

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

LINEANE KAORI SUDA

**DOSES DE POTÁSSIO E ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA NO CULTIVO
HIDROPÔNICO DO TOMATEIRO DO GRUPO GRAPE**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

LINEANE KAORI SUDA

**DOSES DE POTÁSSIO E ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA NO CULTIVO
HIDROPÔNICO DO TOMATEIRO DO GRUPO GRAPE**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Viçosa como parte das
exigências para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo. Modalidade: trabalho científico.**

**Orientador: Prof. Herminia Emilia Prieto
Martinez**

**Coorientadora: D.S. Deise Silva Castro Pimentel
Cardoso**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

LINEANE KAORI SUDA

**DOSES DE POTÁSSIO E ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA NO CULTIVO
HIDROPÔNICO DO TOMATEIRO DO GRUPO GRAPE**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Viçosa como parte das
exigências para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo. Modalidade: trabalho científico.**

APROVADO: 07 de dezembro de 2017.

Herminia Emilia Prieto Martinez
(orientadora)
(UFV)

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Shunji e Izumi, aos meus irmãos Masahiro
e Misaki, e ao meu namorado Brian.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, em especial aos professores, pelo aprendizado nestes anos de graduação e formação profissional.

À minha orientadora Prof. Herminia Emilia Prieto Martinez pela orientação, sugestões e reflexões. Obrigada pela oportunidade de desenvolver este trabalho, que representou para mim um grande aprendizado em cada dificuldade.

À minha coorientadora, doutoranda Deise Silva Castro Pimentel Cardoso pelo conhecimento compartilhado e pelo grande apoio em todas as fases deste trabalho.

Ao Prof. Paulo Roberto Cecon por toda a ajuda nas análises estatísticas.

À minha família pelo apoio e pela confiança. Apesar da grande distância, sempre estão presentes ao meu lado, me dando muita força e coragem a todo instante.

Ao Brian, pelo incentivo, paciência e amor. A quem me faltam palavras para agradecer pelo apoio irrestrito ao longo desta jornada.

Aos meus amigos, os de longa data e os que me acompanharam nesses anos de faculdade, em especial a Rosi e Álvaro, pelo grande apoio, pelas conversas descontraídas e conselhos.

Agradeço também a todos que direta e indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho, por meio de palavras de apoio, críticas e sugestões.

Muitíssimo obrigada!!

RESUMO

Considerado uma hortaliça exótica, o minitomate do tipo grape (*Lycopersicum esculentum* Mill) tem atraído pequenos e grandes investidores. Há escassez de trabalhos que avaliem o efeito da associação micorrizica em tomateiro grape cultivado sistemas hidropônicos. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os efeitos de doses de potássio e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e com o fungo endofítico *Piriformospora indica* no crescimento e produção das plantas de tomateiro cv. Mascote em sistema hidropônico de gotejamento. Para alcançar os objetivos propostos, realizou-se um experimento combinando inoculação ou não com fungos e doses de K. O experimento constituiu-se de um fatorial 4x3 com três repetições, delineado inteiramente ao acaso, com parcelas subdivididas. O primeiro fator, alocado nas parcelas, constou de quatro doses de potássio (2, 5, 7.5 e 10 mmol L⁻¹) na fase reprodutiva das plantas. O segundo fator, alocado nas subparcelas, constou de inoculação com uma mistura de fungos micorrízicos arbusculares, inoculação com o fungo *Piriformospora indica* e sem inoculação. Avaliaram-se número de folhas, altura da planta, diâmetro da haste principal, número de flores, massa da matéria fresca total de frutos, número total de frutos comerciais, massa de matéria fresca de frutos comerciais, bem como, firmeza e teor de sólidos solúveis durante 30 dias de armazenamento a 25°C. Os dados foram submetidos a análise de variância seguida por teste de médias para as características qualitativas, e seguida por análise de regressão para as características quantitativas. Para as características avaliadas no tempo, adotou-se o esquema de parcela sub-subdividida, alocando-se o tempo de armazenamento na sub-sub-parcela. A massa da matéria fresca total e comercial dos frutos foi maior nas plantas micorrizadas com *Piriformospora indica* na dose 2 mmol L⁻¹. Esses resultados sugerem que a associação beneficiou a nutrição potássica das plantas. O diâmetro da haste principal foi maior nas maiores doses e crescente com o tempo de cultivo. O Brix dos frutos apresentou valores superiores nas maiores doses de potássio e reduziu-se com o tempo de armazenamento. A associação com fungos micorrízicos mostrou-se vantajosa quando se utilizaram doses baixas de potássio.

Palavras-chave: *Lycopersicum esculentum* Mill, potássio, *Piriformospora indica*, fungos arbusculares.

ABSTRACT

Considered an exotic vegetable, the grape-type tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) has attracted large and small investors. There is a shortage of studies that evaluate the effect of mycorrhizal association on grape tomato cultivated in hydroponic systems. The objective of this work was to evaluate the effects of potassium doses and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi or the endophytic fungus *Piriformospora indica* on growth and yield of tomato plants cv. Mascot cultivated in drip hydroponic system. To reach these objectives, an experiment was carried out combining K doses in nutrient solution and inoculation or not with fungi. The experiment consisted of a 4x3 factorial with three replicates, completely randomized, with split plots. The first factor, allocated in the plots, consisted of four doses of potassium (2, 5, 7.5 and 10 mmol L⁻¹). The second factor, allocated in the subplots, consisted of inoculation with a mixture of arbuscular mycorrhizal fungi, inoculation with the fungus *Piriformospora indica* and without inoculation. We evaluated number of leaves, plant height, main stem diameter, number of flowers, total fresh fruit mass, total number of commercial fruits, fresh mass of commercial fruit. We also evaluated firmness and soluble solids content (BRIX) along 30 days of storage at 25 ° C. The data were submitted to analysis of variance followed by mean test for qualitative characteristics, and followed by regression analysis for the quantitative characteristics. For the characteristics evaluated in time, the split-plot scheme was adopted, allocating time of storage in the sub-sub-plots. When the plants were cultivated with 2 mmol L⁻¹ K, the total and commercial fresh mass of fruits was higher in *Piriformospora indica* mycorrhizae plants. These results suggest that the mycorrhizal association has a beneficial effect in potassium plant nutrition. The diameter of the main stem was higher at higher doses of K and increased with growing time. The Brix of the fruits presented higher values in higher doses of potassium and was reduced with the time of storage. The association with mycorrhizal fungi proved to be advantageous when low potassium doses were used.

