2016). Esses frutos apresentam, em geral, grande versatilidade culinária, sendo indicados para o consumo in natura, em saladas cruas, na forma de snacks, como acompanhamento de bebidas ou, ainda, como lanche de adultos e crianças. (SABIO et al., 2013).

Dentre os sistemas mais utilizados para a produção de minitomateiro, destaca-se o cultivo hidropônico. Este tipo de sistema é reconhecido globalmente por sua eficiência na produção e no uso de água e nutrientes, satisfazendo não apenas o produtor em termos de eficiência no uso de recursos, mas também a sustentabilidade e preocupações ambientais do consumidor (HUSSAIN et al., 2014). Nos sistemas de produção sem solo, as raízes das plantas são cultivadas em substrato orgânico (casca, turfa, fibra de coco, etc.) ou inorgânico (areia, cascalho, perlita, lã de rocha etc.), frequentemente irrigados com solução nutritiva ou cultivada diretamente na solução sem qualquer meio sólido (SAVVAS, 2003; ALSHROUF, 2017).

O tomateiro é altamente exigente em relação aos nutrientes minerais, incluindo o potássio (K), que de modo geral é o segundo nutriente mais exigido pelas plantas, vindo logo após o nitrogênio. O K desempenha papel relevante no crescimento das plantas e quase em todas as funções relacionadas. O K é essencial por ser um dos principais ativadores enzimáticos, atuar na translocação de fotoassimilados, regular a pressão osmótica celular e controlar a abertura e fechamento dos estômatos. O controle da abertura/fechamento dos estômatos, além de ser importante na regulação da taxa de transpiração das plantas também é importante na taxa de fotossíntese, pois em plantas deficientes em K, a abertura dos estômatos não ocorre regularmente, diminuindo a entrada de CO₂. Assim, a aplicação de K pode aumentar a assimilação de CO₂ pelas folhas (MARSCHNER, 2012; TAIZ & ZEIGER, 2017).

Na busca por técnicas que aumentem a eficiência na absorção de nutrientes pelas plantas, pesquisas estão sendo realizadas visando contribuir com a utilização racional dos fertilizantes minerais, para isto, tem-se estudado a inoculação de raízes de plantas com fungos promotores de crescimento como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e o fungo endofítico *Piriformospora indica*. Os FMAs são fungos biotróficos obrigatórios e estão presentes em quase todos os ambientes agrícolas e naturais. Quando a simbiose é estabelecida, a planta fornece carbono ao fungo, enquanto o FMA melhora a aquisição de água e nutrientes minerais para as plantas através da rede extracelular de hifas. Além da melhoria nutricional, a simbiose melhora a tolerância do hospedeiro às condições ambientais, como seca, salinidade e frio, ou estresse térmico (SMITH & SMITH, 2012) e também a fatores bióticos, como resistência a certas pragas e patógenos (SÁNCHEZ-BEL et al., 2018). *P. indica* é um fungo de raiz semelhante à micorriza, porém este fungo pode ser cultivado em meio de cultura sintético e ao associar-se com as raízes das plantas aumenta o seu crescimento promovendo a aquisição de nutrientes, e também a melhoria da tolerância aos estresses bióticos e abióticos (LAHRMANN et al., 2013).

A fotossíntese é um dos processos biológicos essenciais para a manutenção da vida na terra. Trata-se da habilidade das plantas em captar a energia da luz solar e aprisioná-la na forma de ligações de fosfato de alta energia, para finalmente construir moléculas orgânicas. Estas, além de fornecerem a energia que ativa os sistemas vivos, também fazem parte das grandes moléculas estruturais que compõem os organismos vivos (TAIZ & ZEIGER, 2017).

Embora as medidas de trocas gasosas sejam importantes para determinar as taxas fotossintéticas em condições específicas do ambiente, podem não ser eficientes para avaliar os efeitos fotoquímicos que ocorrem nas membranas do cloroplasto. A avaliação da eficiência fotoquímica da fotossíntese obtida por meio de variáveis da fluorescência da clorofila *a* é uma alternativa às medidas das trocas gasosas. Esta é uma técnica que revela o nível de excitação da energia no sistema de pigmentos que dirige a fotossíntese e fornece subsídios para estimar a inibição ou o dano no processo de transferência de elétrons no fotossistema II (FSII) (FLOSS et al., 2011). Entre os vários parâmetros de fluorescência de clorofila *a* que podem ser avaliados, a eficiência máxima na qual a luz é absorvida pelo FSII é frequentemente representada pela eficiência quântica máxima da fotoquímica (F_v/F_m), o qual, tem sido amplamente utilizado para comparar tecidos foliares em condições de estresse (ROUSSEAU et al., 2013). O quenching fotoquímico (q_P) indica a proporção dos centros de reação do PSII

que estão abertos, enquanto o quenching não-fotoquímico (qN) refere-se à energia que é dissipada na forma de calor ou fluorescência (HANELT, 2018).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e *P. indica* associadas a doses crescentes de potássio (K), nas trocas gasosas e fluorescência da clorofila a do minitomateiro grape, cultivado em sistema hidropônico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil (latitude 20° 45' 14" S, longitude 42° 52' 55" W e altitude de 648 metros). O experimento foi conduzido de junho a outubro de 2017. A casa de vegetação utilizada é não-climatizada, revestida de vidro transparente, de fechamento lateral com tela antiafídica e pé direito de 2,4 metros.

Os tratamentos consistiram da inoculação de sementes de minitomateiro grape com uma mistura de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (*Rhizophagus clarus*, *Claroideoglossum etunicatum* e *Gigaspora albida*), apenas com esporos do fungo *Piriformospora indica* e sem inoculação fúngica, em combinação com quatro doses de K (0,8; 2; 3 e 4 mmol L⁻¹) na fase reprodutiva das plantas.

As mudas foram produzidas a partir de sementes de tomate híbrido “Mascot” fornecido pela empresa Agristar. Utilizaram-se bandejas de propagação de isopor com 128 células contendo substrato a base de fibra de coco. Para 1/3 das mudas produzidas, o substrato foi inoculado com a mistura de FMAs, para isto, utilizou-se cachimbo de 20 mL contendo esporos dos fungos. Para a inoculação do outro 1/3 das mudas utilizou-se um disco contendo esporos do fungo *Piriformospora indica*. O restante das mudas (1/3) não recebeu inoculação. As bandejas de propagação foram irrigadas com água até a germinação das sementes e logo após com solução nutritiva da fase vegetativa, diluída a 50%.

Quando apresentaram duas folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos de 8 L de capacidade contendo areia lavada e esterilizada.

As plantas foram conduzidas em espaçamento de 0,5 m x 1,0 m entre plantas e entre linhas respectivamente, com duas hastes, tutoradas por meio de fitilhos plásticos amarrados perpendicularmente à bancada. A poda apical foi realizada acima da terceira folha do terceiro cacho floral de cada haste, no período de surgimento dos primeiros frutos maduros. Foram realizadas desbrotas constantes para eliminação de brotos laterais.

Devido a ocorrência de oídio (*Oidium sp*) foram realizadas pulverizações nas folhas com leite de vaca cru a 10% (v/v) (BETTIOL, ASTIARRAGA e LUIZ, 1999) com pulverizador manual de jato fino, de 1 L de capacidade. Para o controle de traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) e mosca-branca (*Bemisia tabaci*) foram feitas três aplicações com Abamectin® (Abamectina 15 mL para 20 L), sendo uma aplicação na fase vegetativa e duas na fase reprodutiva, usando pulverizador costal de 20 L. As aplicações foram realizadas no período da tarde.

A solução nutritiva foi bombeada de reservatórios de 180 L de capacidade por meio de um conjunto moto-bomba de 0,25 CV, que alimentou as linhas de irrigação. O acionamento das bombas ocorreu diariamente às 00h00min a.m, 6h a.m., 9h a.m., 11h a.m., 12h p.m., 2h p.m., 3h p.m., e 6h p.m. controlado por um temporizador.

O fornecimento da solução nutritiva para as plantas foi feito pelo método de gotejamento, com um emissor por planta, sendo que para o manejo da irrigação foi realizado um teste preliminar para se determinar o máximo volume de água a ser adicionado à areia para que não houvesse percolação de mais que 10% do volume aplicado. A vazão foi de 100 e 200 mL por minuto para as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente. A solução nutritiva drenada dos vasos foi recolhida em reservatórios de 60 L para o posterior descarte.

As soluções de crescimento vegetativo continham: 8; 2; 4; 2; 1; e 1 mmol L⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, S e 35; 19; 21; 4; 0,9; e 0,7 µmol L⁻¹ de Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, respectivamente. Essa solução foi utilizada a 40% da força iônica. No florescimento, utilizou-se a solução nutritiva de frutificação contendo: 12; 3; 3; 1,5; 1,5 mmol L⁻¹ de N, P, Ca, Mg, S e 59; 20; 25; 4; 1,3 e 0,7 µmol L⁻¹ de Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo, respectivamente, mais as doses de K de 2, 5, 7,5 ou 10 mmol L⁻¹. Também neste caso a solução foi ministrada a 40% da força iônica. Tais formulações foram baseadas no trabalho realizado por Fernandes et al. (2002).

Durante o ensaio foram coletados dados climatológicos no interior da casa de vegetação, com uso de um termômetro de máxima e de mínima, e um termohigrômetro digital, estando os dados dispostos na Figura 1.

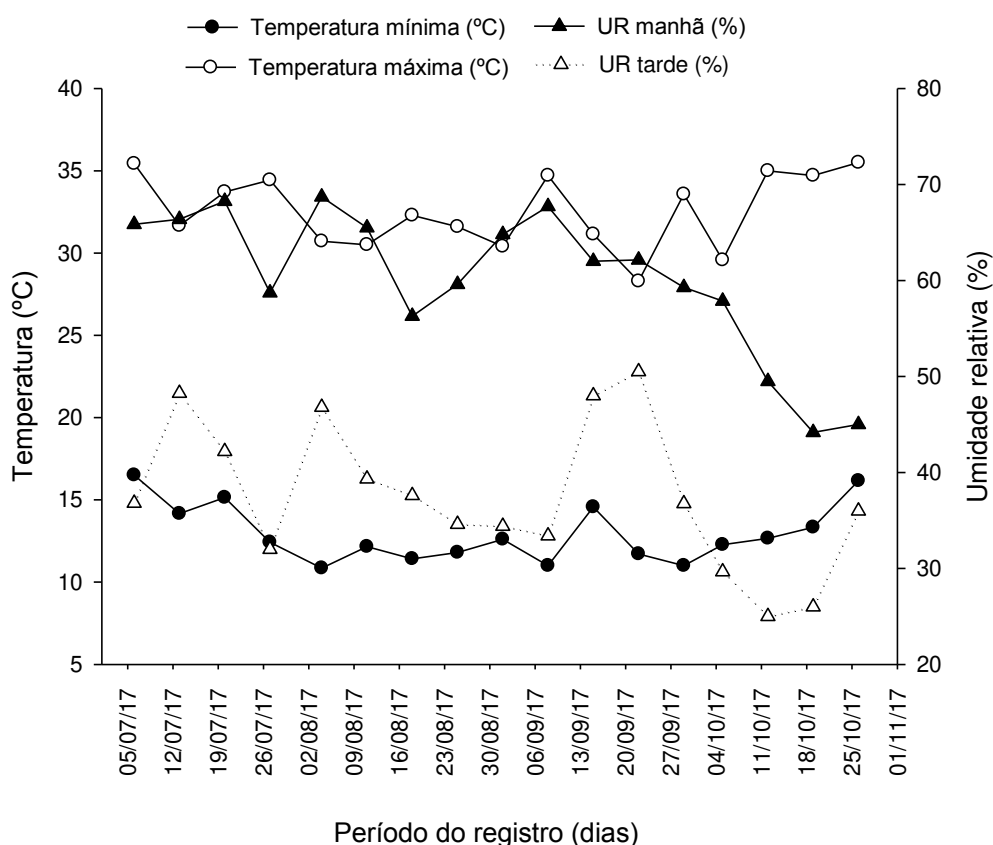


Figura 1. Variação média semanal da temperatura máxima, da temperatura mínima, da umidade relativa do ar máxima, e da umidade relativa do ar mínima, no interior do ambiente protegido, durante o período de condução do experimento. Viçosa, Minas Gerais, 2017.

Para as avaliações realizadas aos 30 DAT (fase vegetativa da cultura), o experimento foi analisado segundo um delineamento inteiramente ao acaso, com dois tratamentos: com inoculação e sem inoculação, com três repetições.

Para as avaliações realizadas aos 60 e 90 DAT (fase reprodutiva da cultura), o experimento foi analisado seguindo um esquema de parcela sub-subdividida, tendo nas parcelas as doses de potássio, nas subparcelas as plantas inoculadas e não inoculadas, e nas sub-subparcelas os tempos de avaliações no delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

A avaliação das trocas gasosas foi realizada no período de 07 h e 30 min às 11 h da manhã, na terceira folha contada a partir do ápice da planta, para tanto, utilizou-se um analisador de gás no infravermelho (IRGA) modelo LC Pro da ADC (UK) com fluxo de ar de 300 mL min^{-1} e fonte de luz acoplada de $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Na ocasião foram mensuradas a concentração interna de carbono (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e taxa de fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol de$

CO₂ m⁻² s⁻¹). Na mesma ocasião foi mensurada a fluorescência da clorofila a utilizando-se um fluorômetro portátil MINI-PAM (Walz, Alemanha) na folha oposta àquela onde foi realizada a avaliação das trocas gasosas. As folhas foram pré - adaptadas ao escuro, após período de 30 minutos foram analisadas as variáveis quenching fotoquímico (q_p), quenching não-fotoquímico (q_N) e eficiência quântica do FSII (Fv/Fm).

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão no Sistema para Análises Estatísticas (SAEG). Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo utilizou-se a análise de regressão e os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, no coeficiente de determinação (R², SQ Regressão/SQ Tratamento) e nos comportamentos biológicos. Independentemente da interação de maior grau ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento da mesma devido ao interesse em estudo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve resposta das plantas inoculadas e não inoculadas para a concentração interna de CO₂ (C_i) em nenhum dos tempos avaliados. Aos 30 DAT as plantas apresentaram valores médios de 293,06; 299,9 e 295,2 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ para a testemunha, inoculadas com *P. indica* e FMA, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores médios da concentração interna de CO₂ (C_i), condutância estomática (g_s), assimilação do CO₂ (A) e transpiração (E), aos 30 DAT, obtidos da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Tratamento de inoculação	C _i (μmol m ⁻² s ⁻¹)	g _s (μmol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	A (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	E (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)
Testemunha	293,06 a	0,28 a	14,8 a	0,85 a
<i>P. indica</i>	299,9 a	0,32 a	14,08 a	0,85 a
FMA	295,2 a	0,35 a	13,8 a	0,88 a
CV (%)	3,52	9,34	12,86	8,23

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 60 DAT os valores médios foram de 283,8; 276,2 e 284,3 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ para a testemunha, inoculadas com *P. indica* e FMA, respectivamente. Já aos 90 DAT as plantas testemunha, inoculadas com *P. indica* e FMA, apresentaram valores médios de 273,7; 278,5 e 277,9 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios da concentração interna de CO₂ (Ci), condutância estomática (gs), assimilação do CO₂ (A) e transpiração (E), obtidos da interação entre doses crescentes de K e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Tratamento de inoculação	Ci ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) - 60 DAT			
	Doses de potássio (mmol L^{-1})			
	0,8	2	3	4
Testemunha	284,25 a	288,44 a	288,28 a	274,59 a
<i>P. indica</i>	276,74 a	294,17 a	252,96 a	280,95 a
FMA	295,37 a	271,86 a	285,76 a	284,29 a
CV (%) parcela				12,20
CV (%) subparcela				15,30
CV (%) sub - subparcela				10,20
Tratamento de inoculação	Ci ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) - 90 DAT			
	Doses de potássio (mmol L^{-1})			
	0,8	2	3	4
Testemunha	267,93 a	299,22 a	277,44 a	250,50 a
<i>P. indica</i>	257,89 a	296,22 a	304,83 a	245,75 a
FMA	282,78 a	2,72,33 a	301,44 a	255,44 a
CV (%) parcela				12,20
CV (%) subparcela				15,30
CV (%) sub - subparcela				10,20
Tratamento de inoculação	gs ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) - 60 DAT			
	Doses de potássio (mmol L^{-1})			
	0,8	2	3	4
Testemunha	0,26 a	0,21 a	0,20 b	0,13 a
<i>P. indica</i>	0,24 a	0,17 a	0,19 b	0,14 a
FMA	0,25 a	0,21 a	0,28 a	0,18 a
CV (%) parcela				12,60
CV (%) subparcela				17,70
CV (%) sub - subparcela				10,40
Tratamento de inoculação	gs ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) - 90 DAT			
	Doses de potássio (mmol L^{-1})			
	0,8	2	3	4
Testemunha	0,13a	0,10 a	0,11 a	0,07 a
<i>P. indica</i>	0,10 a	0,12 a	0,11 a	0,05 a
FMA	0,13 a	0,09 a	0,15 a	0,07 a
CV (%) parcela				12,60
CV (%) subparcela				17,70
CV (%) sub - subparcela				10,40

Tratamento de inoculação	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) - 60 DAT			
	Doses de potássio (mmol L^{-1})			

	0,8	2	3	4
Testemunha	12,56 a	13,12 a	9,32 ab	7,73 a
<i>P. indica</i>	14,55 a	8,76 b	8,44 b	6,84 a
FMA	12,27 a	6,42 c	13,33 ^a	8,56 a
CV (%) parcela	10,90			
CV (%) subparcela	14,20			
CV (%) sub - subparcela	8,20			

Tratamento de inoculação	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) - 90 DAT			
	Doses de potássio (mmol L^{-1})			
	0,8	2	3	4
Testemunha	5,00 a	4,78 a	5,56 a	5,80 ab
<i>P. indica</i>	8,32 a	6,57 a	4,76 a	5,98 a
FMA	7,32 a	6,25 a	4,92 a	4,71 b
CV (%) parcela	10,90			
CV (%) subparcela	14,20			
CV (%) sub - subparcela	8,20			

Tratamento de inoculação	E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) - 60 DAT			
	Doses de potássio (mmol L^{-1})			
	0,8	2	3	4
Testemunha	0,85 a	0,90 a	0,95 a	0,92 a
<i>P. indica</i>	0,89 a	0,88 a	0,89 a	0,97 a
FMA	0,97 a	0,94 a	0,91 a	0,94 a
CV (%) parcela	10,40			
CV (%) subparcela	22,40			
CV (%) sub - subparcela	11,60			

Tratamento de inoculação	E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) - 90 DAT			
	Doses de potássio (mmol L^{-1})			
	0,8	2	3	4
Testemunha	0,98 a	0,96 a	0,96 a	0,94 a
<i>P. indica</i>	0,97 a	0,92 a	0,92 a	0,92 a
FMA	0,96 a	0,97 a	0,91 a	0,95 a
CV (%) parcela	10,40			
CV (%) subparcela	22,40			
CV (%) sub - subparcela	11,60			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Comumente, o incremento nos valores de Ci é acompanhado de acréscimos na gs; deste modo, a limitação estomática seria o fator principal da limitação do desempenho fotossintético de vez que, quanto maior a abertura estomática maior a difusão de CO₂ para a câmara subestomática (AUGÉ et al., 2015). No presente estudo, a gs também não foi influenciada pelos tratamentos nos tempos avaliados, apenas aos 60 DAT observaram-se maiores valores para plantas inoculadas com FMA na dose 3 mmol L⁻¹ para a cultura (Tabela 1 e 2).

