Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Nutrigação da abobrinha italiana em ambiente protegido

Adriano Bicioni Pacheco

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas
Agrícolas

Piracicaba
2019

Adriano Bicioni Pacheco
Engenheiro Agrícola e Ambiental

Nutrigação da abobrinha italiana em ambiente protegido

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **SERGIO NASCIMENTO DUARTE**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas
Agrícolas

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Pacheco, Adriano Bicioni

Nutrição da abobrinha italiana em ambiente protegido / Adriano Bicioni Pacheco. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2019.

75 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Cucurbita pepo* L. 2. Condutividade elétrica 3. Relação N:K 4. Hidroponia aberta 5. Nutrição de plantas I. Título;

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Alzino e Zenaide, por estarem entre as pessoas mais inteligentes que conheço, alcançando conquistas muito além das oportunidades que lhes foram dadas, e, principalmente, pelo amor e princípios doados sem limites.

Ao meu irmão Alessandro Bicioni Pacheco
(*in memoriam*) pela coragem, força e amor à família.

À minha irmã Andreia Bicioni Pacheco
Dourado pelo apoio, ensinamentos e preocupação com meu futuro.

Dedico!!!

Aos meus subrinhos Luana, Miguel e Pedro,
que nos encham de esperanças e alegrias,

Ofereço!!!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proporcionar suas bênçãos e me acompanhar e dar forças aos desafios que desabocharam ao longo do caminho.

Aos meus pais, Alzino F. Pacheco e Zenaide B. Pacheco, e meus irmãos Alessandro B. Pacheco e Andréia B. P. Dourado, pela compreensão, amor, apoio moral, conselhos, por acreditar em mim e prezarem por minha liberdade.

Ao meu orientador Dr. Sergio Nascimento Duarte, pelos ensinamentos, incentivos, humanidade, respeito, amizade, sinceridade, e principalmente, por estar sempre presente em acompanhar meus “passos” no Doutorado.

A Ana Laura T. Simões, Thaís S. Charles, Jéssica G. Nascimento, Timóteo H. S. Barros, Ailson M. Almeida, Alex N. Almeida, Tarcio R. Lopes, Larissa B. Moura, José Eustáquio Campos Jr., Rogerio Lavanholi, Diego José S. Pereira, Luísa Carolina S. Leis e Jordi G. Vernooy, primeiramente pela amizade, e por toda a ajuda e disposição com algumas atividades durante experimento.

Aos professores Dr. Rubens Duarte Coelho e Dr^a. Patricia Angélica Alves Marques por compartilharem recursos físicos (equipamentos e ambiente protegido), imprescindíveis na execução e avaliação do experimento.

Aos amigos e companheiros da Pós-Graduação, com quem tive o prazer de conhecer e conviver, Jéssica, Pedro, Hugo, Thaís, Luísa, Fernanda, Débora, Arthur, Tarcio, Luciano, Larissa, Rubmara, Ailson, Alex, Nathalia Rogerio, Diego, Ana Sátiro, Amauri, Danielle, Simone, Elizabeth, Wagner Bombardelli, Wagner Wolff, Heliziani, Thuane, Júnior, Juliana, Brenda, Angelo, Carlos, Asdrubal, Maria, Otávio, Timóteo, Luiz, Jéfferson, Flávio, Isabela, Éder, Verônica, Leonardo, Éric, Fabrício, obrigado por participarem junto a mim nesta jornada acadêmica.

Aos “irmãos de orientação” Asdrubal, Hugo, Jéssica, Luísa, Pedro Ramualyson e Thaís pela amizade, conselhos, momentos de descontração, companherismo e entusiasmo.

À Silvia Maria Guerra Molina pela amizade e carinho e por coordenar o Grupo Terapêutico-vivencial da base junguiana que proporcionou o meu autoconhecimento e reconhecer minhas principais motivações.

À equipe do Atletismo Esalq da Associação Atlética Acadêmica Luiz de Queiroz pela amizade, união, entusiasmo e receptividade, que foram características muito preciosas nos treinos que auxiliaram manter a saúde física.

Ao Coral Luiz de Queiroz, em nome da Maestrina Cíntia Pinotti a todos os integrantes, pela amizade e pelo amor à música, que me ajudou a trabalhar minha comunicação e expressão verbal.

A equipe do Departamento de Biosistemas, Davilmar, Ângela, Beatriz, Fernanda, Paula, Gilmar, Sr. Antonio, Sr. Luiz e Jair, pela ajuda administrativa e técnica com entusiasmos.

A Comissão Examinadora do Exame de Qualificação Rubens Duarte Coelho, Patrícia Angelica Alves Marques, Simone da Costa Mello, Fernando Campos Mendonça, Paulo Hercílio Viegas Rodrigues, pela disponibilidade de tempo, sugestões, correções e contribuições muito valiosas ao projeto.