Key Words: *Lycopersicum esculentum* Mill, potassium, *Piriformospora indica*, arbuscular mycorrhizal fungi.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4 CONCLUSÕES	23
5 REFERÊNCIAS	24
6 ANEXO	28

1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) é uma das hortaliças mais consumidas no mundo. Originário dos países andinos, pertence à família das solanáceas. Nutricionalmente, é fonte de vitaminas A e C e de sais minerais como potássio e magnésio (Melo et al., 2014). O cenário da olericultura brasileira tem revelado cada vez mais o despertar da criatividade. Neste quesito, o cultivo de minitomate tem se destacado atraindo pequenos e grandes investidores, surgindo vários modelos de produção adaptados às condições tropicais do Brasil (Filgueira, 2008).

Dentro do grupo de minitomate, os frutos do tipo grape ou uva merecem atenção especial, pois são tomates com excelente sabor, resultante do alto teor de açúcar encontrado na polpa (Alvarenga, 2013), sendo incorporada em cardápios de restaurantes por serem delicados, trazendo novos sabores e enfeites aos pratos e aperitivos, com vantagem de ter tamanho reduzido, evitando desperdício (Machado et al., 2003). Devido ao aumento da demanda deste grupo de tomate, o número de pesquisas vem se intensificando ao longo dos anos (Rocha, 2009; Rodrigues et al., 2008; Gomes et al., 2011b).

Dentre os sistemas mais utilizados para a produção do tomateiro, destaca-se o cultivo hidropônico, definido basicamente como um cultivo sem solo, realizado na água ou em substratos com pequena atividade química ou mesmo 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).

Especialmente no cultivo desta cultura, vem ocorrendo nos últimos anos uma expansão significativa na produção de frutos em sistemas abertos de cultivo em substrato. Estes sistemas caracterizam-se pela ausência da recirculação da solução nutritiva, sendo o excedente à capacidade de retenção do substrato lixiviado (Andriolo et al., 2003).

O aumento da produtividade nos cultivos hidropônicos do tomateiro tem alcançado 20 a 25% sobre o obtido pelo cultivo em solo, em razão de diversos fatores, entre eles a maior eficiência da regulação da nutrição da planta, maior eficiência no uso da água e fertilizantes, e densidades maiores de plantio. Somam-se, também, outras motivações em relação a esse sistema de cultivo, dentre elas: menor incidência de pragas e doenças, maior facilidade de execução dos tratos culturais, e ciclos de cultivo mais curtos (Martinez, 2006).

Dentre as hortaliças mais exigentes em nutrientes, os teores nutricionais do tomate podem variar conforme a etapa de desenvolvimento, temperatura, cultivar, solo, luminosidade, umidade relativa e manejo adotado (Alvarenga, 2004). Diversos trabalhos têm mostrado que a qualidade de tomates cultivados em hidroponia depende diretamente da adequação da solução nutritiva empregada à fase de desenvolvimento da cultura (Adams, 1994).

De modo geral, o potássio (K) é o segundo elemento mais exigido pelas plantas, vindo logo após o nitrogênio (N). Atua na planta como íon livre e participa como ativador enzimático em mais de 50 reações vitais para o crescimento (Martinez, 2006). O peso de alguns frutos pode ser elevado ao aumentar o nível de potássio fornecido às plantas (Melo et al., 2009), por uma melhor condutância estomática e acúmulo de carboidratos. O sabor do tomate é determinado pelo conteúdo de açúcares, ácidos e compostos voláteis (Krumbenin e Auerswald, 1998). O sintoma de deficiência é facilmente detectado em campo: necrose marginal das folhas, associada à redução do crescimento, má formação de raízes e caules (Martinez e Clemente, 2011).

Buscando uma produção sustentável, estudos mostraram que o uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) tem aumentado a produção em várias plantas, inclusive em tomateiro (Baum et al., 2015; Hart et al., 2015; Douds et al., 2016). Os FMAs formam associações simbióticas mutualistas com as raízes das plantas. A relação simbiótica entre FMA e plantas se inicia quando há uma troca de sinais entre o hospedeiro e o fungo, mediante penetração do micélio inter ou intracelularmente nas raízes, onde o fungo absorve nutrientes do solo e os transfere para a planta. Por outro lado, a planta disponibiliza carboidratos sintetizados pela fotossíntese para os FMAs (Read e Smith, 2008; Baum et al., 2015; Hart et al., 2015). Destacam-se outros benefícios com o seu uso, como o aumento da fotossíntese, melhoramento do ajustamento osmótico sob estresse e o aumento da resistência a pragas (Al-Karaki, 2006).

Semelhantemente ao FMA, o fungo endofítico *Piriformospora indica* é indicado para aplicação na horticultura, visando aumentar a produção comercial (Varma et al., 1999). Estudos da interação desse fungo com milho e fumo mostraram que ele forma hifas inter e intracelulares no córtex da raiz, frequentemente se diferenciando em densas espirais de hifas (estruturas semelhantes a arbúsculos), esporos e estruturas semelhantes a vesículas, sendo a

base para o efeito da promoção de crescimento e uma maior absorção de fósforo pelas plantas (Franken et al., 1998).

Dentre os benefícios do seu uso destacam-se a alteração da tolerância ao estresse salino suave, resistência de plântulas contra patógenos em raízes e folhas, e quando inoculado em plântulas de cultura de tecidos, confere proteção ao “choque transiente de transplante”, apresentando 100% de sobrevivência na transferência para o campo. Embora não se tenha testado o efeito bioprotetor, ensaios realizados na Universidade Federal de Viçosa (UFV), mostraram que este fungo promove o aumento no crescimento das plantas (Meira Haddad et al., 2010). Como apresenta grande potencial para ser utilizado para melhorar o crescimento e a produção de biomassa, uma nova perspectiva se abriu para estudos de interação planta-fungos.

O efeito da associação das plantas cultivadas com microrganismos, juntamente com os aspectos nutricionais relacionados às mesmas, são de extrema importância por afetar a produção. Além disso, os custos para se produzir quando as plantas são submetidas a estresse nutricional são maiores (Cambráia, 2005). Apesar dos mecanismos com que as plantas reagem aos estresses serem semelhantes, pequenas particularidades são observadas entre espécies e/ou cultivares.

Sendo assim, são necessárias mais pesquisas no intuito de se avaliar o comportamento das plantas inoculadas com micorrizas em vários tipos de formulações de soluções nutritivas, em diferentes sistemas hidropônicos, ou mesmo em diferentes substratos.

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e do fungo endofítico *Piriformospora indica* associadas a doses de potássio, possam ter no crescimento e produção das plantas em sistema hidropônico.