Em face das variações da g_s em resposta às doses de K no presente trabalho e sabendo-se que os estômatos regulam as trocas gasosas foliares, espera-se que a assimilação de CO_2 (A) e a transpiração (E) das plantas sejam afetadas.

Quanto à A, aos 30 DAT não houve diferença entre as plantas inoculadas e não inoculadas (Tabela 1). Aos 60 DAT os maiores valores foram observados na testemunha na dose 2 $mmol L^{-1}$, no entanto, este resultado não acompanhou os valores de C_i e g_s para o mesmo tratamento (Tabela 2). Provavelmente isso ocorreu porque como estas plantas não foram inoculadas não houve competição pelos nutrientes no período avaliado, o que poderia ter ocorrido nas plantas inoculadas. Porém, na dose 3 $mmol L^{-1}$ os maiores valores foram observados nas plantas inoculadas com FMA, seguindo a mesma tendência da g_s (Tabela 2) no mesmo período. Estes resultados sugerem que nessa dose de K houve uma maior necessidade de alocação de carbono para as raízes das plantas inoculadas com FMA, devido principalmente à necessidade desses fungos, aumentando a taxa fotossintética. Aos 90 DAT, na maior dose de K, plantas inoculadas com *P. indica* apresentaram valores superiores de A de 21,23% em relação as plantas inoculadas com FMA, porém não diferiram da testemunha (Tabela 2). Os resultados mostram que, na maior dose de K, a inoculação do minitomateiro com *P. indica* favoreceu a fotossíntese nessas plantas e consequentemente maior produtividade de frutos (resultado apresentado no artigo 1). Porém, na testemunha, valores altos de fotossíntese, nessa mesma dose, não correlacionaram-se positivamente com produtividade de frutos, o que, provavelmente, deve-se ao maior gasto de energia dessas plantas sob condições de estresse, ou seja, maior gasto de energia para absorção de água sob salinidade, já que nessa dose houve maior acréscimo de KCl na solução nutritiva. Em relação à transpiração, não foi observada diferença entre os tratamentos em nenhum dos períodos avaliados (Tabela 1 e 2).

Aos 60 DAT, a testemunha apresentou resposta linear decrescente com o acréscimo da dose de K para g_s . Plantas inoculadas não responderam às doses apresentando valores médios de 0,18 e 0,23 $mmol m^{-2} s^{-1}$ para inoculadas com o *P. indica* e FMA, respectivamente (Figura 1A). Aos 90 DAT, a testemunha respondeu de forma quadrática, com redução dos valores à medida que aumentaram as doses de K. Plantas inoculadas com *P. indica* apresentaram comportamento quadrático com maiores valores nas menores doses de K. Já as plantas inoculadas com FMA não responderam às doses, apresentando valores médios de 0,11 $mmol. m^{-2} s^{-1}$ (Figura 1B).

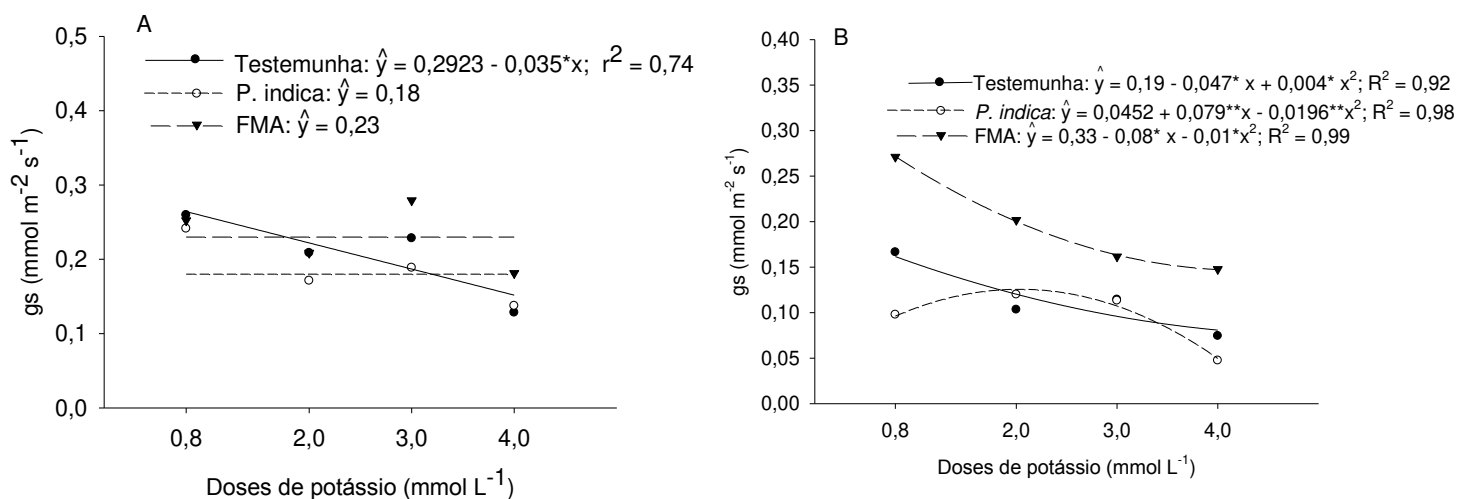


Figura 1 - Valores médios da condutância estomática (gs) aos 60 DAT (A) e aos 90 DAT (B) em função da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento e doses crescentes de potássio, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1% e *significativo a 5%..

Em relação à fotossíntese líquida, aos 60 DAT, a testemunha respondeu de forma linear ao aumento das doses, reduzindo os valores de A com o aumento das doses de K. Plantas inoculadas com *P. indica* responderam de forma quadrática, com redução nos valores com o acréscimo das doses de K. Já as plantas inoculadas com FMA, também apresentaram comportamento quadrático, porém com acréscimo nos valores até próximo à dose de 3 mmol L⁻¹, reduzindo-se na maior dose (Figura 2A).

Aos 90 DAT apenas a testemunha respondeu de forma quadrática, com tendência de redução de A com o aumento das doses. Plantas inoculadas com *P. indica* e FMA apresentaram valores médios de 6,4 e 5,0 μmol CO₂ m² s⁻¹, respectivamente (Figura 2B).

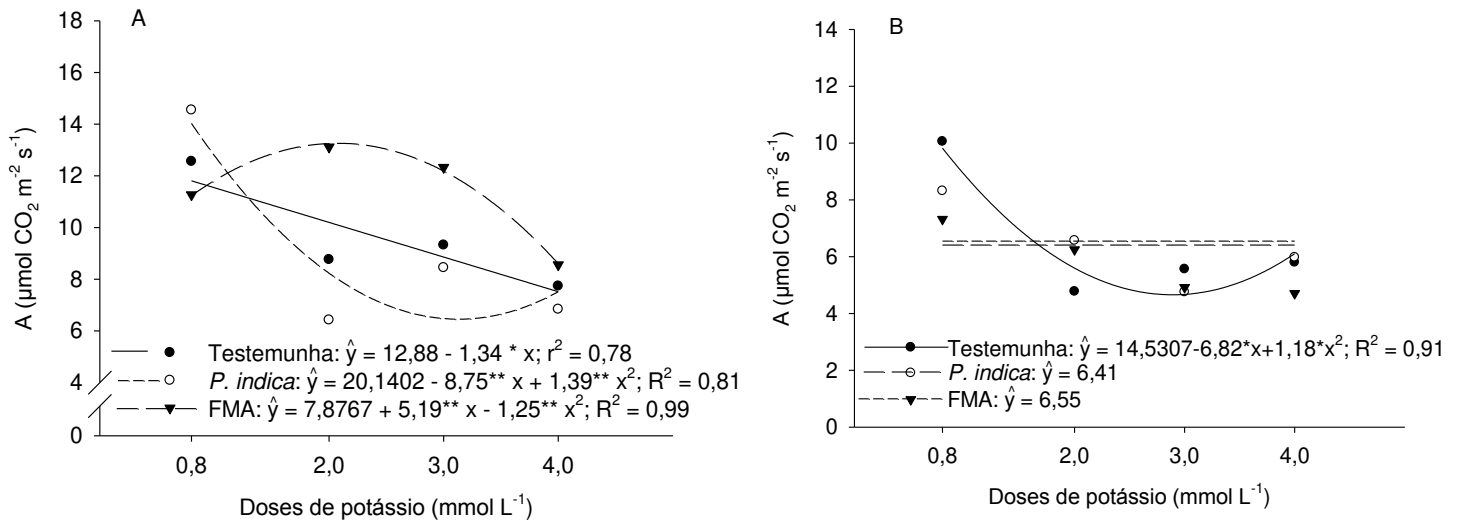


Figura 2 - Valores médios da fotossíntese líquida (A) aos 60 DAT (A) e aos 90 DAT (B) em função da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento e doses crescentes de potássio, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1% e *significativo a 5%.

Observa-se, na figura 3A, que aos 60 DAT a testemunha reduziu linearmente a E com o aumento das doses de K. As plantas inoculadas com *P. indica* se comportaram de forma quadrática, com acréscimo da transpiração até a dose de 3 mmol L⁻¹ com posterior redução. As plantas inoculadas com FMA não responderam às doses estudadas, apresentando média de 1,39 mol de H₂O m⁻² s⁻¹. Comportamentos semelhantes foram observados aos 90 DAT para a testemunha e inoculação com *P. indica*. Porém, a inoculação com FMA comportou-se de forma linear às doses de K, reduzindo a E com o aumento das doses (Figura 3B).

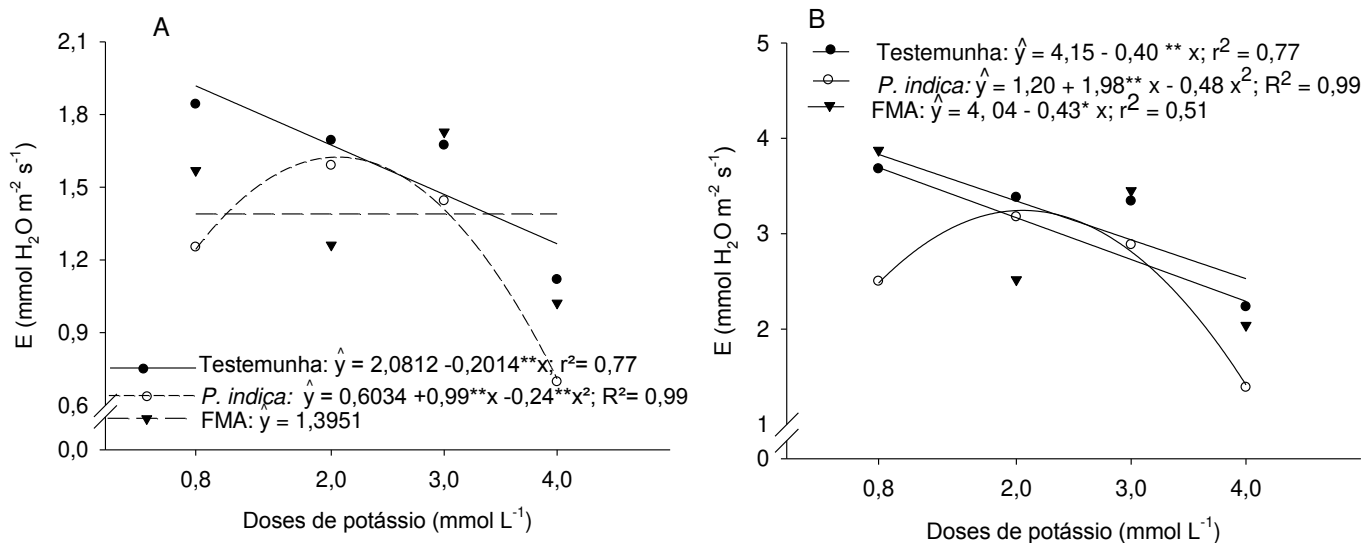


Figura 3 - Valores médios da transpiração (E) aos 60 DAT (A) e aos 90 DAT (B) em função da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento e doses crescentes de K, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1% e *significativo a 5%.

O comportamento da testemunha para a gs, A e E em relação as doses de K aplicadas contradiz vários resultados relatados na literatura, que mostram a importância do potássio na taxa fotossintética das plantas. Trabalhos como os de Kumar et al. (2013) mostraram que o manejo adequado de N e K atua no equilíbrio entre os fitohormônios de crescimento, melhora os processos fotossintéticos promovendo maior crescimento e produtividade. Outros autores também, como Coskun et al. (2017) observaram que a aplicação de K aumenta a atividade da nitrato redutase, contribuindo de forma eficiente na fotossíntese e formação de moléculas orgânicas primárias contendo N necessário para a síntese de aminoácidos e de proteínas. O efeito negativo do K observado na testemunha, no presente estudo, pode ter ocorrido, provavelmente, devido à baixa exigência desse híbrido a esse nutriente. Estudos realizados por Martinez et al. (2019) observaram que o tomateiro cereja híbrido Sindy demonstrou ser pouco exigente em K, alcançando alta produção e boa qualidade de frutos com 6 mmol L⁻¹ de K na solução nutritiva de frutificação. Em outro trabalho, Maia et al. (2019) também observaram que o mesmo híbrido cultivado em solução nutritiva sob redução de 75% de K não mostrou sintomas visuais de deficiência de K, revelando que a quantidade fornecida foi suficiente para o seu desenvolvimento. No presente estudo, para as plantas inoculadas, observou-se que a simbiose favoreceu as trocas gasosas nas doses baixas de K, demonstrando a eficiência dos fungos sob condições de estresse nutricional.

Em relação aos parâmetros da fluorescência da clorofila a, não houve diferença significativa para o parâmetro q_p em nenhum dos períodos avaliados (Tabela 3 e 4).

Tabela 3 - Valores médios do quenching fotoquímico (q_p), quenching não-fotoquímico e rendimento quântico máximo do PSII (Fv/Fm), aos 30 DAT, obtidos da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Tratamento de inoculação	q_p	q_N	Fv/Fm
Testemunha	0,85 a	0,020 b	0,75 a
<i>P. indica</i>	0,85 a	0,032 a	0,78 a
FMA	0,92 a	0,041 a	0,76 a
CV (%)	7,44	15,17	3,34

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 30 DAT, aumentos significativos de 45,2% foram encontrados em q_N na testemunha em relação às plantas inoculadas, porém não ocorreram diferenças estatísticas em q_p e Fv/Fm (tabela 3).

Estes resultados sugerem que a inoculação reduziu a quantidade de energia dissipada na forma de calor ou fluorescência indicando, portanto, que na ausência dos fungos as plantas aumentaram a dissipação da energia absorvida em excesso como forma de tolerar as condições de estresses abióticos, como exemplo, menor absorção de água, para manter o mesmo nível de eficiência máxima do fotossistema II das plantas inoculadas.

Observou-se que aos 60 DAT a testemunha apresentou maiores valores para q_N em todas as doses estudadas, porém houve redução de Fv/Fm apenas na dose 3 mmol L⁻¹ para esse tratamento (Tabela 4). A menor dissipação de energia na forma de calor ou fluorescência pelas plantas inoculadas poderia ser explicada pela forte presença do dreno nas raízes imposto pelos fungos. Os fungos podem consumir até 20% dos fotoassimilados da planta hospedeira (CALDERON et al., 2012). Assim, a alocação constante de carboidratos para as raízes poderia minimizar a inibição pelo ciclo de Calvin, estimulando continuamente a fase fotoquímica (DODD; PÉREZ – ALFOCEA, 2012). Além disso, por meio de suas hifas, os fungos são capazes de aumentar a área de exploração das raízes no substrato com consequente aumento da absorção de água, reduzindo assim a dissipação da energia na forma de calor e fluorescência.

Aos 90 DAT, de modo geral, plantas inoculadas com *P. indica* apresentaram menores valores de q_N sob doses de K abaixo e acima de 3 mmol L⁻¹, porém não houve

diferença significativa para Fv/Fm em relação aos demais tratamentos (Tabela 4). Sugerindo o efeito mitigador desses fungos na fotoinibição ocasionada pelo estresse nutricional.

Tabela 4 -Valores médios do quenching fotoquímico (q_P), quenching não-fotoquímico (q_N) e rendimento quântico máximo do PSII (Fv/Fm), obtidos da interação entre doses crescentes de K e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Tratamento de inoculação	q_P - 60 DAT			
	Doses de potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4
Testemunha	0,85 a	0,90 a	0,95 a	0,92 a
<i>P. indica</i>	0,89 a	0,88 a	0,90 a	0,97 a
FMA	0,97 a	0,94 a	0,91 a	0,94 a
CV (%) parcela	13,50			
CV (%) subparcela	17,70			
CV (%) sub - subparcela	11,50			
Tratamento de inoculação	q_P - 90 DAT			
	Doses de potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4
Testemunha	0,98 a	0,96 a	0,96 a	0,94 a
<i>P. indica</i>	0,98 a	0,92 a	0,92 a	0,92 a
FMA	0,98 a	0,97 a	0,91 a	0,95 a
CV (%) parcela	13,50			
CV (%) subparcela	17,70			
CV (%) sub - subparcela	11,50			
Tratamento de inoculação	q_N - 60 DAT			
	Doses de potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4
Testemunha	0,108 a	0,059 a	0,055 a	0,047 a
<i>P. indica</i>	0,007 c	0,044 ab	0,035 b	0,019 b
FMA	0,023 b	0,026 b	0,036 b	0,064 a
CV (%) parcela	12,40			
CV (%) subparcela	12,00			
CV (%) sub - subparcela	7,80			
Tratamento de inoculação	q_N - 90 DAT			
	Doses de potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4
Testemunha	0,047 a	0,095 a	0,094 a	0,044 a
<i>P. indica</i>	0,019 b	0,037 b	0,07 a	0,015 b
FMA	0,064 a	0,012 b	0,05 a	0,080 a
CV (%) parcela	12,40			
CV (%) subparcela	12,00			
CV (%) sub - subparcela	7,80			

Tratamento de inoculação	Fv/Fm - 60 DAT			
	Doses de potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4
Testemunha	0,74 a	0,74 a	0,72 a	0,72 a
<i>P. indica</i>	0,72 a	0,73 a	0,73 a	0,74 a
FMA	0,77 a	0,70 a	0,74 a	0,72 a
CV (%) parcela	7,00			
CV (%) subparcela	6,90			
CV (%) sub - subparcela	5,60			

Tratamento de inoculação	Fv/Fm - 90 DAT			
	Doses de potássio (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4
Testemunha	0,70 a	0,72 a	0,70 a	0,72 a
<i>P. indica</i>	0,67 a	0,70 a	0,67 a	0,74 a
FMA	0,76 a	0,68 a	0,69 a	0,72 a
CV (%) parcela	7,00			
CV (%) subparcela	6,90			
CV (%) sub - subparcela	5,60			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 60 DAT, plantas inoculadas com FMA responderam de forma linear, com aumentos dos valores de q_N à medida que aumentaram as doses de K e resposta quadrática em relação aos valores de Fv/Fm, apresentando os menores valores para este parâmetro nas doses próximas a 3 mmol L⁻¹. Plantas testemunha e inoculadas com *P. indica* apresentaram valores médios de q_N de 0,0386 e 0,070 respectivamente. No entanto, a inoculação com *P. indica* apresentou resposta linear em relação ao Fv/Fm, com aumentos dos valores desse parâmetro com o aumento das doses de K. Já a testemunha apresentou valores médios de Fv/Fm de 0,72 (Figura 4A e 4B).

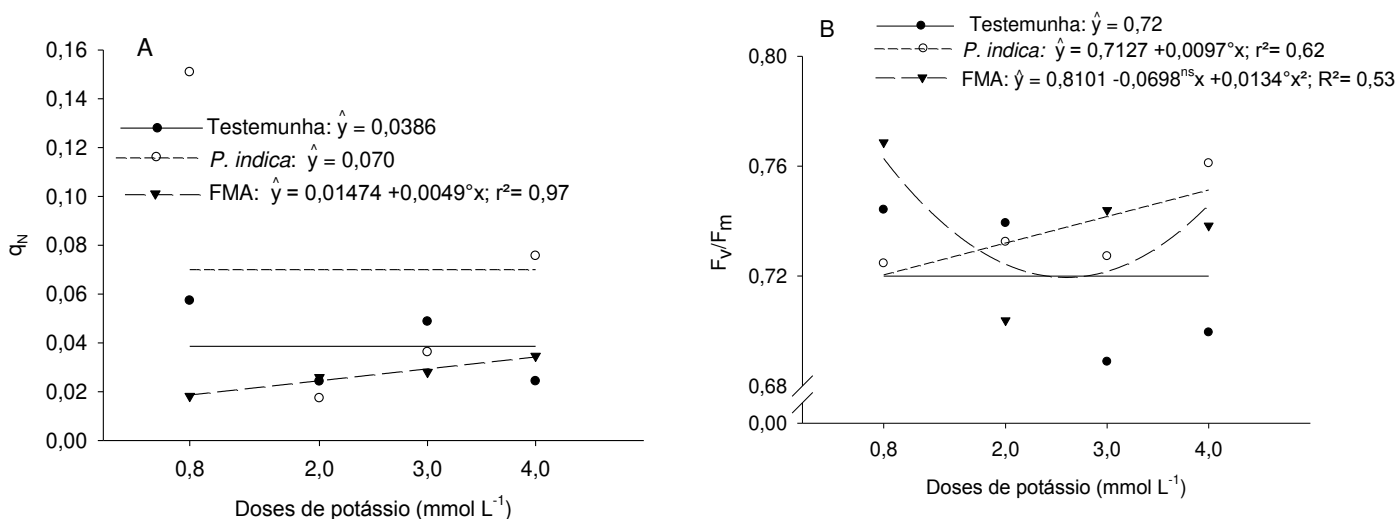


Figura 4. (A): valores médios do quenching não-fotoquímico (q_N) e (B): rendimento quântico máximo fotossintético (Fv/Fm), aos 60 DAT, em função da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento e doses de potássio, no cultivo hidropônico. ° significativo a 10% e ^{ns} não significativo.

Aos 90 DAT, a testemunha apresentou comportamento linear para q_N , reduzindo os valores desse parâmetro com aumento das doses de K. Plantas inoculadas comportaram-se de forma quadrática. A inoculação com *P. indica* proporcionou menores valores nas doses intermediárias. No entanto, a inoculação com FMA apresentou comportamento inverso, com maiores valores nas doses intermediárias. Para o parâmetro Fv/Fm, a inoculação com FMA apresentou comportamento quadrático, com menores valores próximo a dose de 3 mmol L⁻¹. A testemunha e inoculadas com *P. indica* apresentaram valores médios de 0,71 e 0,69 respectivamente (Figura 5A e 5B).

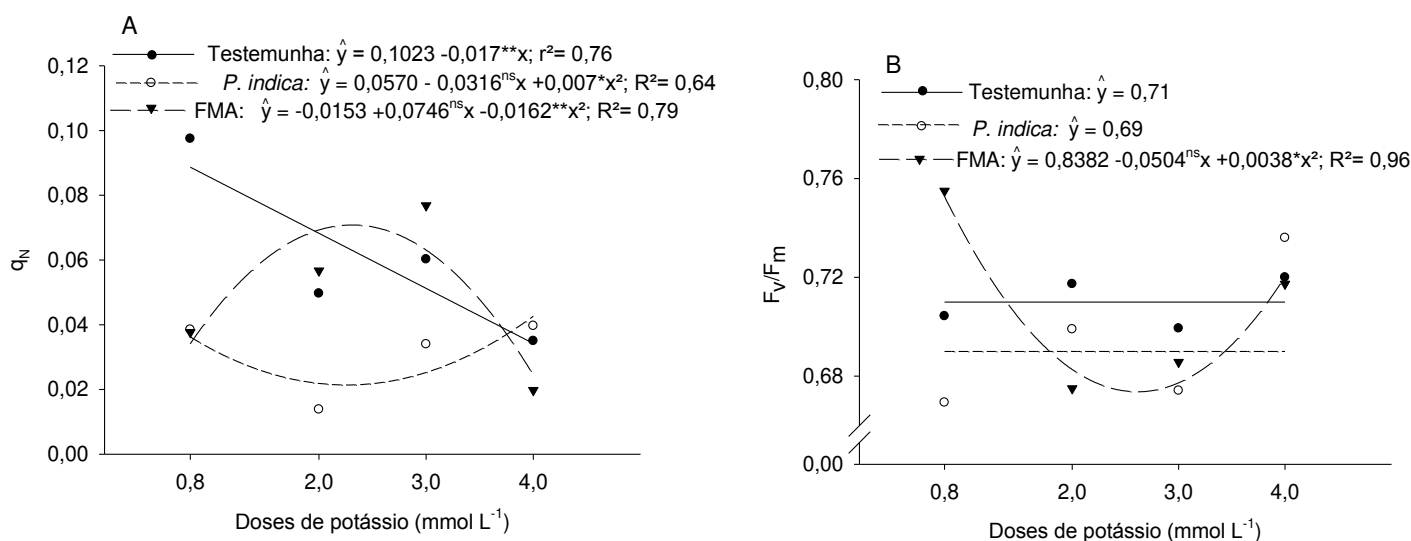


Figura 5 - (A): valores médios do quenching não-fotoquímico (q_N) e (B): rendimento quântico máximo fotossintético (Fv/Fm), aos 90 DAT, em função da inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento e doses de potássio, no cultivo hidropônico. **Significativo a 1%, *significativo a 5% e ^{ns} não significativo.

De maneira geral, tais resultados demonstram que na menor e maior dose de K, a inoculação favoreceu a redução da dissipação não fotoquímica na forma de calor ou fluorescência, resultando em aumentos no rendimento quântico máximo fotossintético. Entretanto, para plantas não inoculadas, observou-se diminuição da dissipação na forma de calor ou fluorescência com o aumento das doses, porém, esses resultados não interferiram no rendimento quântico máximo fotossintético dessas plantas.

As avaliações da fluorescência da clorofila a, juntamente com trocas gasosas, possibilitaram o entendimento da atividade fotossintética do minitomateiro nas condições impostas pela inoculação com os fungos promotores de crescimentos e variação das doses de K. As menores taxas fotossintéticas foram observadas nas plantas inoculadas quando estas foram submetidas a doses próximas a 3 mmol L^{-1} para a cultura, juntamente com o comprometimento dos fatores relacionados à atividade do FSII, a exemplo do aumento da dissipação de energia não fotoquímica, devido, provavelmente, a competição por nutrientes entre os simbioses.

Trabalhos tem relatado o efeito positivo da associação de fungos promotores de crescimento com várias espécies de plantas na fotossíntese. Chen et al. (2017) ao inocularem plantas de alcaçuz com FMA observaram aumento da absorção de K proporcionando suprimento suficiente deste nutriente para a função normal dos estômatos, melhorando, consequentemente, a fotossíntese das plantas. Estes autores também observaram que a inoculação aumentou em 13% a relação F_v/F_m o que resultou em um aumento de cerca de 35% na taxa de transporte de elétrons, presumindo que a inoculação reforçou a assimilação da energia, reduzindo sua dissipação. Fenômeno semelhante também foi relatado em feijão, pimenta, melancia, cebola, tomate e aspargo (BELTRANO et al., 2013; BAUM et al., 2015; ROZPADEK et al., 2016).

CONCLUSÃO

A inoculação das raízes do minitomateiro com fungos promotores de crescimento proporciona aumentos da fotossíntese líquida e da transpiração, os quais estão associados a acréscimos da condutância estomática, sob condições de estresse nutricional. Além disso, nessas mesmas condições, a inoculação reduz a dissipação não fotoquímica na forma de calor ou fluorescência, resultando em aumentos no rendimento quântico máximo fotossintético.

REFERÊNCIAS

ABH - Associação Brasileira de Horticultura. **Tomate Cereja** – Sabor e Rentabilidade no mesmo produto. Disponível em <http://www.abhorticultura.com.br/News/>. Acesso em: 10 de abr. de 2019.

ALSHROUF, A. Hydroponics, aeroponic and aquaponic as compared with conventional farming. **American Scientific Research Journal for Engineering, Technology and Sciences**, Amã, vol. 27, n. 1, p. 247-255, jan., 2017.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. 2. ed. Lavras: Universitária de Lavras, 2013. 457p.

AUGÉ, R. M., TOLER, H. D., SAXTON, A. M. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: a meta-analysis. **Mycorrhiza**, Corvallis, v. 25, n. 1, p. 13–24, jan. 2015. Doi: 10.1007/s00572-014-0585-4

BAUM C., EL-TOHAMY W., GRUDA N. Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: a review. **Scientia Horticulturae**, v.187, p.131–141, may. 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.002>.

BELTRANO J., RUSCITTI M., ARANGO M. C., RONCO M. Effects of arbuscular mycorrhiza inoculation on plant growth, biological and physiological parameters and mineral nutrition in pepper grown under different salinity and P levels. **Journal of Soil Science Plant Nutrition**, v.13, n.1, p.123–141, mar. 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162013005000012>.

BETTIOL W; ASTIARRAGA BD; LUIZ AJB. Effectiveness of cow's milk against zucchini squash powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in greenhouse conditions. **Crop Protection** v.18, n.8, p.489-492, sep. 1999. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(99\)00046-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(99)00046-0).

CALDERON, F. J., SCHULTZ, D. J., PAUL, E. Carbon Allocation, Belowground Transfers, and Lipid Turnover in a Plant-Microbial Association. **Soil Science Society of America Journal**, v. 76, n. 5, p. 1614–23, sep. 2012. DOI: 10.2136/sssaj2011.0440.

CHEN, M. L., YANG, G., SHENG, Y., LI, P. Y, QIU, H. Y, ZHOU, X. T., HUANG, L. Q., CHAO, Z. *Glomus mosseae* inoculation improves the root system architecture, photosynthetic efficiency and flavonoids accumulation of liquorice under nutrient stress. **Front Plant Science**, v.8, n.931, p. 1-10, jun. 2017. Doi: 10.3389/fpls.2017.00931

COSKUN, D., BRITO, D. T., KRONZUCKER, H.J. The nitrogen–potassium intersection: membranes, metabolism, and mechanism. **Plant, Cell and Environment**, v. 40, p. 2029-2041, oct. 2017. DOI: 10.1111/pce.12671.

DODD, I. C., PEREZ-ALFOCEA, F. Microbial amelioration of crop salinity stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 9, p. 3415-3428, may. 2012. Doi: 10.1093/jxb/ers033.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo

hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 564-570, dez. 2002. DOI: 10.1590/S0102-05362002000400011.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. 5 ed. Passo Fundo: 2011. 734p.

HANELT, D. Photosynthesis assessed by Chlorophyll fluorescence. *In*: HÄDER, D. and ERZINGER, G. S. **Bioassays, advanced methods and applications**. Elsevier. p. 169-198, 2018.

HUSSAIN, A., IQBAL, K., AZIEM, S., MAHATO, P., NEGI, A. K. A review on the science of growing crops without soil (soilless culture) – A novel alternative for growing crops, **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, vol. 7, p. 833-842, jan. 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em [http:// www.ibge.gov.br/](http://www.ibge.gov.br/). Acesso em: 27 mar. 2019.

KUMAR, M., MEENA, M. L., KUMAR, S., MAJI, S., KUMAR, D. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on the growth, yield and quality of tomato var. Azad T-6. **The Asian Journal of Horticulture**, Muzaffarnagar, v. 8, n. 2, p. 616-619, dec. 2013.

LAHRMANN, U., DING, Y., BANHARA, A., RATH, M., HAJIREZAEI, M. R., DÖHLEMANN, S., ZUCCARO, A. Host-related metabolic cues affect colonization strategies of a root endophyte. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 34, p. 13965-13970, aug. 2013. Doi: 10.1073/pnas.1301653110

MAIA, J. T. L. S., MARTINEZ, H. E. P., CLEMENTE, J. M., VENTRELLA, M. C., E DO CARMO MILAGRES, C. Growth, nutrient concentration, nutrient accumulation and visual symptoms of nutrient deficiencies in cherry tomato plants. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 585-598, mar/apr. 2019. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n2p585.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed London: Elsevier, 2012, 643p.

MARTINEZ, H. E. P., MAIA, J. T. L. S., DO CARMO MILAGRES, C., CLEMENTE, J. M., & CECON, P. R. Sindy cherry tomato: A low potassium (K) demanding, high-quality and highly productive cultivar. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 5, p. 785-791, may. 2019. DOI: 10.21475/ajcs.19.13.05.p1600.

ROUSSEAU, C., BELIN, E., BOVE, E., ROUSSEAU, D., FABRE, F., BERRUYER, R., BOUREAU, T. High throughput quantitative phenotyping of plant resistance using chlorophyll fluorescence image analysis. **Plant methods**, v. 9, n.1, p. 17, jun. 2013. Doi: 10.1186/1746-4811-9-17.

ROZPADEK, P., RAPALA-KOZIK, M., WEZOWICZ, K., GRANDIN, A., KARLSSON, S., WAZNY, R., ANIELSKA, T., TURNAU, K. Arbuscular mycorrhiza improves yield and nutritional properties of onion (*Allium cepa*). **Plant Physiol. Biochem.** v.107, p.264–272, oct. 2016. Doi: 10.1016/j.plaphy.2016.06.006.

SABIO, R. P; VENTURA, M. B e CAMPOLI, S. S. Mini e “baby” frutas e Hortaliças. **Revista Hortifruti Brasil**, Piracicaba, n.120, p. 1-13, jan/fev. 2013.

SÁNCHEZ-BEL, P., SANMARTÍN, N., PASTOR, V., MATEU, D., CEREZO, M., VIDAL-ALBALAT, A., FLORS, V. Mycorrhizal tomato plants fine tunes the growth-defence balance upon N depleted root environments. **Plant, cell & environment**, v. 41, n.2, p. 406-420, fev. 2018. Doi: <https://doi.org/10.1111/pce.13105>

SAVVAS, D. "Hydroponics: A modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse, **Journal of Food, Agriculture and Environment.**, vol. 1, n. 1, p. 80-86, jan. 2003.

SMITH, S. E., AND SMITH, F. A. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. **Mycologia**, Lawrence, v. 104, p. 1–13, jan. 2012. Doi: <https://doi.org/10.3852/11-229>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; Murphy, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

Influência da inoculação com fungos promotores de crescimento e doses de potássio na qualidade pós-colheita de minitomates cultivados no sistema hidropônico.

RESUMO

O minitomate é considerado uma hortaliça exótica, de agradável sabor, sendo bastante utilizado como aperitivo e no preparo de diversos pratos. E para garantir o alto desempenho agrônomico da cultura e a qualidade do produto, é muito cultivado no sistema hidropônico principalmente por meio de vasos preenchidos com substrato, irrigados por gotejamento. O tomateiro responde muito bem à fertilização, sendo o potássio (K) muito exigido pela cultura, sendo que sua insuficiência acarreta queda na produção e qualidade dos frutos. Uma alternativa para otimizar a absorção de nutrientes com menor custo financeiro e ambiental é associar fungos promotores de crescimento (FPC) com as raízes das plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da inoculação com FPC associada a doses crescentes de K na qualidade pós-colheita de frutos de minitomates cultivados no sistema hidropônico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na UFV, no período de julho a novembro de 2017. As plantas foram cultivadas em sistema hidropônico de gotejamento, em vasos com areia lavada e esterilizada. Foram conduzidas com duas hastes, deixando-se três cachos por haste. O experimento foi realizado em parcelas sub-subdivididas com três repetições, e delineado inteiramente ao acaso. Foram coletados frutos maduros e estes foram armazenados em embalagens PET e submetidos a um período de 30 dias em câmaras de armazenamento em duas temperaturas: 25°C e 11°C. As avaliações foram feitas em intervalos de 10 dias, totalizando-se assim 4 épocas de avaliação (0, 10, 20 e 30 dias). Foram coletados 5 frutos em cada época de avaliação para análise do teor de sólidos solúveis totais (TSS), acidez total titulável (ATT), teor de açúcares redutores (AR) e vitamina C. A inoculação do minitomateiro favoreceu, sob estresse nutricional, aumentos dos teores de SST, ATT, AR e vitamina C dos frutos no armazenamento, tanto a 25° como a 11°C. Portanto, conclui-se que a inoculação das plantas com FPC melhora a qualidade e conservação dos frutos durante o armazenamento, especialmente nas plantas cultivadas sob condições de estresse nutricional.

Palavras-chave: Armazenamento. Conservação. Solução Nutritiva. Simbiose. *Solanum lycopersicum* L.

ABSTRACT

The minitomato is considered an exotic vegetable, with a pleasant taste, being widely used as an aperitif and in the preparation of various dishes. And to ensure the crop's high agronomic performance and product quality, it is widely cultivated in the hydroponic system primarily through substrate-filled, drip irrigated pots. The tomato responds very well to fertilization, being the potassium (K) much demanded by the crop, and its insufficiency leads to drop in production and quality of fruits. An alternative to optimize nutrient absorption at lower financial and environmental cost is to associate growth promoting fungi (CPF) with plant roots. The objective of this work was to evaluate the effects of inoculation with CPF associated with increasing doses of K on the postharvest quality of fruits of minitomatoes grown in the hydroponic system. The experiment was conducted in a greenhouse at UFV, from July to October 2017. The plants were cultivated in hydroponic drip system, in pots with washed and sterilized sand. They were conducted with two stems, leaving three bunches per stalk. The experiment was carried out in split-plot scheme delineated at a random, with three replications. Ripe fruits were collected and stored in PET containers and submitted to a 30-day period in storage chambers at two temperatures: 25 ° C and 11 ° C. The evaluations were made at 10-day intervals, thus totaling 4 evaluation periods (0, 10, 20 and 30 days). Five fruits were collected in each evaluation period to analyze total soluble solids (TSS), total titratable acidity (TTA), reducing sugars (AR) and vitamin C. Inoculation of the mini-matte plant favored, under nutritional stress, increases SST, ATT, AR and vitamin C contents of fruits in storage at both 25° and 11°C. Therefore, it is concluded that inoculation of plants with CPF improves the quality and conservation of fruits during storage, especially in plants grown under conditions of nutritional stress.

Keywords: Storage. Conservation. Nutrient Solution. Symbiosis. *Solanum lycopersicum* L.

INTRODUÇÃO

O minitomate é considerado uma hortaliça exótica, de agradável sabor, sendo bastante utilizado como aperitivo e no preparo de diversos pratos (BECKLES, 2012).

Desde sua introdução no mercado na década de 1990, seu cultivo e consumo vêm aumentando e se difundindo em todo o país. E para garantir o alto desempenho agrônômico da cultura e a qualidade do produto, verifica-se gradual substituição do cultivo em solo para o cultivo sem solo, principalmente, quando a presença de patógenos no solo impossibilita o seu uso. O cultivo sem solo representa mais uma opção dentro das técnicas de produção agrícola, podendo se adequar perfeitamente às exigências da alta qualidade, alta produtividade, mínimo desperdício de água e nutrientes. Este tipo de cultivo vem crescendo substancialmente no Brasil e se apresenta como uma alternativa, proporcionando maior rendimento e qualidade da produção, bem como, economia de energia e a redução da ocorrência de doenças. Além disso, através deste sistema pode-se otimizar o uso da área, dispensando a rotação de culturas e o controle de plantas concorrentes (PEIL, 2012).