2 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 a uma altitude de 648 metros). O experimento foi conduzido de abril a outubro de 2017. A casa de vegetação utilizada é não-climatizada, revestida de vidro transparente, de fechamento lateral com tela antiafídica e possui pé direito de 2,4 metros.

Os tratamentos consistiram da inoculação de plantas de tomate grape com uma mistura de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) (*Rhizophagus clarus*, *Claroideoglossum etunicatum* e *Gigaspora albida*), apenas com esporos do fungo *Piriformospora indica* e sem inoculação fúngica, em combinação com quatro doses de potássio (2, 5, 7.5 e 10 mmol L⁻¹) na fase reprodutiva das plantas.

A produção de mudas foi feita a partir de sementes de tomate híbrido "Mascot" fornecido pela empresa Agristar, utilizando bandejas de 128 células de propagação contendo substrato a base de fibra de coco. O substrato para 1/3 das mudas foi inoculado com a mistura de FMAs, e para 1/3 com *Piriformospora indica*. O 1/3 restante não recebeu inoculação. As bandejas de propagação foram irrigadas com água até a germinação.

Em cada célula da bandeja foram colocadas de duas a três sementes. Dez dias após a emergência foi feito o desbaste deixando-se apenas uma plântula por célula. Após as plantas apresentarem duas folhas definitivas foram selecionadas pela uniformidade, transplantando-se uma planta para cada vaso plástico de 8 L de capacidade contendo argila expandida e manta de drenagem no fundo e areia lavada e esterilizada com ácido clorídrico suficiente para completar o volume.

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 no sentido vertical da bancada a um fio de aço acima das mesmas. Foram dadas voltas com o fitilho ao longo do caule para evitar estrangulamento. A poda apical foi realizada acima da terceira folha do sexto cacho floral e no período de surgimento dos primeiros frutos maduros. Foram realizadas desbrotas constantes para eliminação de brotos laterais.

Houve ocorrência de oídio (*Oidium sp*), traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) e mosca-branca (*Bemisia tabaci*). Para o controle do oídio foi feita pulverizações nas folhas com leite de vaca cru a 10% (v/v) (Bettiol, Astiarraga e Luiz, 1999) com pulverizador manual de 1000

mL de jato fino. Para as demais pragas, foram feitas três aplicações com Abamectin® (ABAMECTINA 15 mL para 20 L), sendo uma aplicação na fase vegetativa e o restante na fase reprodutiva, usando um 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 00:00 a.m, 6:00 a.m., 9:00 a.m., 11:00 a.m., 12:00 p.m., 2:00 p.m., 3:00 p.m., e 6:00 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 diário.

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. Com o aparecimento dos primeiros cachos a solução nutritiva empregada foi a de frutificação contendo: 12; 3; 3; 1,5 mmol L⁻¹ de N, 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.

As variáveis fenológicas foram mensuradas a cada 30 dias, totalizando 3 épocas de avaliação (30, 60 e 90 dias): número de folhas, por contagem direta; diâmetro da haste principal, em cm, utilizando um paquímetro digital e altura da planta, com auxílio de uma régua graduada. Foi mensurado também o número total de flores. 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 60 dias após transplante, coletando-se apenas os frutos maduros. Em seguida, os frutos foram contados, pesados e classificados em comerciais

e não comerciais, sendo os frutos rachados, com fundo preto, atacados por insetos e muito pequenos definidos como não comerciais e o restante como comerciais (Magán et al., 2008). Para a avaliação do desempenho agrônômico dos híbridos foram avaliadas as seguintes características: massa da matéria fresca total de frutos, número total de frutos comerciais, e massa da matéria fresca dos frutos comerciais.

Visando analisar a qualidade pós colheita, os frutos comerciais maduros foram armazenados em embalagens PET impermeáveis, e submetidos a um período de 30 dias em câmara com temperatura controlada de armazenamento a 25°C no Laboratório de Pesquisa em Sementes da UFV. As avaliações foram feitas em intervalos de 10 dias, totalizando-se assim 4 épocas de avaliação (0, 10, 20, e 30 dias). Foram coletados dois frutos em cada época de avaliação para se determinar a firmeza e o teor de sólidos solúveis totais dos frutos (BRIX). A firmeza foi determinada por meio da utilização do penetrômetro de bancada Soilcontrol/USA modelo PDF-200m com ponteira de 8 mm, e o Brix por meio da leitura direta em refratômetro digital da marca Hanna Instruments, modelo HI 96801, com precisão de 0,1° Brix. utilizando-se a polpa do fruto sem diluição. As avaliações foram feitas no Laboratório de Recursos Genéticos da UFV.

Para as características avaliadas no tempo (número de folhas, altura da planta, diâmetro da haste principal, brix e firmeza), o experimento foi conduzido seguindo um esquema de parcela sub-subdividida, tendo nas parcelas as doses de potássio (2, 5, 7,5, e 10 mmol L⁻¹), nas subparcelas as plantas inoculadas com fungos micorrízicos e o tratamento controle, e nas sub-subparcelas os tempos de avaliações no delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Para as demais características, o experimento foi conduzido em um esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas as doses de potássio e nas subparcelas as plantas inoculadas com fungos micorrízicos e o tratamento controle, no delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

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.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os fatores climáticos, a temperatura é o que mais afeta a cultura do tomateiro. Segundo Filgueira (2008), a temperatura ótima para a produção de tomate varia entre 21 e 28°C durante o dia e 15 a 20°C durante a noite. Para cultivos em ambiente protegido, a máxima permitida é de 30°C e a mínima 12°C para que ocorra um crescimento vegetativo moderado e desejado (Pereira et al., 2000).

Conforme pode ser observado na Figura 1, durante o experimento as temperaturas médias semanais mínimas foram entre 10,8 e 16,5°C e máximas entre 28,2 e 35,4°C. A temperatura máxima no ambiente protegido permaneceu quase que durante todo o período, superior a 30°C. Esses valores de temperatura são considerados limitantes à produção do tomateiro (Martins et al., 1999). Quando a temperatura se afasta do ótimo, causa estresse nas plantas e ocorrência de frutos pequenos e com poucas sementes (Fontes e Silva, 2005). Caliman et al. (2005) esclarecem que com relação aos frutos com diâmetro inferior ao comercial, sua produção provavelmente é resultado da incapacidade da planta em suprir a quantidade de fotoassimilados necessária ao seu desenvolvimento total.