Entre os sistemas hidropônicos mais utilizados para a produção de minitomates encontram-se aqueles praticados principalmente por meio de vasos preenchidos com substratos (ALVARENGA, 2013). A irrigação é realizada normalmente por gotejamento e deve satisfazer as demandas nutricionais das plantas. Todavia, o manejo inadequado dessa técnica nos cultivos de minitomates, caracterizado pelo elevado nível de adubação comumente utilizado, têm sido uma das principais causas da salinização do substrato de cultivo e, conseqüentemente, tem contribuído para a redução da produtividade (ELOI et al., 2007). Além disso, o uso excessivo de fertilizantes químicos pode causar toxicidade nas plantas, perda de nutrientes e possibilidade de contaminação do ambiente por meio da drenagem da solução nutritiva (KAWAKAMI et al., 2006).

O fornecimento de adubos às culturas além de afetar a produção tem efeito também na qualidade do fruto colhido. O tomateiro responde muito bem à fertilização, sendo o potássio (K) o segundo elemento mais requerido pela cultura, vindo logo após o nitrogênio (RAMYABHARATHI et al., 2014). O K é essencial por ser um dos principais ativadores enzimáticos, atuar na translocação de fotoassimilados, regular a pressão osmótica celular e controlar a abertura e fechamento dos estômatos. O controle da abertura/fechamento dos estômatos, além de ser importante na regulação da taxa de transpiração das plantas também é importante na taxa de fotossíntese, pois em plantas deficientes em K, a abertura dos estômatos

não ocorre regularmente, diminuindo a entrada de CO₂. Assim, a aplicação de K pode aumentar a assimilação de CO₂ pelas folhas (MARSCHNER, 2012; TAIZ & ZEIGER, 2017).

As influências do K nos processos bioquímicos descritos resultam em relevantes efeitos sobre a qualidade pós-colheita dos frutos. Por isso, o K é o nutriente descrito na literatura como o “elemento da qualidade”, pois afeta atributos como cor, tamanho, acidez, resistência ao transporte, manuseio, armazenamento, valor nutritivo e qualidades industriais (ASADUZZAMAN; ASAO, 2018).

Assim, é necessária a busca por métodos de produção e manejo que aumentem o rendimento e também a qualidade dos frutos para satisfazer os consumidores, evitando efeitos deletérios sobre o meio ambiente. Entre as práticas adequadas para o manejo sustentável da produção agrícola, está a associação de fungos promotores de crescimento com as raízes das plantas, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e o fungo endofítico *Piriformospora indica*.

Os FMAs são biotróficos obrigatórios e estão presentes em quase todos os ambientes agrícolas e naturais. O *P. indica*, é um fungo de raiz semelhante à micorriza, porém este fungo pode ser cultivado em meio de cultura sintético. Esses fungos são capazes de aumentar a absorção de nutrientes pelas plantas por meio da rede extracelular de hifas (SMITH et al., 2012; VARMA et al., 2012), aumentar a tolerância à seca e ao estresse salino (AUGÉ, 2001; VARMA et al., 2012), a resistência aos efeitos de metais pesados (VARMA et al., 2012) e a eficiência fotossintética (ACHATZ et al., 2010; BOLDT et al., 2011; YADAV et al., 2013)

As plantas de tomate são altamente micorrizadas (GIOVANNETTI et al. 2012) e os efeitos da associação além de promover melhoria no desempenho do tomateiro, podem também favorecer a qualidade dos frutos. Em estudos realizados por Wang et al. (2015), estes autores verificaram que o tomateiro colonizado por *P. indica* apresentou maior relação entre teor de sólidos solúveis e acidez total titulável e aumento da firmeza nas cultivares estudadas. Resultados semelhantes foram observados por Hart et al. (2015), onde plantas de tomates inoculadas com FMA produziram frutos com melhor qualidade, apresentando maior concentração de minerais, antioxidantes, carotenóides, vitaminas e compostos aromatizantes (açúcares, acidez titulável e compostos voláteis).

O tomate é um produto altamente perecível após a colheita dada a fragilidade dos seus tecidos e pela manutenção de sua atividade metabólica, demandando inúmeros esforços na sua conservação (FERRAZ et al., 2012), como, por exemplo, controle da temperatura e

umidade realtiva do ar e utilização de embalagens adequadas durante o período de armazenamento.

A refrigeração dos frutos quando bem implantada é uma das alternativas que podem auxiliar no retardamento e envelhecimento do fruto, garantindo a sua conservação até chegar ao consumidor (RINALDI et. al, 2011).

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e *P. indica* associada a doses crescentes de potássio (K), na qualidade pós-colheita de frutos de minitomates cultivados no sistema hidropônico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil (latitude 20° 45' 14" S, longitude 42° 52' 55" W e altitude de 648 metros). O experimento foi conduzido de junho a outubro de 2017. A casa de vegetação utilizada é não-climatizada, revestida de vidro transparente, de fechamento lateral com tela antiafídica e pé direito de 2,4 metros.

Os tratamentos consistiram da inoculação de sementes de minitomateiro grape com uma mistura de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (*Rhizophagus clarus*, *Claroideoglossum etunicatum* e *Gigaspora albida*), apenas com esporos do fungo *Piriformospora indica* e sem inoculação fúngica, em combinação com quatro doses de K (0,8; 2; 3 e 4 mmol L⁻¹) na fase reprodutiva das plantas.

O experimento foi conduzido seguindo um esquema de parcela sub - subdividida, tendo nas parcelas as doses de K, nas subparcelas as plantas inoculadas e não inoculadas e nas sub - subparcelas os tempos de avaliação, no delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

As mudas foram produzidas a partir de sementes de tomate híbrido "Mascot" fornecido pela empresa Agristar. Utilizou-se bandejas de isopor de 128 células de propagação contendo substrato a base de fibra de coco. Para 1/3 das mudas produzidas, o substrato foi inoculado com a mistura de FMAs, para isto, utilizou-se cachimbo de 20 mL contendo esporos dos fungos. Para a inoculação do outro 1/3 das mudas utilizou-se um disco contendo esporos do fungo *Piriformospora indica*. O restante das mudas (1/3) não recebeu inoculação. As bandejas de propagação foram irrigadas com água até a germinação das sementes e logo após com solução nutritiva da fase vegetativa, diluída a 50%.

Quando apresentaram duas folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos de 8 L de capacidade contendo areia lavada e esterilizada.

As plantas foram conduzidas em espaçamento de 0,5 m x 1,0 m entre plantas e entre linhas respectivamente, com duas hastes, tutoradas por meio de fitilhos plásticos amarrados perpendicularmente à bancada. A poda apical foi realizada acima da terceira folha do terceiro cacho floral de cada haste, no período de surgimento dos primeiros frutos maduros. Foram realizadas desbrotas constantes para eliminação de brotos laterais.

Devido a ocorrência de oídio (*Oidium sp*) foram realizadas pulverizações nas folhas com leite de vaca cru a 10% (v/v) (BETTIOL, ASTIARRAGA e LUIZ, 1999) com pulverizador manual de jato fino, de 1 L de capacidade. Para o controle de traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) e mosca-branca (*Bemisia tabaci*) foram feitas três aplicações com Abamectin® (Abamectina 15 mL para 20 L), sendo uma aplicação na fase vegetativa e duas na fase reprodutiva, usando pulverizador costal de 20 L. As aplicações foram realizadas no período da tarde.

A solução nutritiva foi bombeada de reservatórios de 180 L de capacidade por meio de um conjunto moto-bomba de 0,25 CV, que alimentou as linhas de irrigação. O acionamento das bombas ocorreu diariamente às 00h00min a.m., 6h a.m., 9h a.m., 11h a.m., 12h p.m., 2h p.m., 3h p.m., e 6h p.m. controlado por um temporizador.

O fornecimento da solução nutritiva para as plantas foi feito pelo método de gotejamento, com um emissor por planta, sendo que para o manejo da irrigação foi realizado um teste preliminar para se determinar o máximo volume de água a ser adicionado à areia para que não houvesse percolação de mais que 10% do volume aplicado. A vazão foi de 100 e 200 mL por minuto para as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente. A solução nutritiva drenada dos vasos foi recolhida em reservatórios de 60 L para o posterior descarte.

As soluções de crescimento vegetativo continham: 8; 2; 4; 2; 1; e 1 mmol L⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, S e 35; 19; 21; 4; 0,9; e 0,7 µmol L⁻¹ de Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, respectivamente. Essa solução foi utilizada a 40% da força iônica. No florescimento, utilizou-se a solução nutritiva de frutificação contendo: 12; 3; 3; 1,5; 1,5 mmol L⁻¹ de N, P, Ca, Mg, S e 59; 20; 25; 4; 1,3 e 0,7 µmol L⁻¹ de Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo, respectivamente, mais as doses de K de 2, 5, 7,5 ou 10 mmol L⁻¹. Também neste caso a solução foi ministrada a 40% da força iônica. Tais formulações foram baseadas no trabalho realizado por Fernandes et al. (2002).

Os frutos foram colhidos semanalmente, a partir de 90 DAT, coletando-se apenas frutos maduros. Para a avaliação da qualidade pós-colheita, foram amostrados frutos

comerciais maduros do terceiro e quarto cacho floral. Os frutos foram armazenados em embalagens PET e submetidos a um período de 30 dias em câmaras com temperatura controlada de armazenamento em duas temperaturas: 25°C e 11°C. As avaliações foram feitas em intervalos de 10 dias, totalizando-se assim 4 épocas de avaliação (0, 10, 20 e 30 dias).

Foram coletados 5 frutos em cada época de avaliação para análise do teor de sólidos solúveis totais (TSS), acidez total titulável (ATT), teor de açúcares redutores (AR) e vitamina C. As avaliações foram feitas no Laboratório de Recursos Genéticos e Laboratório de Pós-Colheita da UFV.

O TSS foi determinado por meio da leitura direta em refratômetro digital da marca Hanna Instruments, modelo HI 96801, utilizando-se a polpa do fruto sem diluição e os valores foram expressos em °Brix.

A ATT foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa, dosada por titulação de 5 g de polpa homogeneizada e diluída em 100 mL de água destilada, com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,1 M até a amostra alcançar pH 8,1.

A extração do AR foi baseada na metodologia de McCready et al. (1950). Na quantificação foi utilizado o método de ácido dinitrossalicílico (GONÇALVES et al., 2010) usando frutose 0,2% como solução padrão. A leitura foi feita em espectrofotômetro Genesys 10S UV-VIS em 540 nm e os resultados foram expressos em porcentagem de massa fresca.

O teor de vitamina C foi determinado por titulometria de neutralização com solução de Tillman (2,6 diclorofenolindofenol - DFI), conforme metodologia modificada de Strohecker e Henning (1967). Utilizaram-se 5 gramas de polpa, diluída em ácido oxálico 0,5% e transferida para proveta de 100 mL. Posteriormente, 5 mL foram transferidos para erlenmeyer de 50 mL, procedendo a titulação com a solução de Tillman até se observar a mudança de coloração. O reagente é reduzido de azul a incolor e em meio ácido torna-se róseo. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 mL da amostra.

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão no Sistema para Análises Estatísticas (SAEG). Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo utilizou-se a análise de regressão e os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, no coeficiente de determinação (R^2 , SQ Regressão/SQ Tratamento) e nos comportamentos biológicos. Independentemente da interação de maior grau ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento da mesma devido ao interesse em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O TSS (°Brix) foi influenciado pela inoculação e doses de K tanto no armazenamento a 25°C como a 11°C. Comparativamente à testemunha, após 10 dias de armazenamento a 25 °C, os frutos obtidos das plantas inoculadas com *P. indica* apresentaram maiores valores de °Brix, na dose de 0,8 mmol L⁻¹ de K. Na dose de 3 mmol L⁻¹, após 20 dias de armazenamento, os maiores valores foram observados nos frutos obtidos das plantas inoculadas com FMA. Após 10 dias, no armazenamento a 11 °C, os frutos obtidos das plantas inoculadas apresentaram os maiores valores de °Brix, na menor dose de K estudada (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores médios do teor de sólidos solúveis (°Brix) de minitomates armazenados a 25 e 11 °C e cultivados em hidroponia sob doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento

25°C								
Tratamento de inoculação	0 dias				10 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	6,8 a	7,54 a	7,6 a	8,91 a	6,11 b	7,31 a	7,06 a	8,0 a
<i>P. indica</i>	7,15 a	7,48 a	7,82 a	8,52 a	6,95 a	7,06 a	7,18 a	7,38 a
FMA	7,22 a	7,48 a	7,97 a	8,11 a	6,61 ab	6,98 a	7,41 a	7,63 a
20 dias								
Tratamento de inoculação	20 dias				30 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	5,08 a	5,78 a	5,6 b	6,65 a	5,75 a	5,43 a	5,9 a	6,93 a
<i>P. indica</i>	5,70 a	5,8 a	5,98 ab	6,35 a	5,71 a	5,90 a	6,51 a	6,85 a
FMA	5,80 a	6,05 a	6,23 a	6,43 a	5,86 a	6,01 a	6,61 a	6,60 a
CV (a)					11,94			
CV (b)					11,12			
CV (c)					6,38			
11°C								
Tratamento de inoculação	0 dias				10 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	6,66 a	6,45 a	7,25 a	8,97 a	5,57 b	7,43 a	7,23 a	7,98 a
<i>P. indica</i>	6,60 a	7,18 a	7,75 a	8,55 a	6,46 a	7,03 a	7,01 a	8,50 a
FMA	6,80 a	6,95 a	8,0 a	8,06 a	7,0 a	6,88 a	7,48 a	8,77 a

Tratamento de inoculação	20 dias				30 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)							
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	6,66 a	6,42 a	7,25 a	8,58 a	6,66 a	6,42 a	7,25 a	8,97 a
<i>P. indica</i>	6,60 a	7,18 a	7,75 a	8,55 a	6,60 a	7,18 a	7,75 a	8,55 a
FMA	6,80 a	6,95 a	8,0 a	8,06 a	6,80 a	6,95 a	8,0 a	8,06 a
CV (a)				14,11				
CV (b)				11,64				
CV (c)				4,68				

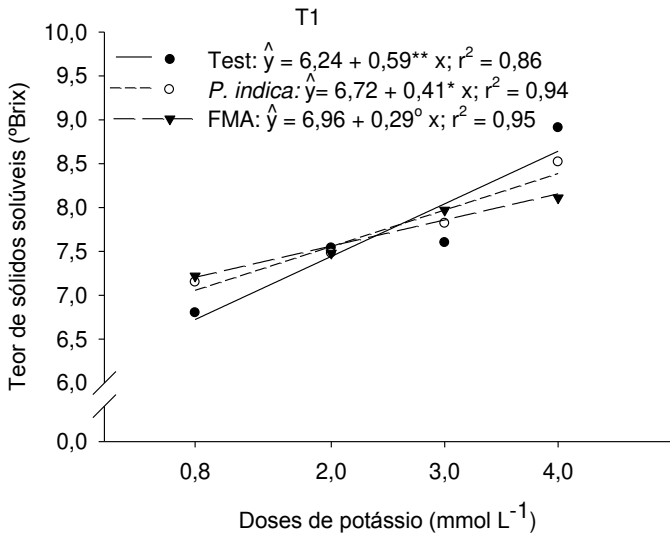
Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV (a): coeficiente de variação da parcela, CV (b): coeficiente de variação da subparcela, CV (c): coeficiente de variação da sub – subparcela.

Pelos resultados apresentados, evidencia-se efeito significativo da inoculação nos valores de °Brix de minitomates no armazenamento.

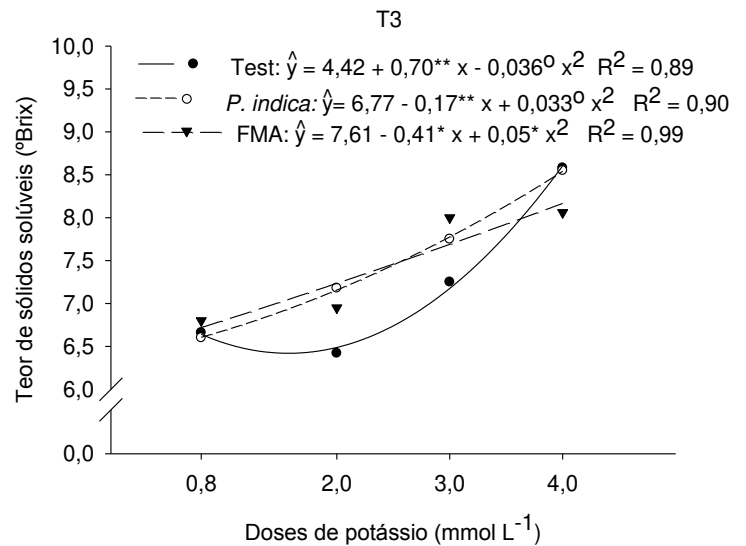
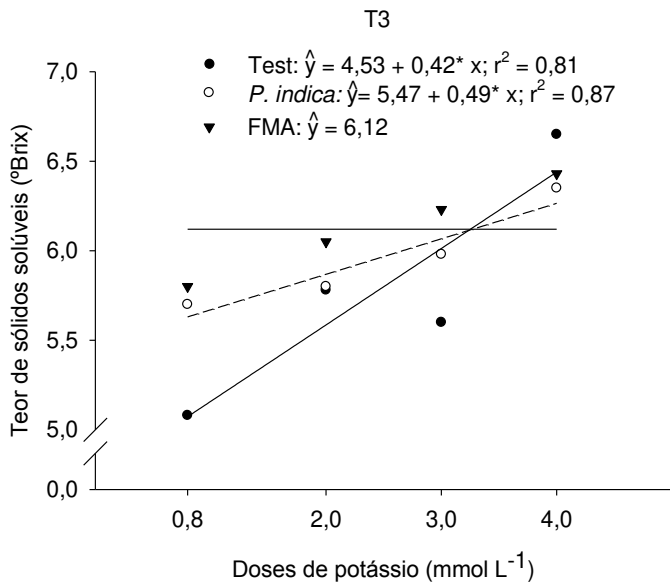
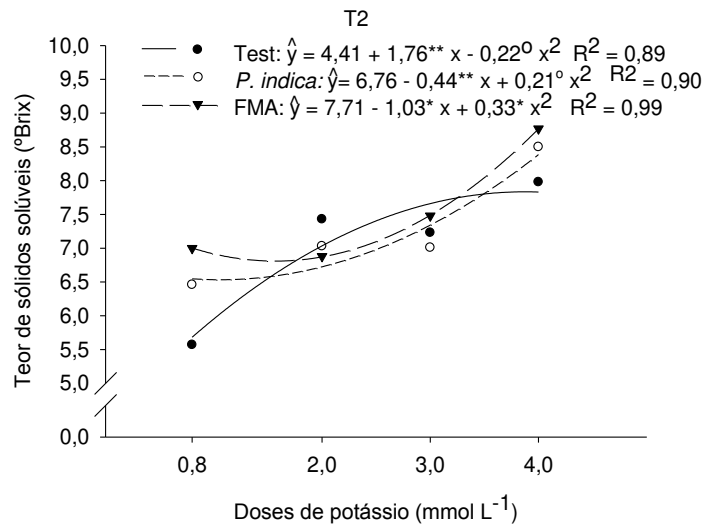
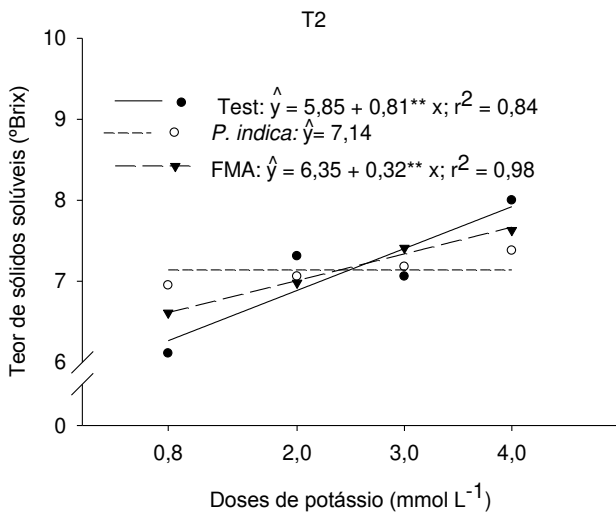
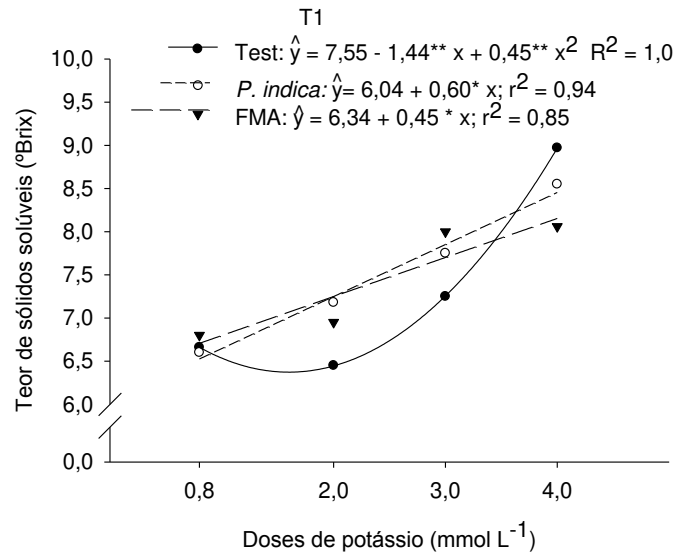
Como não houve diferença entre os frutos obtidos das plantas inoculadas e não inoculadas antes do armazenamento, o aumento dos valores de °Brix pode ter ocorrido pela desidratação dos frutos e concentração dos açúcares. Além disso, pode ter ocorrido também, uma maior conversão de ácidos orgânicos ou quebra do amido em intermediários da via glicolítica como as trioses fosfato em hexoses fosfato (BRACKMANN et al.; 2008, CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tanto frutos de plantas inoculadas como não inoculadas aumentaram os valores de °Brix com aumento das doses de K nos períodos de armazenamento avaliados a 25 °C e 11 °C, Apenas após 10 e 20 dias de armazenamento a 25°C, frutos obtidos da inoculação com *P. indica* e FMA, respectivamente, não variaram os valores de °Brix com aumento das doses de K, apresentando valores médios de 7,14 para *P. indica* e 6,12 para FMA.