Assim como a temperatura, a umidade relativa do ar é um fator preponderante no cultivo do tomateiro, de preferência deve ser inferior a 90%. Valores superiores a 90% favorecem o desenvolvimento de pragas e doenças, estando os valores adequados entre 70 e 80% para todo o ciclo produtivo da cultura (PENTEADO, 2004; NAIKA et al., 2006). Porém, Alvarenga (2013) recomenda que em casa de vegetação, para o bom desenvolvimento da cultura, esta deve ser cultivada em ambiente com umidade variando entre 50 e 70%. Sendo assim, pode-se dizer que a umidade relativa do ar durante o experimento manteve-se em valores aceitáveis durante o dia, entre 45% e 68% no período da manhã, e entre 25% a 50% no período da tarde (Figura 1).

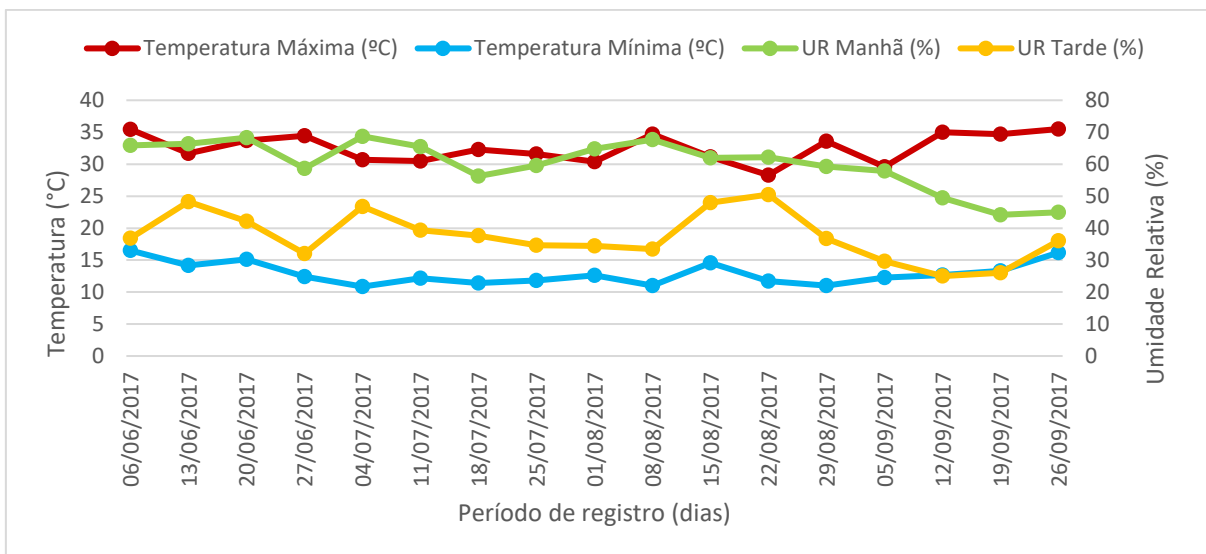


Figura 1. Variação média semanal da temperatura máxima, da temperatura mínima, da umidade relativa do ar máxima, e da umidade relativa do ar mínima, no interior do ambiente protegido, durante o período de condução do experimento. Viçosa, Minas Gerais, 2017.

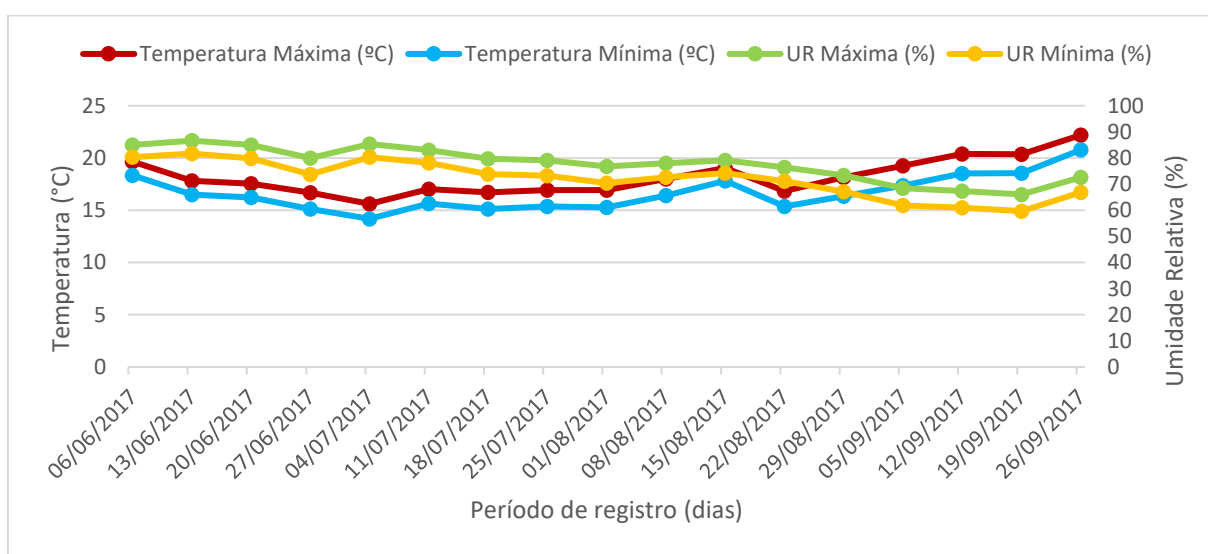


Figura 2. Variação média semanal da temperatura máxima, da temperatura mínima, da umidade relativa do ar máxima, e da umidade relativa do ar mínima, no exterior do ambiente protegido, durante o período de condução do experimento. Viçosa, Minas Gerais, 2017.

Não houve efeito significativo das doses nos tratamentos inoculados e não inoculados para número total de flores e número total de frutos (Tabela 1).

Na menor dose, as plantas inoculadas com fungos micorrízicos *Piriformospora indica* apresentaram a maior massa de matéria fresca total e comercial de frutos. Na dose intermediária de potássio (7.5 mmol L^{-1}) foi observado maiores valores em plantas não micorrizadas (Tabela 1).

Esses resultados sugerem que na menor dose a associação das plantas do tomateiro com os fungos micorrízicos, em especial, o *Piriformospora indica*, foi benéfica para o ganho de massa fresca total e comercial de frutos. Uma hipótese para explicar tal resultado seria que na menor dose, os fungos micorrízicos aumentaram a área de absorção das raízes, melhorando a nutrição das plantas. Porém, na dose intermediária, os fungos se comportaram como parasitas, competindo por nutrientes com as plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por Gomes et al (2011a), onde observaram reduzida dependência micorrízica das plantas do tomateiro cereja com o aumento da dose de biofertilizante aplicada ao solo.

Tabela 1. Valores médios para NTFL (número total de flores por planta), NTF (número total de frutos por planta), MMFTF (massa da matéria fresca total de frutos por planta), MMFFC (massa da matéria fresca dos frutos comerciais por planta) para as respectivas combinações de doses de potássio e micorrizas.

Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)	NTFL				NTF			
	Tratamento de inoculação				Tratamento de inoculação			
	<i>P. indica</i>	FMA	Testemunha	Média	<i>P. indica</i>	FMA	Testemunha	Média
2	140,3Aa	107,6Aa	113,0Aa	120,3	136,0Aa	101,0Aa	117,0Aa	118,0
5	114,6Aa	118,0Aa	106,0Aa	112,8	121,6Aa	125,0Aa	126,0Aa	124,2
7,5	133,0Aa	127,6Aa	121,6Aa	127,4	149,6Aa	114,0Aa	118,6Aa	127,4
10	133,0Aa	135,3Aa	132,3Aa	133,5	148,6Aa	135,0Aa	140,4Aa	141,3
Médias	130,2	122,1	118,2		138,9	118,7	125,5	
CV (%) parcela				19,1				20,9
CV (%) subparcela				11,7				18,3
Doses de Potássio (mmol L ⁻¹)	MMFTF (g)				MMFFC (g)			
	Tratamento de inoculação				Tratamento de inoculação			
	<i>P. indica</i>	FMA	Testemunha	Média	<i>P. indica</i>	FMA	Testemunha	Média
2	1449,3Aa	981,0ABa	1053,5Ba	1161,2	1333,7Aa	833,1Ba	877,1Ba	1014,6
5	1064,8Ab	1102,1Aa	961,0Aa	1042,6	863,7Ab	859,6Aa	668,7Ba	797,3
7,5	1029,8Ab	892,4Aa	1117,3Aa	1013,1	612,7Bb	663,2Ba	885,8Aa	720,5
10	1154,6Aab	1266,3Aa	1106,0Aa	1175,6	924,0Bb	1026,0Aa	840,5Ba	930,1
Médias	1174,6	1060,4	1059,4	1098,1	933,5	845,4	818,0	865,6
CV (%) parcela				18,5				27,5
CV (%) subparcela				18,0				23,6

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

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

O diâmetro da haste principal foi influenciado positivamente por doses e pelo tempo de avaliação tanto nas plantas inoculadas como nas plantas não inoculadas. Os maiores valores foram observados nas maiores doses e maiores tempos. Além disso, pode-se observar que as plantas inoculadas com fungos micorrízicos apresentaram aumento do diâmetro mais rápido em função das doses e do tempo quando comparadas com a testemunha (Figuras 3A, 3B e 3C). Esses resultados corroboram com os apresentados por Gomes et al (2011a) e ZhongQuna et al (2007) que constataram um valor significativamente maior do diâmetro do caule do tomateiro inoculado com fungos micorrízicos em relação ao tratamento não micorrizado. Em outro trabalho, Kanai et al. (2011) observaram redução do diâmetro de plantas de tomate sob condições de deficiência de potássio.

O caule bem desenvolvido reflete nas demais estruturas das plantas por sustentar os órgãos fotossintéticos e reprodutivos no meio mais adequado para desempenharem suas funções, além de manter o sistema de vasos condutores, que possibilita a comunicação fonte-dreno (Winter, 1986). Portanto, um maior diâmetro de caule pode estar relacionado com um maior conjunto de vasos condutores e capacidade de sustentar maiores cargas mecânicas.