A



B



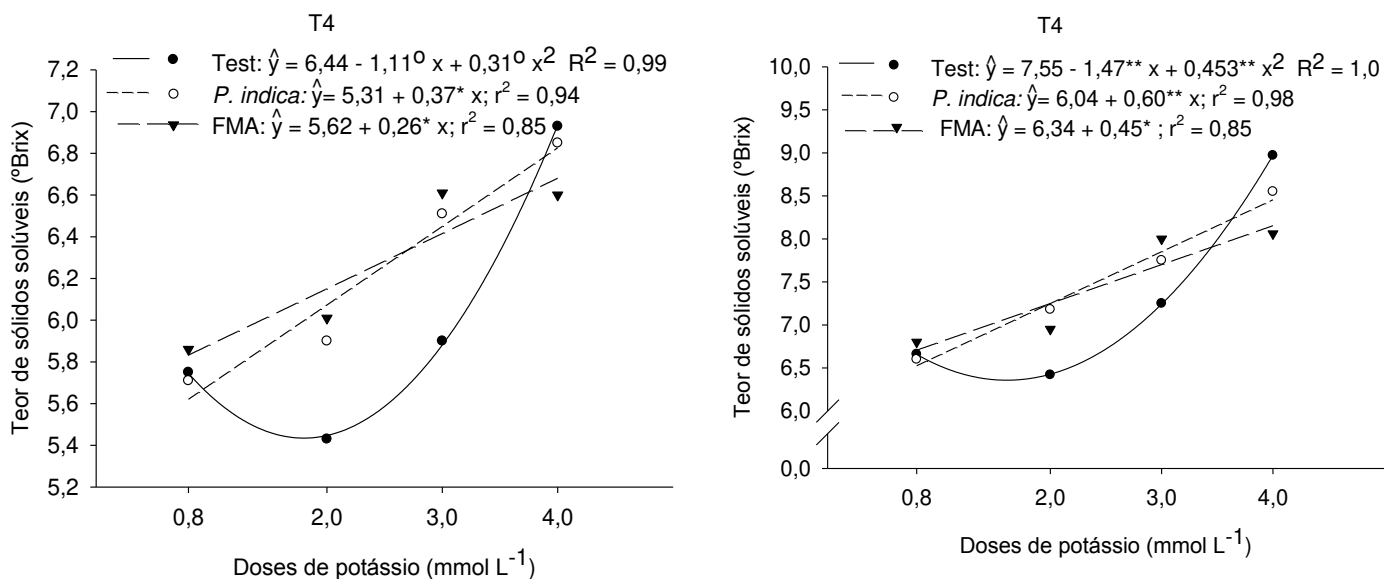


Figura 1 - Teor de sólidos solúveis (°Brix) de minitomates armazenados a 25 °C (A) e 11 °C (B), cultivados em hidroponia sob doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento. T1 = 0 dias de armazenamento, T2 = 10 dias de armazenamento, T3 = 20 dias de armazenamento e T4= 30 dias de armazenamento. ** Significativo a 1%, * Significativo a 5% e ° Significativo a 10%.

Os valores de °Brix variaram de 7,71 a 6,0; 7,74 a 6,24 e 7,69 a 6,27 ao longo do armazenamento a 25 °C para testemunha, *P. indica* e FMA, respectivamente. Porém, no armazenamento a 11 °C os valores de Brix apresentaram baixa variação dos valores, apresentando valores médios de 7,33, 7,52 e 7,45 para testemunha, *P. indica* e FMA, respectivamente. Isto indica que o armazenamento refrigerado, independentemente dos outros fatores, foi mais eficiente em manter o TSS dos frutos em comparação com os frutos armazenados a temperatura ambiente.

O aumento do TSS dos frutos, em função das doses de K deve-se ao papel importante que esse nutriente desempenha na translocação de fotoassimilados e na ativação de diversas enzimas. A influência positiva do aumento da dose de K no TSS foi evidenciado em estudos com tomates (LIU et al., 2011, OZORES-HAMPTON et al., 2012, SONNTAG et al., 2019).

O TSS são sólidos dissolvidos que, em frutos de tomate, consistem em aproximadamente 65% de açúcar, 13% de ácidos e um resíduo de fenóis, aminoácidos, pectina solúvel, ácido ascórbico e nutrientes minerais. O TSS, expresso em °Brix, é uma medida indireta do teor de açúcar nos frutos e seus valores estão relacionados positivamente com a aceitação do consumidor (BECKLES et al., 2012).

Observa-se também que o efeito da inoculação nos valores de °Brix foi mais evidente nos períodos finais do armazenamento, onde esses frutos apresentaram maiores valores quando comparados com a testemunha. Além disso, pode-se observar, em ambas temperaturas de armazenamento, que houve declínio acentuado do °Brix dos frutos da testemunha na faixa de concentração deficiente em K (0,8 e 2 mmol L⁻¹). Isso provavelmente resultou do fato de que nessa faixa de deficiência ocorreu baixo acúmulo de potássio nos frutos e com o aumento da dose de K houve maior concentração desse nutriente e conseqüentemente maior produtividade de frutos (resultados apresentados no artigo 1). No entanto, esses frutos com menor concentração de K reduziram a qualidade de modo acentuado com o tempo de armazenamento, o que não foi observado nos frutos das plantas inoculadas.

Os benefícios da associação simbiótica no rendimento e qualidade de frutos de tomate foram relatados por outros autores. Copetta et al. (2011) observaram que o uso da inoculação juntamente com adubação verde pode melhorar a qualidade dos frutos, afetando a composição bioquímica e a proporção relativa de vários compostos.

Em trabalho realizado por Hart et al. (2015) estudando o efeito da inoculação com FMA e épocas de colheita no rendimento e qualidade de frutos de tomate os autores observaram aumentos significativos do rendimento ao longo do tempo nas plantas inoculadas. A qualidade dos frutos foi favorecida pela inoculação. Frutos de plantas inoculadas apresentaram maior teor de minerais, antioxidantes, carotenoides, e compostos aromatizantes (açúcares, ácidos tituláveis, compostos voláteis).

Com relação a acidez total titulável (ATT), após 20 dias de armazenamento a 25°, houve diferença significativa dos tratamentos na maior dose estudada, onde os frutos obtidos da inoculação com *P. indica* apresentaram maiores valores para a ATT, porém não diferiu da testemunha (Tabela 2).

Antes do armazenamento a 11°C os frutos obtidos da inoculação com *P. indica* apresentaram maiores valores para a ATT. Após 20 dias de armazenamento, frutos testemunha apresentaram maiores valores na dose 2 mmol L⁻¹, porém, nesse mesmo período, foram observados maiores valores, nas maiores doses estudadas, nos frutos obtidos da inoculação. Porém no final do armazenamento, os maiores valores foram observados nos frutos obtidos da inoculação na dose 3 mmol L⁻¹.

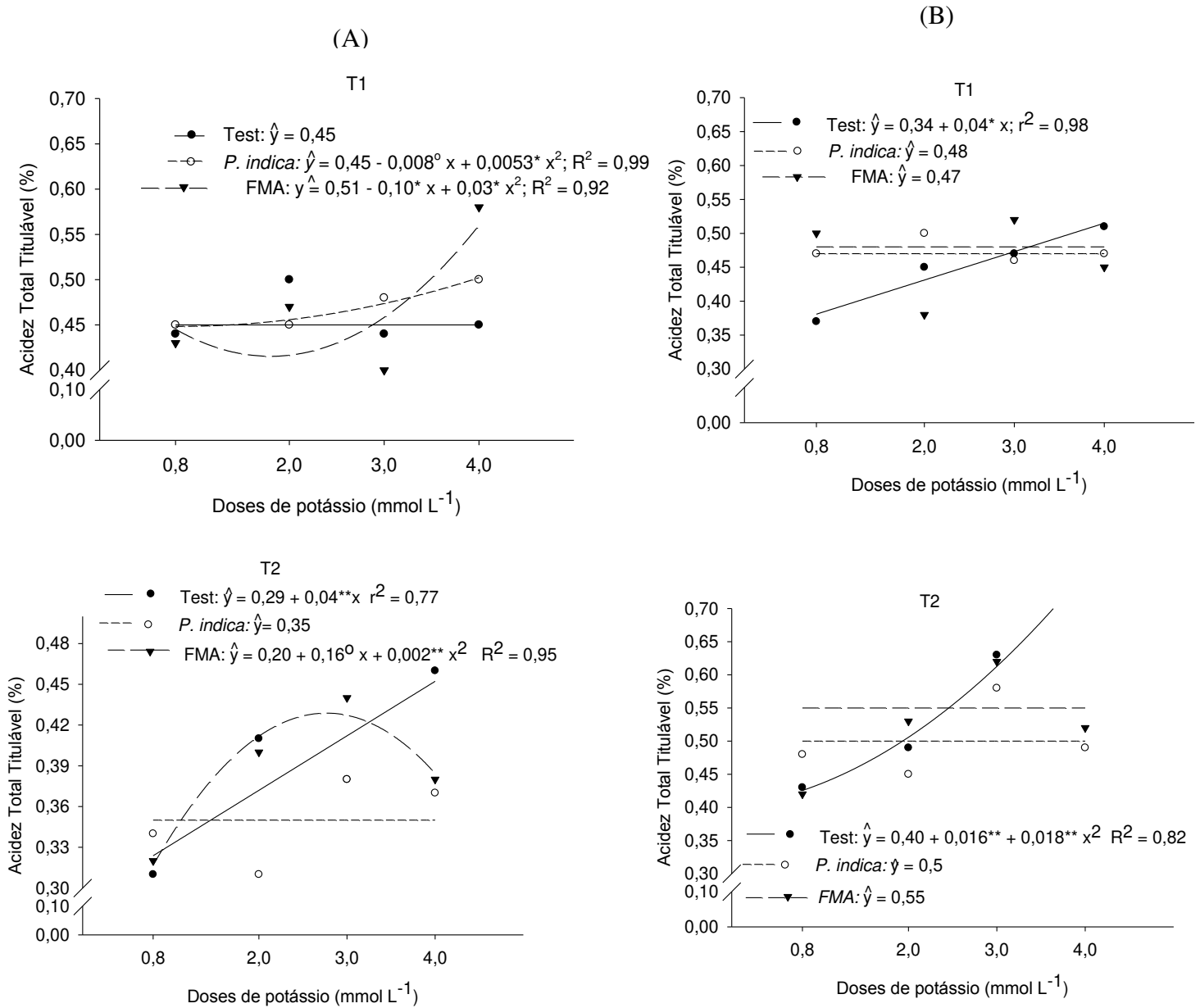
Tabela 2 - Valores médios da acidez total titulável de minitomates armazenados a 25 e 11 °C e cultivados em hidroponia sob doses de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento

25°C								
Tratamento de inoculação	0 dias				10 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	0,44 a	0,50 a	0,44 a	0,45 a	0,31 a	0,41 a	0,38 a	0,46 a
<i>P. indica</i>	0,45 a	0,45 a	0,48 a	0,50 a	0,34 a	0,31 a	0,38 a	0,37 a
FMA	0,43 a	0,47 a	0,40 a	0,58 a	0,32 a	0,40 a	0,44 a	0,38 a
20 dias								
Tratamento de inoculação	20 dias				30 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	0,35 a	0,37 a	0,35 a	0,42 ab	0,29 a	0,30 a	0,32 a	0,40 a
<i>P. indica</i>	0,38 a	0,37 a	0,38 a	0,49 a	0,35 a	0,42 a	0,34 a	0,44 a
FMA	0,40 a	0,33 a	0,44 a	0,35 b	0,33 b	0,31 a	0,31 a	0,35 a
CV (a)					9,11			
CV (b)					13,02			
CV (c)					13,94			
11°C								
Tratamento de inoculação	0 dias				10 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	0,37 a	0,45 ab	0,47 a	0,51 a	0,43 a	0,49 a	0,63 a	0,75 a
<i>P. indica</i>	0,47 a	0,50 a	0,46 a	0,47 a	0,48 a	0,45 a	0,58 a	0,49 a
FMA	0,50 a	0,38 b	0,52 a	0,45 a	0,42 a	0,53 a	0,62 a	0,52 a
20 dias								
Tratamento de inoculação	20 dias				30 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	0,48 a	0,52 a	0,62 b	0,60 b	0,32 a	0,45 a	0,34 b	0,45 a
<i>P. indica</i>	0,47 a	0,49 ab	0,53 c	0,83 a	0,29 a	0,49 a	0,48 a	0,44 a
FMA	0,49 a	0,48 b	0,73 a	0,52 b	0,36 a	0,41 a	0,39 ab	0,42 a
CV (a)					17,45			
CV (b)					21,96			
CV (c)					11,03			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV (a): coeficiente de variação da parcela, CV (b): coeficiente de variação da subparcela, CV (c): coeficiente de variação da sub – subparcela.

No armazenamento a 25°C os frutos da testemunha aumentaram a ATT com aumento das doses de K, em todos os períodos de armazenamento, apresentando comportamento linear após 10 e 20 dias e quadrático após 30 dias. Plantas inoculadas com *P. indica* aumentaram de forma quadrática a ATT com aumento das doses de K, nos períodos antes e após 20 dias de armazenamento. Em relação aos frutos obtidos de plantas inoculadas com FMA ocorreu aumento quadrático à medida que aumentaram as doses de K. Após 10 e

30 dias de armazenamento, esses mesmos frutos responderam de forma quadrática com o aumento da dose de K, no qual, após 10 dias os maiores valores foram observados nas doses intermediárias, porém, após 30 dias, nessas mesmas doses, observou-se menores valores da ATT (Figura 2A). No armazenamento a 11°C os frutos obtidos das plantas inoculadas com *P. indica* aumentaram de forma quadrática a ATT com aumento das doses de K, após 20 e 30 dias de armazenamento, sendo que no período final houve aumento até próximo a dose de 3 mmol L⁻¹, decrescendo na maior dose. Nos frutos obtidos de plantas inoculadas com FMA a ATT não respondeu ao aumento das doses de K, apresentando valores médios de 0,47; 0,55, 0,55 e 0,39 com 0, 10, 20 e 30 dias de armazenamento. Nos frutos da testemunha houve aumento em todos os períodos de avaliação (Figura 2B).



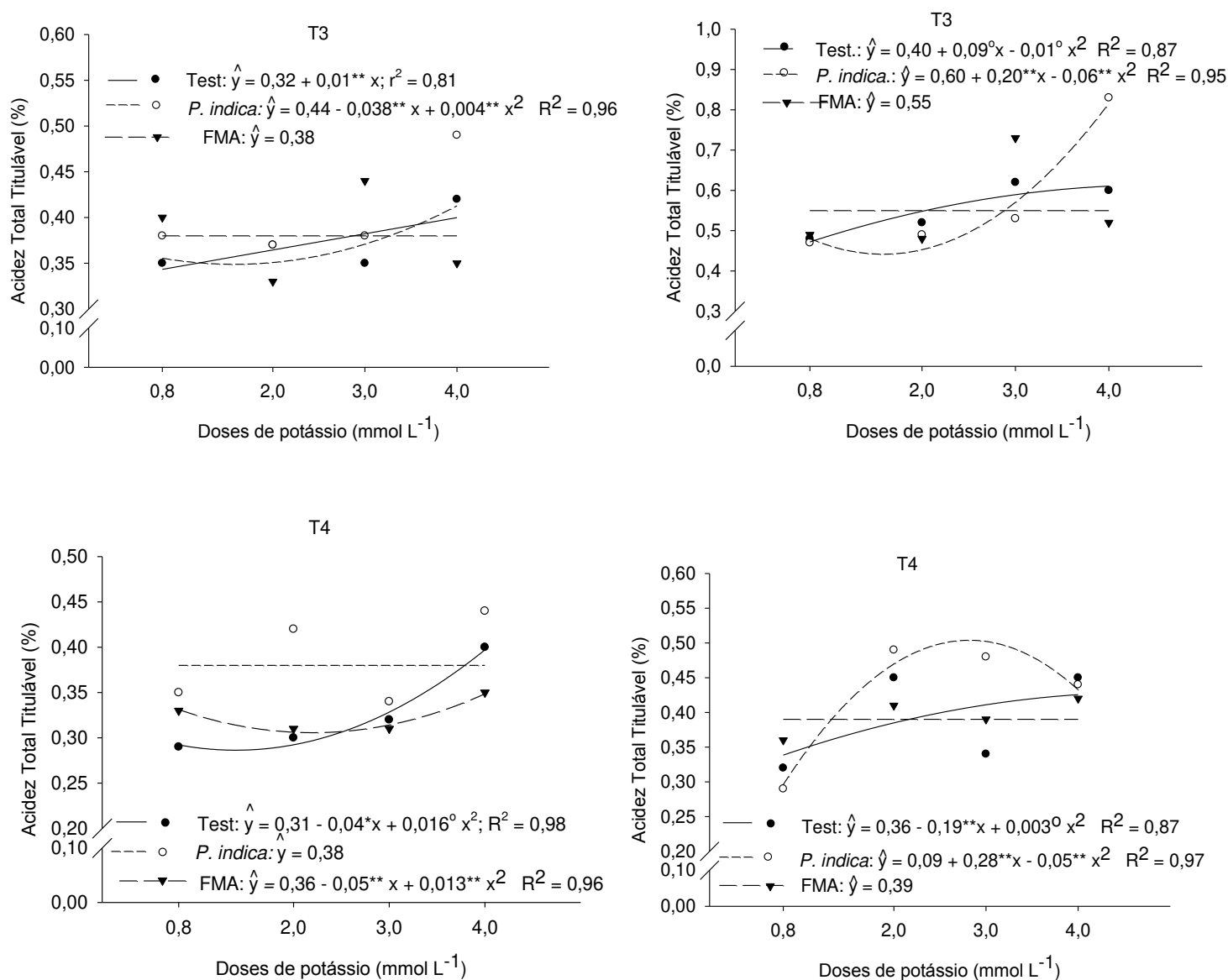


Figura 2 - Acidez Total Titulável (%) de minitomates armazenados a 25 °C (A) e 11 °C (B), cultivados em hidroponia sob doses de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento. T1 = 0 dias de armazenamento, T2 = 10 dias de armazenamento, T3 = 20 dias de armazenamento e T4= 30 dias de armazenamento. ** Significativo a 1%, * Significativo a 5%, e ° Significativo a 10%.