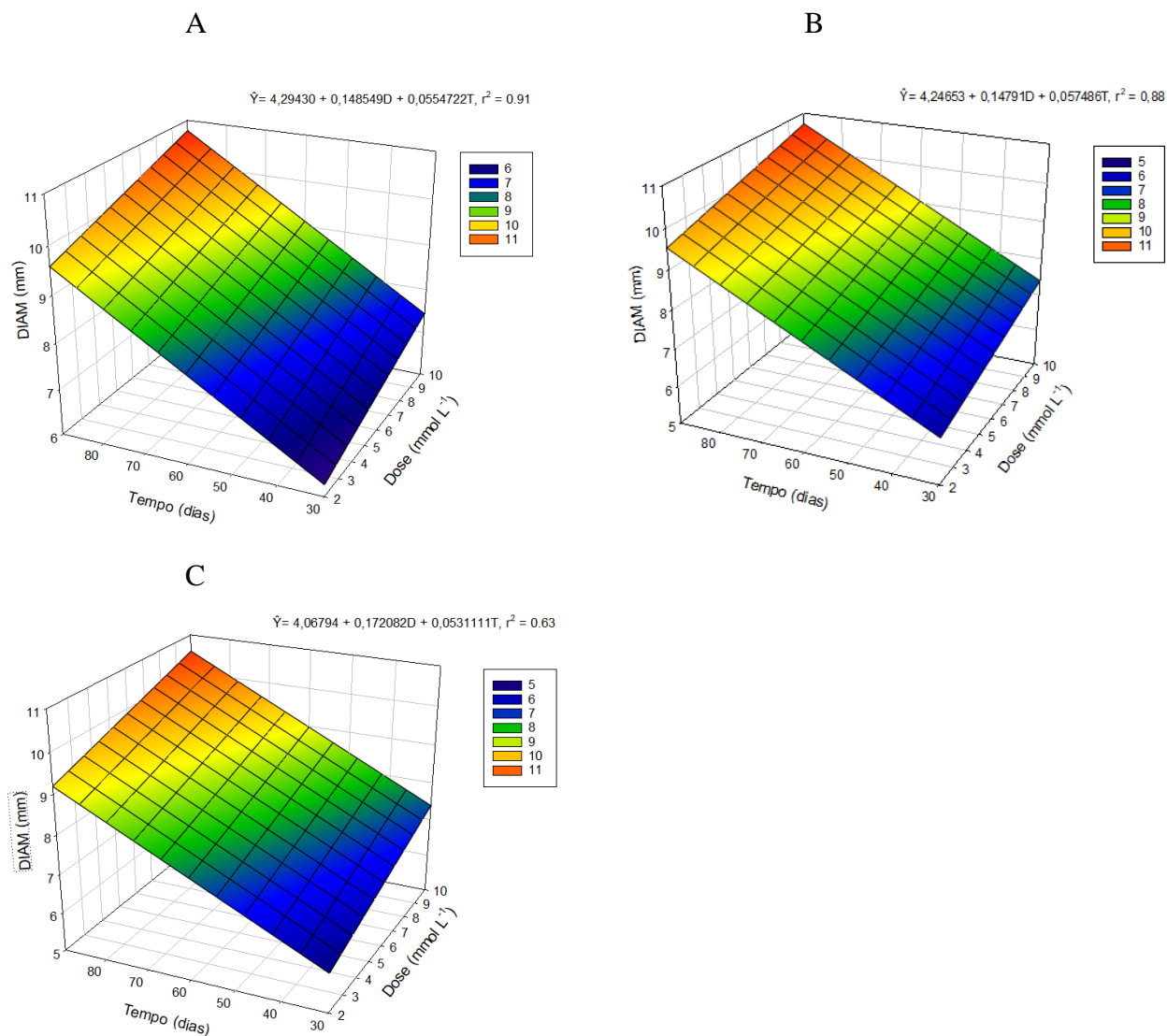


Figura 3. Diâmetro da haste principal do minitomate “Mascot” em função de doses de potássio e do tempo de avaliação das plantas de tomate inoculadas com *Piriformospora indica* (A), FMA (B) e testemunha (C).

Com relação à altura das plantas e ao número de folhas, não houve efeito significativo da associação com fungos micorrízicos e da aplicação das doses de potássio nessas características de crescimento, que apresentaram comportamento linear crescente em função do aumento no número de dias, conforme era esperado (Figuras 4A e 4B).

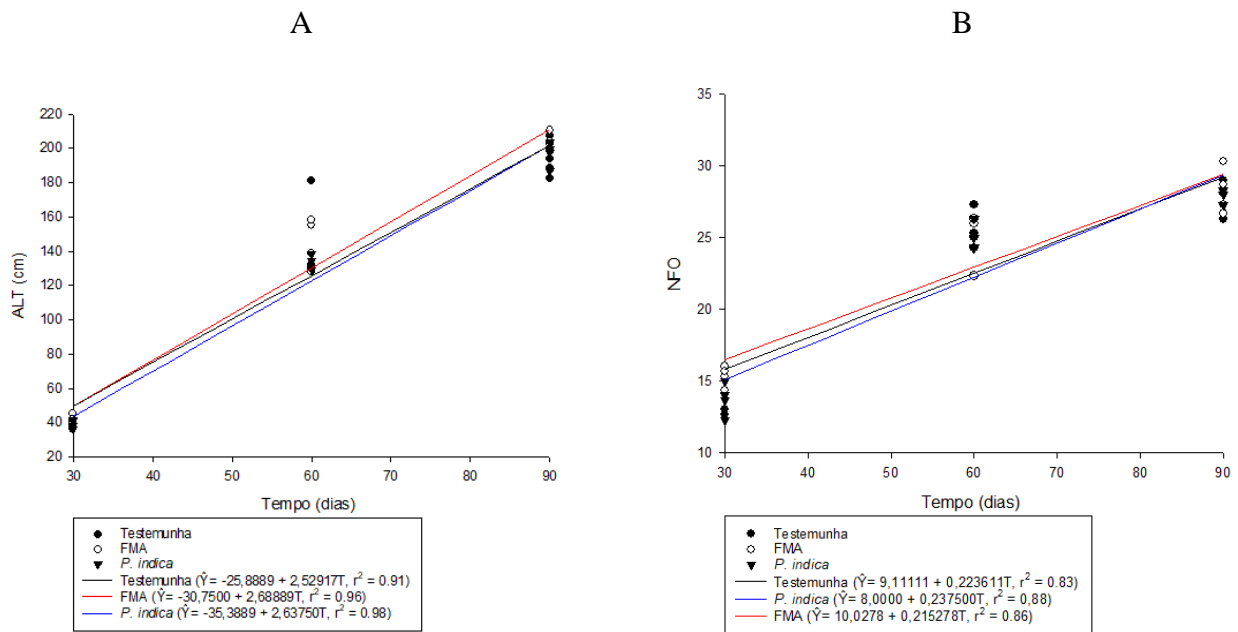


Figura 4. (A) altura da planta (ALT) e (B) número de folhas (NFO) do minitomate “Mascot” cultivado, em sistema hidropônico, em função dos tempos de cultivo.

O teor de sólidos solúveis (Brix) foi influenciado por doses e pelo tempo de armazenamento tanto nas plantas inoculadas como nas plantas não inoculadas. Os maiores valores foram observados nas maiores doses de K e menores tempos de armazenamento (Figura 5A, 5B e 5C). Valores de grau Brix acima de 5 indicam frutos de tomate de alta qualidade. O aumento do teor de sólidos solúveis está relacionado com o sabor dos frutos, por ser essa fração composta por ácidos e açúcares, conferindo assim maior qualidade ao produto (Morgan, 1997).

Segundo Araújo (2015) trabalhando com o mesmo grupo de minitomate, cultivos em vasos promovem melhores resultados em relação ao Brix devido à menor disponibilidade de água às plantas, associada a maior disponibilidade nutricional no tempo, principalmente de K_2O . Isso decorre do volume reduzido de substrato e do fato de não haver competição por nutrientes com outras plantas. Porém, os valores de Brix encontrados em seu estudo foram em média de 5,84, sendo abaixo dos valores encontrados no presente trabalho (média entre 6,6 e 6,8). A diferença nos resultados de Brix podem estar relacionados às características da cultivar utilizada no experimento.