No armazenamento a 11°C os frutos obtidos das plantas inoculadas com *P. indica* aumentaram de forma quadrática a ATT com aumento das doses de K, após 20 e 30 dias de armazenamento, sendo que no período final houve aumento até próximo a dose de 3 mmol L⁻¹, decrescendo na maior dose. Nos frutos obtidos de plantas inoculadas com FMA a ATT não respondeu ao aumento das doses de K, apresentando valores médios de 0,47; 0,55; 0,55 e 0,39 com 0, 10, 20 e 30 dias de armazenamento. Nos frutos da testemunha houve aumento em todos os períodos de avaliação (Figura 2B). Nos frutos geralmente ocorre redução dos ácidos

com o tempo de armazenamento, em decorrência do seu consumo para as reações próprias da maturação e senescência. No presente estudo, os frutos obtidos das plantas inoculadas sofreram pouca interferência das doses nos períodos de armazenamento tanto a 25 °C como a 11 °C.

No armazenamento a 25 °C houve diferença significativa para o teor de açúcar redutor nos períodos de 10 e 20 dias de armazenamento. Nestes períodos, na menor dose estudada, o teor de açúcar redutor foi maior nos frutos das plantas inoculadas. Porém, nas doses de 5 e 10 mmol L⁻¹, após 20 dias de armazenamento, os maiores valores foram observados nos frutos das plantas inoculadas com FMA (Tabela 3)

Tabela 3 - Valores médios do teor de açúcares redutores de minitomates armazenados a 25 e 11 °C e cultivados em hidroponia sob doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento

25°C								
Tratamento de inoculação	0 dias				10 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	3,92 a	3,59 a	2,88 a	4,82 a	2,64 b	3,38 a	3,74 a	3,97 a
<i>P. indica</i>	4,67 a	3,78 a	3,24 a	4,22 a	2,93 b	3,77 a	3,49 a	3,69 a
FMA	3,98 a	4,27 a	2,65 a	4,12 a	5,21 a	3,49 a	3,96 a	4,43 a
Tratamento de inoculação	20 dias				30 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	2,43 b	2,86 b	3,60 a	6,90 b	2,09a	3,36 a	2,73 a	3,55 a
<i>P. indica</i>	3,53 a	2,58 b	4,17 a	2,28 b	2,49 a	3,71 a	2,14 a	2,44 a
FMA	3,24 ab	3,66 a	3,54 a	6,9 a	2,31 a	3,32 a	2,24 a	3,02 a
CV (a)					24,67			
CV (b)					49,61			
CV (c)					0,00			
11°C								
Tratamento de inoculação	0 dias				10 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	2,30 a	4,15 a	4,67 a	2,26 b	4,33 a	3,09 a	1,76 a	2,02 b
<i>P. indica</i>	2,41 a	3,55 a	3,46 ab	4,95 a	2,19 b	2,22 a	2,51 a	2,61 a
FMA	2,90 a	2,79 a	2,62 b	3,12 ab	2,60 b	3,61 a	3,31 a	1,39 c

Tratamento de inoculação	20 dias				30 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	2,58 a	2,94 a	3,34 a	1,73 b	4,14 a	2,95 a	2,32 a	2,26 ab
<i>P. indica</i>	2,60 a	2,81 a	3,81 a	1,59 b	4,13 a	2,29 a	3,12 a	1,88 b
FMA	1,80 a	1,52 a	3,35 a	2,98 a	3,16 b	3,16 a	2,35 a	3,55 a
CV (a)					28,52			
CV (b)					39,37			
CV (c)					19,34			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV (a): coeficiente de variação da parcela, CV (b): coeficiente de variação da subparcela, CV (c): coeficiente de variação da sub – subparcela.

Antes do armazenamento refrigerado, os frutos de minitomates obtidos das plantas não inoculadas apresentaram maior teor de açúcar redutor na dose ótima. Porém, na maior dose estudada os maiores valores foram observados nas plantas inoculadas. Após 10 dias de armazenamento os maiores valores foram observados nos frutos da testemunha e inoculadas com *P. indica* nas doses de 0,8 e 4 mmol L⁻¹, respectivamente. Após 20 dias os frutos das plantas inoculadas com FMA apresentaram os maiores valores na maior dose estudada. Aos 30 dias de armazenamento os frutos obtidos da testemunha e inoculados com *P. indica* apresentaram maior teor de açúcar redutor na menor dose estudada. Porém, na maior dose, os frutos das plantas inoculadas com FMA apresentaram os maiores valores (Tabela 3).

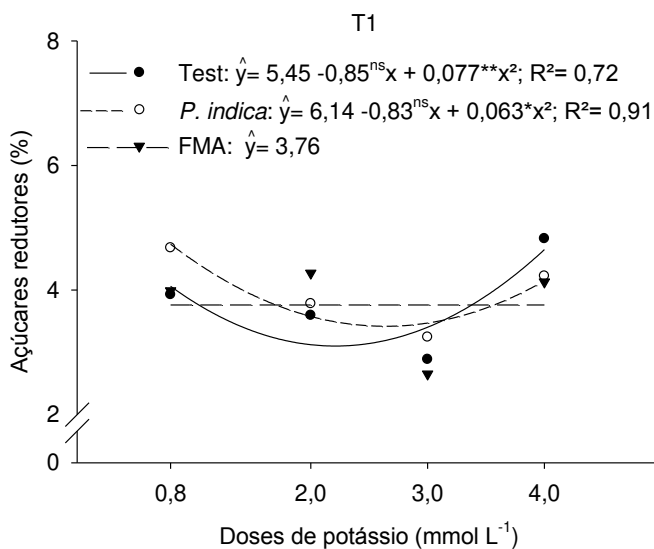
Os resultados sugerem, de forma geral, que a inoculação das plantas submetidas ao estresse nutricional favoreceu o aumento do teor de açúcar redutor dos frutos tanto no armazenamento à temperatura ambiente quanto no armazenamento refrigerado. Porém, neste último foi observado acúmulo em todos os períodos de avaliação.

A inoculação é capaz de aumentar a capacidade da planta de sintetizar mais fotoassimilados com conseqüente melhoria na qualidade nutricional dos frutos. No entanto, Hart et al (2015) ao avaliarem o impacto da inoculação sobre a qualidade nutricional de frutos de tomate observaram uma redução de frutose nos frutos. Estes autores justificaram que possivelmente a colonização representou um dreno significativo de carbono na planta hospedeira.

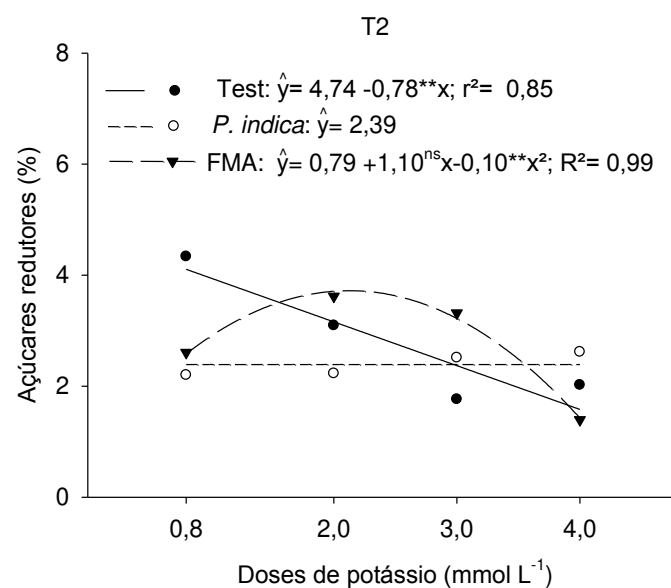
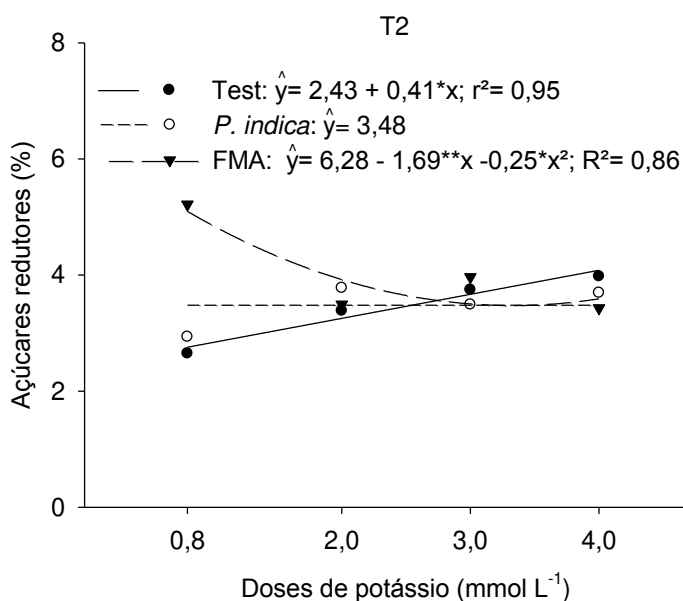
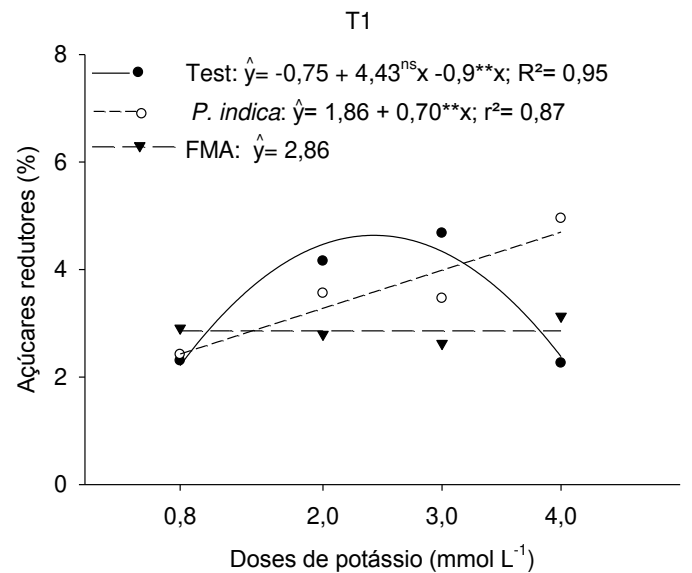
Antes do armazenamento a 25°C os frutos testemunha e obtidos da inoculação com *P. indica* responderam de forma quadrática as doses de K para o teor de açúcar redutor. Os maiores valores foram observados nas doses intermediárias. Os frutos obtidos da inoculação com FMA não responderam as doses, apresentando teor médio de 3,76 (Figura 3A). Após 10 dias de armazenamento os frutos testemunha e obtidos da inoculação com FMA responderam

de forma linear e quadrática, respectivamente, com aumento do teor de açúcar redutor à medida que aumentou a dose de K. Os frutos obtidos da inoculação com *P. indica* apresentaram valores médios de 3,48 (Figura 3A). Após 20 e 30 dias de armazenamento os frutos testemunha responderam de forma linear, com aumento do teor de açúcar redutor à medida que aumentou as doses de K. Porém os frutos obtidos das plantas inoculadas não responderam às doses nesses tempos de avaliação. Após 20 dias de armazenamento os frutos obtidos da inoculação com *P. indica* e FMA apresentaram teores médios de 3,14 e 3,64, respectivamente. Após 30 dias de armazenamento os teores médios foram de 2,70 e 2,73 para os frutos obtidos da inoculação com *P. indica* e FMA, respectivamente (Figura 3A).

(A)



(B)



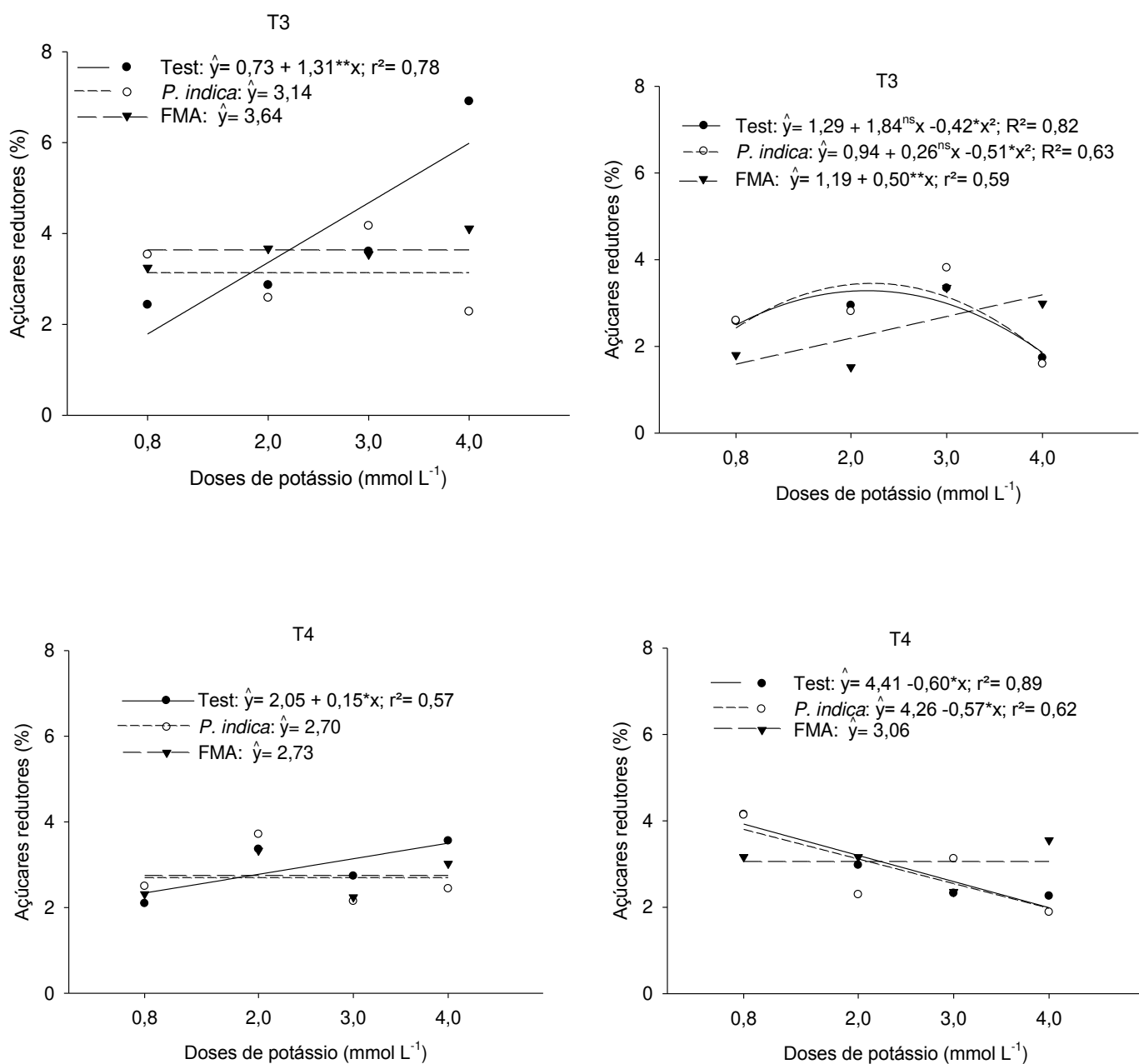


Figura 3 - Açúcares redutores (%) de minitomates armazenados a 25 °C (A) e 11 °C (B), cultivados em hidroponia sob doses de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento. T1 = 0 dias de armazenamento, T2 = 10 dias de armazenamento, T3 = 20 dias de armazenamento e T4= 30 dias de armazenamento. ** Significativo a 1%, * Significativo a 5%, e ° Significativo a 10%.

Antes do armazenamento a 11 °C os frutos testemunha apresentaram comportamento quadrático com maiores valores do teor de açúcar redutor nas doses intermediárias. Frutos obtidos da inoculação com *P. indica* responderam de forma linear com aumento do teor à medida que aumentaram as doses. Os frutos obtidos da inoculação com FMA não responderam às doses, apresentando teor médio de 2,86 (Figura 3B). Após 10 dias

de armazenamento os frutos testemunha apresentaram comportamento linear com redução do teor à medida que aumentaram as doses. Frutos obtidos da inoculação com *P. indica* não responderam as doses, apresentando valores médios de 2,39. Porém, frutos obtidos da inoculação com FMA responderam de forma quadrática com maiores valores nas menores doses de K (Figura 3B). Após 20 dias de armazenamento frutos testemunha e obtidos da inoculação com *P. indica* responderam de forma quadrática com maiores valores nas menores doses estudadas. Frutos obtidos da inoculação com FMA apresentaram resposta linear com aumento do teor à medida que aumentaram as doses (Figura 3B). Após 30 dias de armazenamento frutos testemunha e obtidos da inoculação com *P. indica* responderam de forma linear com redução do teor à medida que aumentaram as doses de K. Os frutos obtidos da inoculação com FMA não responderam às doses, apresentando valores médios de 3,06 (Figura 3B).

Os resultados indicam uma maior estabilidade dos teores de açúcares redutores nos frutos obtidos de plantas inoculadas no armazenamento a 25 °C, nos períodos avaliados. No armazenamento a 11 °C houve maior resposta desse parâmetro de qualidade às doses de K, com maiores valores, de forma geral, com maiores doses, tanto nos frutos obtidos das plantas inoculadas como não inoculadas. Porém, após 30 dias de armazenamento houve uma tendência de redução dos teores com o aumento das doses. Eventualmente, este açúcar pode ter sido usado para manter as taxas respiratórias, levando à senescência dos frutos, e, isso explicaria os valores menores no final do armazenamento.