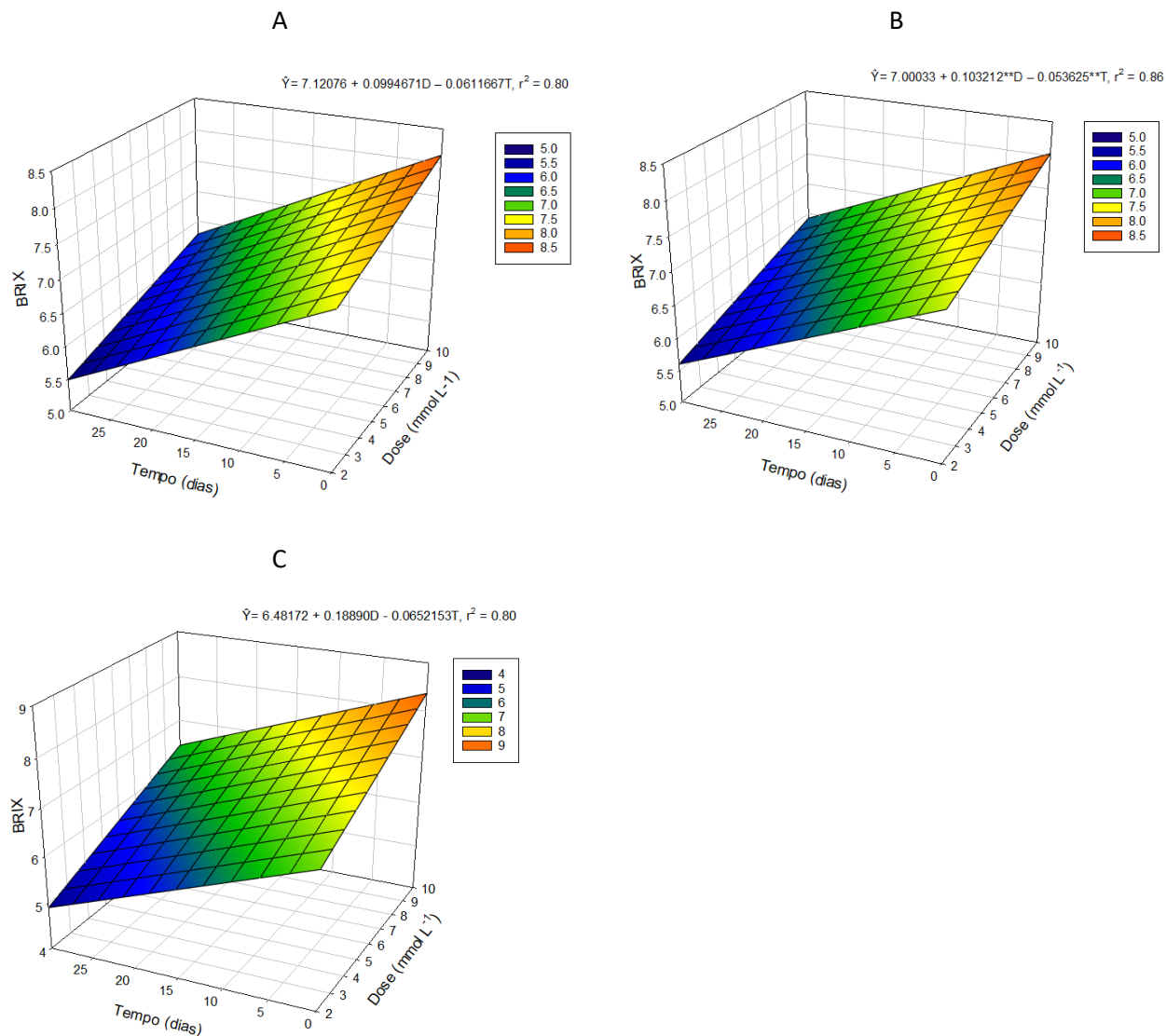


Figura 5. Sólidos solúveis totais (Brix) em função de doses de potássio e do tempo de armazenamento dos frutos de tomate inoculadas com *Piriformospora indica* (A), FMA (B) e testemunha (C).

Para a firmeza dos frutos não se evidenciou efeito de dose de potássio, tempo de armazenamento e inoculação com fungos micorrízicos. Os tratamentos apresentaram média de 23,31 N/mm² para essa variável ao longo do período de armazenamento.

4 CONCLUSÕES

Para o cultivo hidropônico de minitomate do grupo grape, o benefício da associação com fungos micorrízicos, em especial, o *Piriformospora* indica, é evidenciado nas menores doses de potássio com ganhos na massa de matéria fresca total e comercial de frutos e no aumento do diâmetro da haste principal.

Doses crescentes de potássio promovem aumentos do diâmetro da haste principal e do Brix em tomateiro grape.

O armazenamento a 25°C reduziu o Brix dos frutos de tomate grape “Mascot”.

5 REFERÊNCIAS

ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. **Acta Hortíc.**, v.1, n. 361, p. 254-257, 1994.

AL-KARAKI, G.N. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. **Scientia Horticulturae**, v.109, n.1, p.1-7, 2006.

ALVARENGA, M.A.R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2013. 455p.

ANDRIOLO, J.L.; WITTER, M.; ROSS, T.; GODOI, R.S. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do tomateiro cultivado em substrato com três concentrações de nitrogênio na solução nutritiva. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.1451-1457, 2003.

ARAÚJO, H.F. **Produção de minitomate em sistema orgânico em ambiente protegido**. 2015. 167 p. Tese (doutorado em Engenharia Agrícola na área de Construções Rurais e Ambiência) – Universidade Estadual de Campinas.

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, n.1, p. 131-141, 2015.

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**, v. 18, n.8, p. 489-492, 1999.

CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; STRINGHETA, P. C.; MOREIRA, G. R.; CARDOSO, A. A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p. 5068-5074, 2005.

CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAUJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T.; (Ed.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005, p.95-104.

DOUDS JR., D.D.; LEE, J.; MCKEEVER, L.; ZIEGLER-ULSH, C.; GANSER, S. Utilization of inoculum of AM fungi produced on-farm increases the yield of *Solanum lycopersicum*: A summary of 7 years of field trials on a conventional vegetable farm with high soil phosphorus. **Scientia Horticulturae**. v. 207, n.1 p. 89–96, 2016.

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, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, 2008. 421 p.

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

FRANKEN, P.; BUTEHORN, B.; VARMA, A. Piriformospora indica, a cultivable root cell-infecting fungus promotes the growth of a broad range of plant species. **International Conference on Mycorrhiza**. v.65, n.6, p.2741-2744, 1998.

GOMES, J.J.; SILVA, A. J. A.; SILVA, L. L. M.; SOUZA, F. T.; SILVA, J. R. Crescimento e produtividade de tomateiros do grupo cereja em função da aplicação de biofertilizante líquido e fungo micorrízico arbuscular. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.627-633, 2011a.

GOMES, J.V.S.; DIAS, N.S.; OLIVEIRA, A.M.; BLANCO, F.F.; SOUZA NETO, O.N. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.850-856, 2011b.

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.

KANAI, S.; KANAI, S.; MOGHAIEB, R. E.; EL-SHEMY, H. A.; PANIGRAHI, R.; MOHAPATRA, P. K.; ITO, J.; NGUYENA, N. T.; SANEOKAA H.; FUJITA, K. Potassium deficiency affects water status and photosynthetic rate of the vegetative sink in green house tomato prior to its effects on source activity. **Plant Science**, v. 180, n. 2, p. 368-374, 2011.

KRUMBENIN, A.; AUERSWALD, H. Characterization of aroma volatiles in tomatoes by sensory analyses. **Nahrung**, v.42, n.6, p.395-399, 1998.

MACHADO, M.A.R.; OLIVEIRA, G.R.M.; PORTAS, C.A.M. Tomato root distribution, yield and fruit quality under subsurface drip irrigation. **Plant and Soil**, v. 255, n.1, p. 333-341, 2003.