O aumento dos açúcares redutores nos frutos de plantas cultivadas com o aumento das doses de K mostram que o K pode desempenhar um papel importante na configuração do perfil de qualidade em frutos de tomate. O potássio é o cátion mais abundante presente na seiva do floema (quase 80% do total de cátions), como consequência da carga do açúcar e mecanismos de transporte através do floema em órgãos drenos (CAKMAK, 2005). Sabe-se que o potássio desempenha um papel fundamental no metabolismo de carboidratos e na fotossíntese (MARSCHNER, 2012) e, como consequência, uma oferta ótima de potássio determina um melhor conteúdo de açúcar nos órgãos drenos.

Antes do armazenamento a 25 °C o teor de vitamina C foi maior nos frutos obtidos das plantas inoculadas na dose de 2 mmol L⁻¹. Na dose 3 mmol L⁻¹ o teor foi maior nos frutos obtidos da inoculação com FMA não diferindo estatisticamente dos frutos obtidos da inoculação com *P. indica*. Após 10 dias de armazenamento, 3 mmol L⁻¹, o maior teor de vitamina C foi observado nos frutos obtidos da inoculação com *P. indica*. Após 30 dias de

armazenamento, na menor dose estudada, os maiores valores foram observados nos frutos obtidos das plantas inoculadas (Tabela 4).

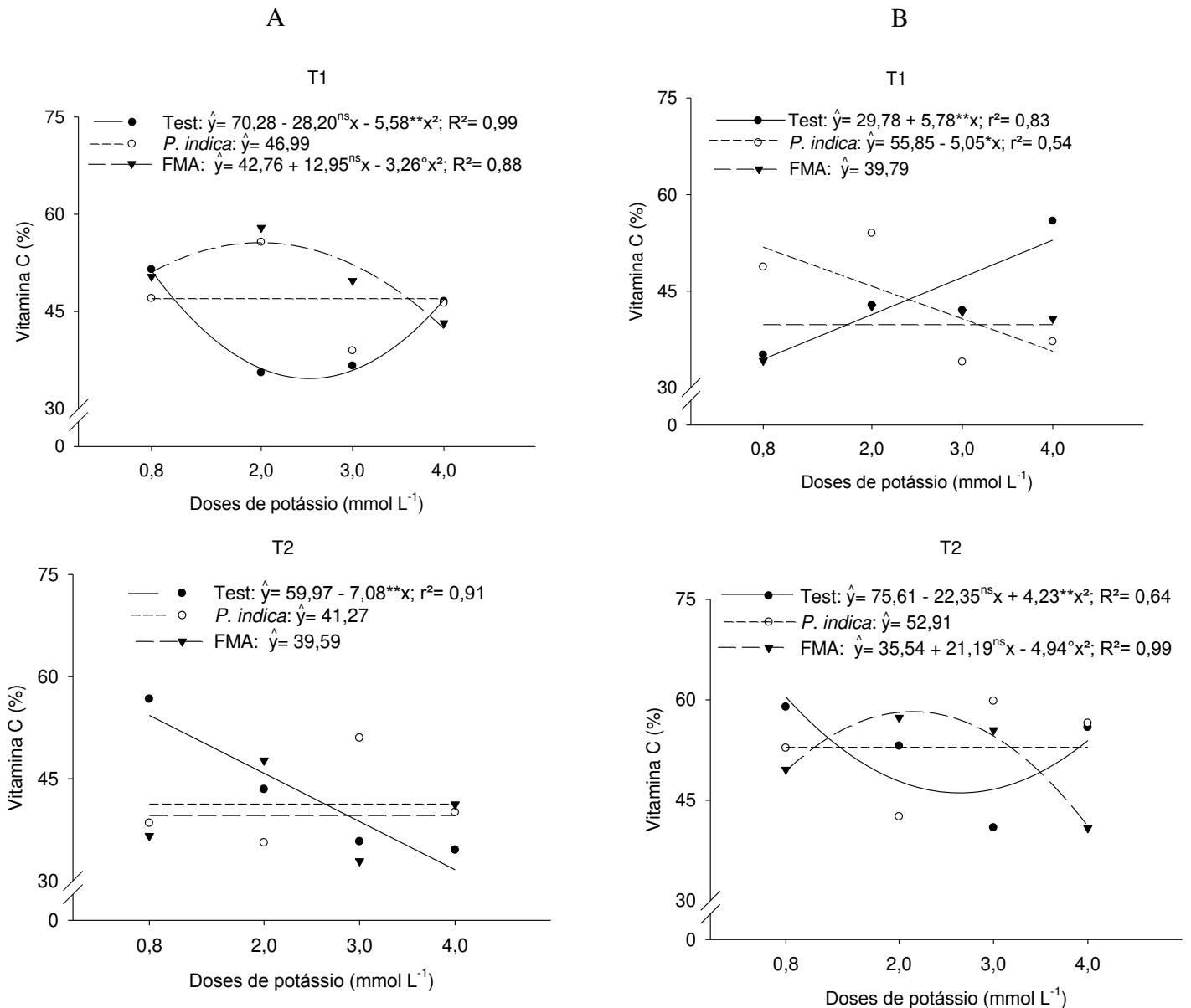
Tabela 4. Valores médios do teor de vitamina C de minitomates armazenados a 25 e 11 °C e cultivados em hidroponia sob doses crescentes de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento

25°C								
Tratamento de inoculação	0 dias				10 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	51,46 a	35,57 b	36,61 b	46,57 a	56,69a	43,43a	35,76b	34,51a
<i>P. indica</i>	47,02 a	55,69 a	38,96 ab	46,30 a	38,46a	35,58a	50,98a	40,09a
FMA	50,37 a	57,91 a	49,72 a	43,22 a	36,58a	47,67a	32,87b	41,21a
Tratamento de inoculação	20 dias				30 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	61,95 a	49,15 a	72,62 a	53,46 a	44,83 b	48,56 a	45,37 a	65,95 a
<i>P. indica</i>	55,86 a	42,62 a	71,45 a	60,64 a	61,58a	50,53 a	48,96 a	54,36 a
FMA	53,89 a	41,68 a	46,91 b	62,13 a	48,24a	65,85 a	48,54 a	65,95 a
CV (a)					8,99			
CV (b)					25,11			
CV (c)					10,98			
11°C								
Tratamento de inoculação	0 dias				10 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	35,08 a	42,83 a	42,01 a	55,88 a	58,93 a	53,09 a	40,89 a	55,89 a
<i>P. indica</i>	48,74 a	54,00 a	33,99 a	37,15 a	52,79 a	42,53 a	59,82 a	56,50 a
FMA	34,14 a	42,58 a	41,76 a	40,69 a	49,56 a	57,32 a	55,47 a	40,83 a
Tratamento de inoculação	20 dias				30 dias			
	Doses (mmol L ⁻¹)				Doses (mmol L ⁻¹)			
	0,8	2	3	4	0,8	2	3	4
Testemunha	60,14 a	58,86 a	55,20 a	31,64 b	57,20 a	52,52 a	67,71 a	49,59 a
<i>P. indica</i>	65,14 a	53,45 a	55,04 a	56,33 a	66,99 a	47,79 a	56,64 a	64,46 a
FMA	50,17 a	40,39 a	58,83 a	60,56 a	52,74 a	51,52 a	62,83 a	53,67 a
CV (a)					15,97			
CV (b)					24,01			
CV (c)					11,68			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV (a): coeficiente de variação da parcela, CV (b): coeficiente de variação da subparcela, CV (c): coeficiente de variação da sub – subparcela.

Antes do armazenamento a 25 °C os frutos testemunha apresentaram comportamento quadrático para o teor de vitamina C, com menores valores nas doses intermediárias. Os frutos obtidos da inoculação com *P. indica* não responderam às doses, apresentando valores médios de 46,99. Frutos obtidos da inoculação com FMA comportaram-

se de forma quadrática, com maiores valores nas menores doses. Após 10 dias de armazenamento os frutos testemunha reduziram de forma linear o teor de vitamina C à medida que aumentaram as doses de K. Frutos obtidos das plantas inoculadas mantiveram o teor de vitamina C, independente das doses estudadas, com valores médios de 41,27 e 39,59 para *P. indica* e FMA, respectivamente. Após 20 dias de armazenamento frutos testemunha e obtidos da inoculação com *P. indica* apresentaram valores médios de 59,30 e 54,65, respectivamente. Frutos obtidos da inoculação com FMA responderam de forma quadrática apresentando menores valores nas doses intermediárias. Após 30 dias de armazenamento os frutos testemunha responderam de forma linear com aumento no teor à medida que aumentaram as doses de K. Porém, plantas inoculadas apresentaram valores médios de 41,27 e 39,59 para *P. indica* e FMA, respectivamente (Figura 4A).



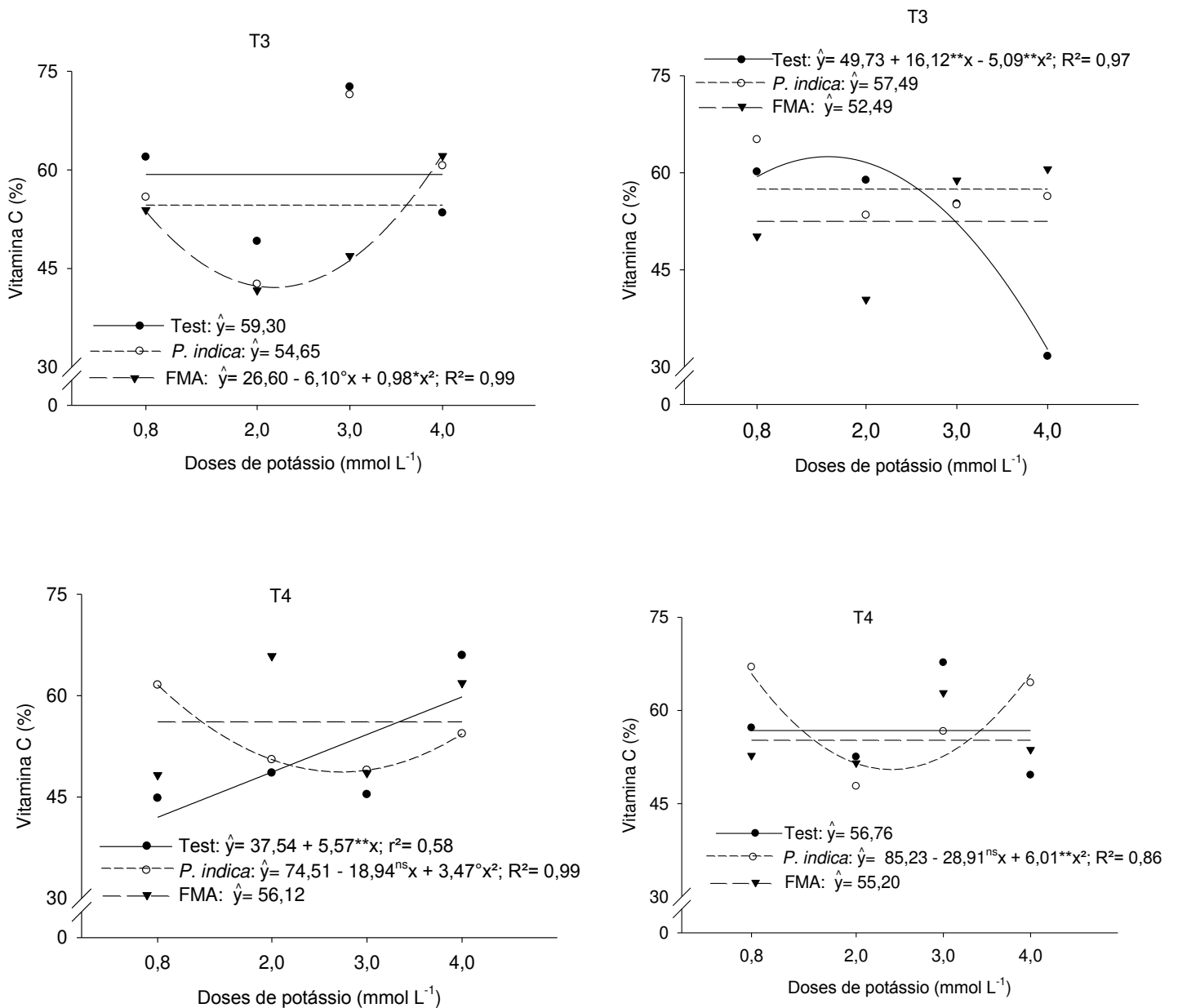


Figura 4. Teor de vitamina C (%) de minitomates armazenados a 25 °C (A) e 11 °C (B), cultivados em hidroponia sob doses de potássio e inoculação com fungos promotores de crescimento. T1 = 0 dias de armazenamento, T2 = 10 dias de armazenamento, T3 = 20 dias de armazenamento e T4= 30 dias de armazenamento. ** Significativo a 1%, * Significativo a 5%, ° Significativo a 10% e ^{ns} não significativo.

Antes do armazenamento a 11 °C frutos testemunha responderam de forma linear, com aumento do teor de vitamina C à medida que aumentaram as doses de K. Frutos obtidos da inoculação com *P. indica* também apresentaram comportamento linear, porém o teor reduziu-se com o aumento das doses. Frutos obtidos da inoculação com FMA não responderam as doses, apresentando valores médios de 39,79. Após 10 dias de

armazenamento frutos testemunha responderam de forma quadrática, com menores valores nas doses intermediárias. Frutos inoculados com *P. indica* não responderam às doses, apresentando valores médios de 52,91. Frutos inoculados com FMA responderam de forma quadrática com maiores valores nas menores doses estudadas. Após 20 dias de armazenamento apenas frutos testemunha responderam às doses de K, apresentando resposta quadrática, com maiores valores nas menores doses estudadas. Frutos obtidos da inoculação apresentaram valores médios de 57,49 e 52,49 para *P. indica* e FMA, respectivamente. Após 30 dias de armazenamento frutos testemunha e obtidos da inoculação com FMA não responderam às doses, apresentando teor médio de 56,76 e 55,20, respectivamente. Frutos obtidos da inoculação com *P. indica* responderam de forma quadrática apresentando menores valores nas doses intermediárias (Figura 4B).

Como citado anteriormente, o teor de vitamina C pode ser influenciado por vários fatores antes e após a colheita dos vegetais. A adubação potássica é um dos fatores que influencia o teor nos frutos (KANAI et al., 2007). Além disso, aumento da temperatura ou duração do armazenamento levam a diminuição gradual no teor de vitamina C dos frutos (MDITSHWA et al. 2017). No presente estudo, de forma geral, houve pouca influência das doses de K no teor de vitamina C nos períodos de armazenamento estudados. Frutos obtidos das plantas inoculadas apresentaram maior conservação no teor durante o armazenamento, tanto a 25 °C como a 11°C.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que a inoculação das plantas de mini tomate cv Mascot com fungos promotores de crescimento promoveu melhorias na qualidade e conservação dos frutos durante o armazenamento, especialmente nas plantas cultivadas sob condições de estresse nutricional.

Os resultados deste trabalho evidenciam que o emprego de fungos promotores de crescimento podem auxiliar na produção sustentável de tomates de melhor qualidade e conservação pós-colheita.

REFERÊNCIAS

- ACHATZ, B., RÜDEN, S., ANDRADE, D., NEUMANN, E., PONS-KÜHNEMANN, J., KOGEL, K.H., FRANKEN, P., WALLER, F. Root colonization by *Piriformospora indica* enhances grain yield in barley under diverse nutrient regimes by accelerating plant development. **Plant Soil**, v. 333, p. 59–70, aug. 2010. Doi: 10.1007/s11104-010-0319-0.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. 2. ed. Lavras: Universitária de Lavras, 2013. 457 p.
- Analytical Methods**, v.2, n.12, p.2046-2048, dec. 2010. Doi: 10.1039/C0AY00525H.
- ASADUZZAMAN, M. D. and ASAO, T. **Potassium - Improvement of Quality in Fruits and Vegetables Through Hydroponic Nutrient Management**, 1 ed. London, 2018.
- AUGÉ, R. M., TOLER, H. D., SAXTON, A. M. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: a meta-analysis. **Mycorrhiza**, Corvallis, v. 25, n. 1, p. 13–24, jan. 2015. Doi: 10.1007/s00572-014-0585-4
- BECKLES, D. M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**. Davis, v. 63, n. 1, p. 129-140, jan. 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.05.016>
- BETTIOL W; ASTIARRAGA BD; LUIZ AJB. Effectiveness of cow's milk against zucchini squash powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in greenhouse conditions. **Crop Protection** v.18, n.8, p.489-492, sep. 1999. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(99\)00046-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(99)00046-0).
- BOLDT, K., PÖRS, Y., HAUPT, B., BITTERLICH, M., KÜHN, C., GRIMM, B., FRANKEN, P. Photochemical processes, carbon assimilation and RNA accumulation of sucrose transporter genes in tomato arbuscular mycorrhiza. **Journal Plant Physiol**, v. 168, n. 11, p. 256–1263, jul. 2011. Doi: 10.1016/j.jplph.2011.01.026.
- BRACKMANN, A.; PETERLE, M. E.; PINTO, J. A. V.; WEBER, A.; SAUTTER, C. K.; ÇAKMAK, I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 168, n. 4, p. 521-530, jul. 2005. Doi: <https://doi.org/10.1002/jpln.200420485>
- ÇAKMAK, I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 168, n. 4, p. 521-530, jul. 2005. Doi: <https://doi.org/10.1002/jpln.200420485>
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. 2005. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA. 785p.
- COPETTA, A., BARDI, L., BERTOLONE, E., AND BERTA, G. Fruit production and quality of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) are affected by green compost and arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant biosystems**, v. 145, n. 1, p. 106-115, mar. 2011. Doi: <https://doi.org/10.1080/11263504.2010.539781>.

EISERMANN, A. C. Temperatura e umidade relativa na qualidade de tangerina “Montenegrina” armazenada. **Científica Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 340-344, abr. 2008. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000200007>.

ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrária (Agrária)**, Recife, v. 2, n. 1, p. 83-89, jan/mar. 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000100019>.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 564-570, dez. 2002. DOI: 10.1590/S0102-05362002000400011.

FERRAZ, E. O.; EVANGELISTA, R. M.; CLÁUDIO, M. T. R.; SOARES, L. P. R.; SILVA, B. L.; CARDOSO, A. I. I. Características físico-químicas em tomates cereja tipo Sweet Grape envolvidos por diferentes películas protetoras. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p.7115-7122, jul. 2012. Supl. CD – Rom. Trabalho apresentado no 52º Congresso de Olericultura, 2012, Salvador.

GIOVANNETTI, M., AVIO, L., BARALE, R., CECCARELLI, N., CRISTOFANI, R., IEZZI, A., MIGNOLLI, F., PICCIARELLI, P., PINTO, B., REALI, D., SBRANA, C., SCARPATO, R. Nutraceutical value and safety of tomato fruits produced by mycorrhizal plants. **British Journal of Nutrition**, v. 107, n. 2, p. 242–251, jul. 2012. Doi: 10.1017/S000711451100290X.

GONÇALVES, C.; RODRIGUES-JASSO, M. R.; GOMES, N.; TEIXEIRA, J. A.; HART, M., EHRET, D. L., KRUMBEIN, A., LEUNG, C., MURCH, S., TURI, C., FRANKEN, P. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi improves the nutritional value of tomatoes. **Mycorrhiza**, v. 25, n. 5, p. 359-376, 2015. Doi: 10.1007/s00572-014-0617-0.