MAGÁN, J. J.; GALLARDO, M.; THOMPSON, R. B.; LORENZO, P. Effects of salinity on fruit yield and quality of tomato grown in soil-less culture in greenhouses in Mediterranean climatic conditions. **Agricultural Water Management**, v. 95, s/n, p. 1041-1055, 2008.

MARTINEZ, H.E.P. **Manual prático de hidroponia**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2006. 271p.

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

MARTINS, S.R.; FERNANDES H.S.; ASSIS F.N.; MENDEZ M.E.G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, v.20, n.200, p.15-23, 1999.

MEIRA-HADDAD, L.S., CRUS, C. & KASUYA, M.C.M. *Piriformospora indica* em raízes de cenoura transformada e na germinação de raízes de tomateiro. **FERTBIO 2010**. Guarapari, Espírito Santo, Brazil. CD-rom. 2010.

MELO, A.S.; BRITO, M.E.B.; DANTAS, J.D.M.; SILVA JÚNIOR, C.D.S.; FERNANDES, P.D.; BONFIM, L.V. Produção e qualidade do pimentão amarelo sob níveis de potássio em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.1, p.17-21, 2009.

MELO, N. C. Cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) hidropônico sob diferentes níveis de fósforo e potássio em solução nutritiva. **Agroecossistemas**, v. 6, n. 1, p. 10-16, 2014.

MORGAN, L. Single truss tomato production in NFT systems. **Practical Hydroponics & Greenhouses**, v.31, n.1, p. 42-47, 1996.

NAIKA, S.; JEUDE, J. V.; GOFFAU, M.; HILMI, M.; DAM, B. V. **A cultura do tomate produção, processamento e comercialização**. 1. ed. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA, 2006. 104p

PENTEADO, S.R. **Cultivo orgânico de tomate**. 1.ed. Viçosa: Aprenda fácil. 2004. 214p

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

READ, D.J.; SMITH, S.E. **Mycorrhizal symbiosis**. Academic Press. 3. ed. 2008. 787 p

ROCHA, M.Q. **Crescimento, fenologia e rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico**. 2009. 129 p. Dissertação (Mestrado do Programa de pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas.

RODRIGUES, M.B.; DORNELLES, A.L.C.; SILVA, V.O.M.Z.; PESSOA, C.A.; SERRALHA, B.C.S.; SILVA, D.A.G.; PEREIRA, M.B. Caracterização morfológica de 25 cultivares de tomateiro tipo cereja – caracteres da planta. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.1, p.2261-4467, 2008.

VARMA, A.; VERMA, S.; SUDHA, SAHAY, N.; BUTEHORN, B.; FRANKEN, P. *Piriformospora indica*, a cultivable plant-growth-promoting root endophyte. **Applied and Environmental Microbiology**, v.65, n.6, p.2741-2744, 1999.

ZHONGQUNA, H.; CHAOXINGA, H.; ZHIBIN, Z.; ZHIRONG, Z.; HUAISONG, W. Changes of antioxidative enzymes and cell membrane osmosis in tomato colonized by arbuscular mycorrhizae under NaCl stress. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v.59, n.2, p.128-133, 2007.

WINTER, E. J. **A água, o solo e a planta**. 2ª ed. São Paulo: Nobel, 1986. 170p.

6 ANEXO

Tabela 2. Síntese da análise de variância para as características avaliadas: NTFL (número total de flores por planta), NTF (número total de frutos por planta), MMFTF (massa da matéria fresca total de frutos por planta) e MMFFC (massa da matéria fresca dos frutos comerciais por planta) do minitomate “Mascot” cultivado, em sistema hidropônico.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios	
		NTFL	NTF
Dose	3	717,85*	866,14*
Resíduo (a)	8	210,91	550,55
Micorriza	2	449,36 ^{ns}	1257,17 ^{ns}
Dose X Micorriza	6	230,32 ^{ns}	305,06 ^{ns}
Resíduo (b)	16	559,20	715,87
CV(%) parcela		11,75	18,35
CV(%) subparcela		19,13	20,93

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

*significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

**significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 3. Síntese da análise de variância para as características avaliadas: DIAM (diâmetro da haste principal), NFO (número de folhas) e ALT (altura da planta) do minitomate “Mascot” cultivado, em sistema hidropônico.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios		
		DIAM	NFO	ALT
Dose	3	8.108821**	9.148148 ^{ns}	1040.065*
Resíduo (a)	8	0.8998972	3.648148	176.3426
Micorriza	2	0.8447509 ^{ns}	4.398148 ^{ns}	545.5926 ^{ns}
Dose x Micorriza	6	0.7235127 ^{ns}	2.509259 ^{ns}	317.9167 ^{ns}
Resíduo (b)	16	1.375451	5.287037	364.0683
Tempo	2	105.5318**	1840.343**	227559.7**
Tempo x Dose	6	2.413858 ^{ns}	7.787037 ^{ns}	545.9259*
Tempo x Micorriza	4	0.9075870 ^{ns}	2.398148 ^{ns}	189.1759 ^{ns}
Tempo x micorriza x Dose	12	1.814530 ^{ns}	4.064815 ^{ns}	150.4444 ^{ns}
Resíduo (c)	48	1.532374	3.699074	153.5486
CV(%) parcela		11.854	8.461	10.502
CV(%) subparcela		13.829	10.185	15.090
CV(%) subsubparcela		14.596	8.519	9.800

*significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

**significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 4. Síntese da análise de variância para sólidos solúveis (BRIX) e firmeza do minitomate “Mascot” cultivado em sistema hidropônico, em função de quatro doses de potássio e da inoculação com fungos micorrízicos.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios	
		BRIX	Firmeza
Dose	3	7,51**	19,51 ^{ns}
Resíduo (a)	8	0,6462	25,79
Micorriza	2	0,4096 ^{ns}	0,8971 ^{ns}
Micorriza x Dose	6	0,6875 ^{ns}	18,4322 ^{ns}
Resíduo (b)	16	0,3882	15,81
Tempo	3	25,97**	150,92**
Tempo x Dose	9	0,1594 ^{ns}	44,99**
Tempo x Micorriza	6	0,1236*	6,08 ^{ns}
Tempo x Micorriza x Dose	18	0,1030 ^{ns}	15,94 ^{ns}
Resíduo (c)	72	0,1804	14,49
CV (%) parcela		11,87	21,63
CV (%) subparcela		9,20	16,94
CV (%) sub subparcela		6,27	16,22

*significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

**significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.