HART, M., EHRET, D. L., KRUMBEIN, A., LEUNG, C., MURCH, S., TURI, C., and FRANKEN, P. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi improves the nutritional value of tomatoes. **Mycorrhiza**, v. 25, n. 5, p. 359-376, jul. 2015. Doi:10.1007/s00572-014-0617-0

KANAI, S., OHKURA, K., ADU-GYAMFI, J. J., MOHAPATRA, P. K., NGUYEN, N. T., SANEOKA, H., FUJITA, K. Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 11, p. 2917-2928, apr. 2007. Doi: <https://doi.org/10.1093/brain/awl024>.

KAWAKAMI, F. P. C.; ARAUJO, J. A. C.; IUNCK, V.; FACTOR, T. L.; CORTEZ, G. E. P. Manejo da fertirrigação em função da condutividade elétrica da solução nutritiva drenada no cultivo de tomate cereja sob ambiente protegido. 2006. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 47, 2007, Porto Seguro. **Resumos...** Vitória da conquista: ABH, 2007. Versão eletrônica.

LAHRMANN, U., DING, Y., BANHARA, A., RATH, M., HAJIREZAEI, M. R., DÖHLEMANN, S., ZUCCARO, A. Host-related metabolic cues affect colonization strategies

of a root endophyte. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 34, p. 13965-13970, aug. 2013. Doi: 10.1073/pnas.1301653110.

LIU, K., ZHANG, T. Q., TAN, C. S., ASTATKIE, T. Responses of fruit yield and quality of processing tomato to drip-irrigation and fertilizers phosphorus and potassium. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 5, p. 1330-1345, sep.2011. Doi:10.2134/agronj2011.0111.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. London: Elsevier, 2012, 643p.

McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H.S. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytic Chemistry**, v.22, n.9, p.1156-1158, sep. 1950. Doi: <https://doi.org/10.1021/ac60045a016>.

MDITSHWA, A., MAGWAZA, L. S., TESFAY, S. Z., OPARA, U. L. Postharvest factors affecting vitamin C content of citrus fruits: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 218, p. 95-104, apr. 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.024>

OZORES-HAMPTON, M., SNODGRASS, C., MORGAN, K. Effects of potassium rates in yield, fruit quality, plant biomass and uptake on mature-green tomatoes in seepage irrigation. **Tomato Institute Proceedings**, v. 5, p. 17– 20, sep. 2012.

PEIL, R. M. N.; STRASSBURGER, A. S.; FONSECA, L. A. Growth, Water Consumption and Use Efficiency of Summer Squash Crop in Closed Rice Husk Medium Growing System. **Acta Horticulturae**. n. 952, p. 645-650, jun. 2012. Doi: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.952.81>

RAMYABHARATHI, S. A., SHANTHIYAA, V., SANKARI, MEENA, K., RAGUCHANDER, T. **Nutrient deficiencies management for tomato and potato. An ebook on nutrient disorder**. Smashwords. 1, ed . Florida, 2014, 45 p.

RAVIV, M., WALLACH, R., SILBER, A., BAR-TAL, A. Substrate analysis. *In*: SAVVAS, D, PASSAM, P. **Hydroponic production of vegetables and ornamentals**. Embryo publications. Athens, Greece, 2002, p. 27-89.

RINALDI, M. M; SANDRI, D.; OLIVEIRA, B. N.; VENDAS, R. N.; AMARAL, R. D. A. Avaliação da vida útil e do armazenamento de mesa em diferentes condições de armazenamento. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.29, n.2, p.305-316, 2011.

SÁNCHEZ-BEL, P., SANMARTÍN, N., PASTOR, V., MATEU, D., CEREZO, M., VIDAL-ALBALAT, A., FLORS, V. Mycorrhizal tomato plants fine tunes the growth-defence balance upon N depleted root environments. **Plant, cell & environment**, v. 41, n.2, p. 406-420, fev. 2018. Doi: <https://doi.org/10.1111/pce.13105>.

SBRANA, C., AVIO, L., GIOVANNETTI, M. Beneficial mycorrhizal symbionts affecting the production of health-promoting phytochemicals. **Electrophoresis**, v. 35, n. 11, p.1535–1546, jun. 2014. Doi: 10.1002/elps.201300568.

SMITH, S. E., AND SMITH, F. A. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. **Mycologia**, Lawrence, v. 104, p. 1–13, jan. 2012. Doi: <https://doi.org/10.3852/11-229>

SMITH, S. E., FACELLI, E., POPE, S., SMITH, F. A. Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. **Plant Soil**, v. 326, n. 1, p. 3–20, jan. 2010. Doi: 10.1007/s11104-009-9981-5.

SONNTAG, F., NAUMANN, M., PAWELZIK, E., SMIT, I. Improvement of cocktail tomato yield and consumer-oriented quality traits by potassium fertilization is driven by the cultivar. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 7, p. 3350-3358, may. 2019. Doi: 10.1002/jsfa.9552.

STROHECKER R.; HENNING H. M. **Análises de vitaminas**. Madri: Paz Montalvo, 1967.
TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; Murphy, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

VARMA, A., BAKSHI, M., LOU, B., HARTMANN, A., OELMUELLER, R. *Piriformospora indica*: a novel plant growth-promoting mycorrhizal fungus. **Agricultural Research**, v.1, n. 2, p. 117–131, jun. 2012. DOI: 10.1007/s40003-012-0019-5.

WAHB-ALLAH, M., ABDEL-RAZZAK, H., ASLSDON, A., IBRAHIM, A. Growth, yield, fruit quality and water use efficiency of tomato under arbuscular mycorrhizal inoculation and irrigation level treatments. **Life Science Journal**, v. 11, n. 2, p.109–117, jan. 2014.

WANG, H., ZHENG, J., REN, X., YU, T., VARMA, A., LOU, B., & ZHENG, X. Effects of *Piriformospora indica* on the growth, fruit quality and interaction with Tomato yellow leaf curl virus in tomato cultivars susceptible and resistant to TYCLV. **Plant Growth Regulation**, v. 76, n. 3, p. 303-313, jul. 2015.

YADAV, K., AGGARWAL, A., SINGH, N. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) induced acclimatization, growth enhancement and colchicine content of micropropagated *Gloriosa superba* L. plantlets. **Industrial Crops and Products**, v. 45, p. 88–93, feb. 2013. Doi: 10.1016/j.indcrop.2012.12.001.

CONCLUSÕES GERAIS

A inoculação das raízes do minitomateiro cv mascot com fungos promotores de crescimento, sob pequenas doses de K, proporcionou incrementos na fotossíntese, resultando em aumentos na produtividade de frutos, concentração de clorofila, macronutrientes e micronutrientes. Além disso, a inoculação promoveu melhorias na qualidade e conservação dos frutos durante o armazenamento.

Os resultados apresentados indicam que a inoculação do minitomateiro com fungos promotores de crescimento precisa de mais estudos que permitam avaliar e compreender seus mecanismos de ação e efeitos na nutrição mineral das plantas. O efeito positivo da associação dessas plantas com os microrganismos são de extrema importância, uma vez que reduz o impacto ambiental, o custo de produção e aumenta a produtividade, mantendo a mesma área plantada. Dessa forma, este trabalho pode auxiliar os produtores, além de contribuir com a área acadêmica e científica, visando otimizar de forma sustentável a produtividade e qualidade dos frutos, bem como o valor de comercialização.

ANEXO

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das médias de números de frutos gigantes, frutos grandes, frutos médios, frutos pequenos e frutos muito pequenos, obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios	
		Frutos gigantes	Frutos grandes
Dose	3	0,84 ^{ns}	40,77**
Resíduo (a)	8	1,30	3,11
Micorriza	2	2,11 ^{ns}	13,86*
Dose X Micorriza	6	0,81 ^{ns}	12,63*
Resíduo (b)	16	1,80	3,027
CV(%) parcela		219,26	53,93
CV(%) subparcela		254,6	53,08

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios	
		Frutos médios	Frutos pequenos
Dose	3	417,95**	471,74
Resíduo (a)	8	17,30	135,75
Micorriza	2	15,86 ^{ns}	498,69**
Dose X Micorriza	6	90,23*	330,54**
Resíduo (b)	16	33,09	64,91*
CV(%) parcela		21,30	23,48
CV(%) subparcela		29,46	16,24

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios
		Frutos muito pequenos
Dose	3	949,14**
Resíduo (a)	8	32,80
Micorriza	2	334,52**
Dose X Micorriza	6	319,0*
Resíduo (b)	16	40,84
CV(%) parcela		16,08
CV(%) subparcela		17,94

^{ns}, *, ** não significativo, significativo a 5, e 1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das médias do número total de frutos, frutos com ombro verde, frutos rachados, frutos com fundo preto e frutos atacados por traça do tomateiro (*Tuta absoluta*), obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios	
		Número total de frutos	Ombro verde
Dose	3	1026,07**	5226,07**
Resíduo (a)	8	111,25	228,08
Micorriza	2	1862,86**	324,36*
Dose X Micorriza	6	420,37 ^{ns}	181,10 ^{ns}
Resíduo (b)	16	172,91	80,87
CV(%) parcela		9,71	60,97
CV(%) subparcela		12,11	36,29

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios	
		Rachado	Fundo preto
Dose	3	2,40 ^{ns}	0,7407 ^{ns}
Resíduo (a)	8	4,25	1,055
Micorriza	2	6,19*	1,5833 ^{ns}
Dose X Micorriza	6	2,71 ^{ns}	0,4351 ^{ns}
Resíduo (b)	16	1,54	0,9722
CV(%) parcela		149,38	311,25
CV(%) subparcela		89,39	295,8

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios
		Atacado
Dose	3	2,25 ^{ns}
Resíduo (a)	8	3,72
Micorriza	2	2,11 ^{ns}
Dose X Micorriza	6	1,81 ^{ns}
Resíduo (b)	16	5,68
CV(%) parcela		119,8
CV(%) subparcela		147,9

^{ns}, *, ** não significativo, significativo a 5, e 1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância das médias da massa da matéria fresca total de frutos (MMFTF) e massa da matéria fresca de frutos comerciais (MMFFC), obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios	
		MMFTF (g/planta)	MMFFC (g/planta)
Dose	3	60856,91*	151865,2 ^{ns}
Resíduo (a)	8	41586,91	56641,80
Micorriza	2	52601,37*	36589,60 ^{ns}
Dose X Micorriza	6	70948,64*	107439,0 ^{ns}
Resíduo (b)	16	39508,28	41481,75
CV(%) parcela		18,56	27,58
CV(%) subparcela		18,09	23,60

^{ns}, *, não significativo e significativo a 5% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância das médias da porcentagem de colonização e índices SPAD, obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios	
		Colonização	SPAD
Dose	3	2,347*	82,200*
Resíduo(a)	6	0,444	11,900
Micorriza	2	63,530***	36,6800*
Dose x micorriza	6	1,496***	7,5100 ^{ns}
Resíduo(b)	16	0,223	9,4900
Tempo	3	13,368***	434,4400***
Tempo x dose	9	0,944*	16,6500 ^{ns}
Tempo x micorriza	6	2,840***	6,0700 ^{ns}
Tempo x dose x micorriza	18	1,372***	12,6100 ^{ns}
Resíduo(c)	72	0,208	8,3500
CV(%) parcela		29,70	7,50
CV(%) subparcela		21,00	6,70
CV(%) sub-subparcela		20,30	6,30

^{ns}, *, *** não significativo, significativo a 5 e 0,1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância das médias do teor de fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), e enxofre (S) da folha índice, obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios				
		P	K	Ca	Mg	S
Dose	3	26,48**	68,66**	174,87**	3,72**	66,71**
Resíduo (a)	8	1,98	379,28**	1,79	0,3423	7,09
Micorriza	2	1,35 ^{ns}	676,44**	48,51**	0,4196 ^{ns}	64,68**
Dose X Micorriza	6	2,48 ^{ns}	136,66 ^{ns}	39,12**	0,5901 ^{ns}	39,99**
Resíduo (b)	16	1,25	50,27	4,16	0,5940	3,14
CV(%) parcela		9,30	12,53	13,72	10,85	12,36
CV(%) subparcela		7,41	4,56	20,91	14,33	8,23

^{ns}, ** não significativo e significativo a 1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância das médias do teor de manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn) e cobre (Cu) na folha índice, obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios			
		Mn	Fe	Zn	Cu
Dose	3	0,00002266 ⁿ	0,000089 ^{ns}	0,000073 ^{ns}	0,000018 ^{ns}
Resíduo (a)	8	0,00033	0,00064	0,00010	0,00002088
Micorriza	2	0,00011 ^{ns}	0,000045 ^{ns}	0,00016 ^{ns}	0,00008511 ^{ns}
Dose X Micorriza	6	0,000031 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	0,00014*	0,00006115 ^{ns}
Resíduo (b)	16	0,00005	0,00057	0,000053	0,00002790
CV(%) parcela		22,09	16,1	11,62	7,56
CV(%) subparcela		26,43	15,59	8,49	8,74

^{ns}, *, não significativo e significativo a 1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância das médias do teor de fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), e enxofre (S) dos frutos, obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios				
		P	K	Ca	Mg	S
Dose	3	0,1621*	26,25*	0,02059**	0,00028 ^{ns}	0,0664 ^{ns}
Resíduo (a)	8	0,03943	4,13	0,0011	0,00067	0,022
Micorriza	2	0,09746 ^{ns}	0,9874 ^{ns}	0,5841*	0,0017 ^{ns}	0,2365*
Dose X Micorriza	6	0,1052 ^{ns}	6,0510*	0,07328**	0,003249**	0,1776*
Resíduo (b)	16	0,03866	1,4973	0,001166	0,00056	0,04742
CV(%) parcela		5,36	8,48	22,11	5,76	10,74
CV(%) subparcela		5,30	5,11	22,37	5,26	15,74

^{ns}, *, ** não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância das médias do teor de manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn) e cobre (Cu) nos frutos, obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios			
		Mn	Fe	Zn	Cu
Dose	3	0,0000226 ^{ns}	0,000089 ^{ns}	0,000073 ^{ns}	0,000018 ^{ns}
Resíduo (a)	8	0,000033	0,00064	0,00010	0,00002088
Micorriza	2	0,00011 ^{ns}	0,000045 ^{ns}	0,00016 ^{ns}	0,00008531 ^{ns}
Dose X Micorriza	6	0,000031 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	0,00014*	0,00006115 ^{ns}
Resíduo (b)	16	0,000050	0,00057	0,000053	0,00002790
CV(%) parcela		22,09	16,51	11,62	7,56
CV(%) subparcela		26,43	15,59	8,49	8,74

^{ns}, *, não significativo e significativo a 1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância das médias da concentração interna de CO₂ (Ci), condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A) e transpiração (E), obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio			
		Ci	gs	A	E
Dose	3	0,0724**	0,0158 ^{ns}	21,8630***	1,0790**
Resíduo(a)	6	0,0029	0,0037	0,7250	0,0702
Micorriza	2	0,0117 ^{ns}	0,0134 ^{ns}	70,7830***	0,3091 ^{ns}
Dose x micorriza	6	0,0051 ^{ns}	0,0106 ^{ns}	5,1050**	0,4599 ^{ns}
Resíduo(b)	16	0,0046	0,0072	1,2120	0,3232
Tempo	2	0,5234**	0,1100**	105,0990***	2,2386**
Tempo x dose	6	0,0002	0,0143**	12,6260***	1,0032**
Tempo x micorriza	4	0,0055*	0,0015 ^{ns}	2,3420***	0,0387 ^{ns}
Tempo x dose x micorriza	12	0,0031 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	4,2100***	0,0099 ^{ns}
Resíduo(c)	48	0,0020	0,0025	0,4110	0,0861
CV(%) parcela		12,20	12,60	10,90	10,40
CV(%) subparcela		15,30	17,70	14,20	22,40
CV(%)sub-subparcela		10,20	10,40	8,20	11,60

^{ns}, *, **, *** não significativo, significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 10. Resumo da análise de variância das médias do quenching fotoquímico (q_P), quenching não-fotoquímico (q_N) e rendimento quântico máximo do PSII (Fv/Fm), obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, no cultivo hidropônico

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios		
		q _P	q _N	Fv/Fm
Dose	3	1,7046***	0,3703***	0,0099 ^{ns}
Resíduo(a)	6	0,0040	0,0145	0,0025
Micorriza	2	0,3885***	0,1304**	0,0046 ^{ns}
Dose x micorriza	6	0,2042***	0,0402*	0,0028 ^{ns}
Resíduo(b)	16	0,0055	0,0137	0,0025
Tempo	2	6,1146***	24,3250***	0,0725**
Tempo x dose	6	0,7081***	0,1042***	0,0085**
Tempo x micorriza	4	0,0997***	0,0370***	0,0003 ^{ns}
Tempo x dose x micorriza	12	0,0935***	0,0150**	0,0037 ^{ns}
Resíduo(c)	48	0,0030	0,0058	0,0016
CV(%) parcela		13,50	12,40	7,00
CV(%) subparcela		17,70	12,00	6,90
CV(%)sub-subparcela		11,50	7,80	5,60

^{ns}, *, **, *** não significativo, significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância dos sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), açúcares redutores (AR) e vitamina C (VIT C) obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, armazenados a 25°C, no cultivo hidropônico

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios			
		SST	ATT	AR	VIT C
Dose	3	8,02*	0,02***	3,29*	87,12*
Resíduo(a)	8	0,64	0,001	0,73	19,70
Micorriza	2	0,33 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,71 ^{ns}	13,12 ^{ns}
Dose x micorriza	6	0,64	0,0025 ^{ns}	3,70 ^{ns}	200,61 ^{ns}
Resíduo(b)	8	0,55	0,0026	2,95	153,73
Tempo	3	24,62***	0,092***	7,81***	1661,21***
Tempo x dose	9	0,19 ^{ns}	0,003 ^{ns}	2,42***	324,45***
Tempo x micorriza	6	0,11 ^{ns}	0,0067 ^{ns}	0,98***	163,85***
Tempo x dose x micorriza	18	0,10 ^{ns}	0,0064*	1,48***	193,80***
Resíduo(c)	80	0,18	0,003	1,46	29,39
CV(%) parcela		11,94	9,11	24,67	8,99
CV(%) subparcela		11,12	13,02	49,61	25,11
CV(%)sub-subparcela		6,38	13,94	0,00	10,98

^{ns}, *, *** não significativo, significativo a 1 e 0,1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância dos sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), açúcares redutores (AR) e vitamina C (VIT C) obtidos da interação entre doses de potássio e inoculação de minitomateiro com fungos promotores de crescimento, armazenados a 11°C, no cultivo hidropônico

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios			
		SST	ATT	AR	VIT C
Dose	3	24,44***	0,10**	1,86 ^{ns}	81,18 ^{ns}
Resíduo(a)	8	1,08	0,007	0,66	67,08
Micorriza	2	0,83 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,35 ^{ns}	160,66 ^{ns}
Dose x micorriza	6	0,70 ^{ns}	0,015 ^{ns}	1,57 ^{ns}	148,73 ^{ns}
Resíduo(b)	8	0,73	0,011	1,27	151,71
Tempo	3	0,18	0,18***	3,55***	1416,64***
Tempo x dose	9	0,22 ^{ns}	0,01***	2,98***	148,88***
Tempo x micorriza	6	0,12 ^{ns}	0,009**	0,77*	27,80 ^{ns}
Tempo x dose x micorriza	18	0,37***	0,017***	2,26***	267,61***
Resíduo(c)	80	0,11	0,002	0,30	35,89
CV(%) parcela		14,11	17,45	28,52	15,97
CV(%) subparcela		11,64	21,96	39,37	24,01
CV(%)sub-subparcela		4,68	11,03	19,34	11,68

^{ns}, *, **, *** não significativo, significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste F, respectivamente.