A Esalq/USP pelo apoio institucional e pelas oportunidades propiciadas durante o Curso de Doutorado. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que contribuíram de alguma maneira com alguma etapa da minha formação, muito obrigado.

EPÍGRAFE

“ODE ALLA ZUCCHINA IN FIORE

Che ti senti, caro fiore!
Lo so bene, non puoi dirlo!
Quando il sole, accende il giorno,
l'ape succhia dal tuo cuore.
Poi, col vento, vola sopra un altro fiore.
E' dal nettare che nasce
quel batuffolo di vita,
che si chiama impollinazione:
inizia fin dalla mattina
e produce una zuccchina.”

Sferaprimeva, 2014

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. A cultura da abobrinha italiana	15
2.2. Cultivo de hortaliças em ambiente protegido.....	17
2.3. Tolerância das plantas à salinidade	18
2.4. Substrato em cultivos protegidos	19
2.5. Uso de soluções nutritivas no cultivo em substrato	21
2.6. Nitrogênio na nutrição mineral de plantas	22
2.7. Potássio na nutrição mineral de plantas	23
2.8. Nitrogênio, potássio e sua relação na nutrição mineral das plantas	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Localização do experimento e delineamento experimental.....	27
3.2. Preparação e uso da solução nutritiva	28
3.3. Caracterização do substrato	29
3.4. Monitoramento das variáveis micrometeorológicas.....	30
3.5. Sistema e manejo da fertirrigação	32
3.6. Implantação e condução do experimento	34
3.7. Variáveis	35
3.8. Análise estatística.....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1. Características de crescimento	39
4.2. Características da atividade fotossintética.....	43
4.3. Qualidade dos frutos da abobrinha.....	45
4.4. Área foliar, características produtivas e uso da água	48
4.5. Concentrações dos macronutrientes primários.....	53
4.6. Concentrações dos macronutrientes secundários	58
4.7. Acúmulo total dos macronutrientes nas plantas de abobrinha italiana.....	63
5. CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS	69

RESUMO

Nutrição da abobrinha italiana em ambiente protegido

A abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) é uma das principais hortaliças produzidas no cenário nacional e mundial. Sua produtividade e qualidade dos frutos está diretamente relacionada a diversos fatores que influenciam o sistema produtivo, como a nutrição das plantas e a possibilidade de salinização do meio. Assim, objetivou-se avaliar as características de desenvolvimento, de atividade fotossintética, de qualidade, de produção e nutricionais da abobrinha italiana, cultivada em vaso com substrato em ambiente protegido, sob relações N:K e níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva. O experimento foi realizado em ambiente protegido em vasos com capacidade de 8,2 dm³, utilizando substrato comercial AgroLink® Biogrow Fibra/Composto Standard. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial de 5x3, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; e 5,0 dS m⁻¹) e três relações N:K (2:1; 1:1; e 1:2), ambos na solução nutritiva. As mudas foram produzidas em bandejas de polietileno e o transplante foi realizado aos 20 dias após a semeadura, com uma planta por vaso. Foi adotado o espaçamento entre linhas de 1 m e o espaçamento entre plantas foi de 0,5 m. As variáveis foram submetidas à análise de variância pelo teste F e, quando houve diferenças significativas entre os tratamentos, foi aplicado a regressão polinomial para as condutividades elétricas da solução nutritiva e o teste de Tukey para as relações N:K da solução nutritiva. Todos os testes foram realizados em nível de 5% de probabilidade. Para a altura de planta da abobrinha italiana, aos 30 dias após o transplante, a maior altura foi observada na relação de 2:1; aos 45 e 60 dias após o transplante na condutividade elétrica de 1,0 dS m⁻¹ e as relações de 1:1 e 1:2 proporcionaram as maiores médias de altura. A relação N:K da solução nutritiva de 2:1 apresentou uma maior atividade fotossintética para a abobrinha italiana. Os sólidos solúveis totais, acidez titulável e a vitamina C nos frutos da abobrinha italiana apresentaram os maiores valores (4,8°Brix, 0,167 g de ácido cítrico 100 mL⁻¹ de polpa e 25,4 mg 100 mL⁻¹ de polpa) na condutividade elétrica de 5,0 dS m⁻¹. A solução nutritiva com a relação 2:1, apresentou a maior produção da massa fresca dos frutos da abobrinha italiana com a menor disponibilidade de nutrientes (1,0 dS m⁻¹); enquanto que nas relações 1:1 e 1:2, a maior produção foi observada no nível de 2,9 dS m⁻¹. As concentrações e o acúmulo dos macronutrientes minerais apresentaram respostas variadas dependendo do órgão vegetativo analisado. As características de desenvolvimento, de atividade fotossintética, de qualidade, de produção e nutricionais da abobrinha italiana foram influenciadas pela disponibilidade dos nutrientes na solução nutritiva.

Palavras-chave: *Cucurbita pepo* L., Condutividade elétrica, Relação N:K, Hidroponia aberta, Nutrição de plantas

ABSTRACT

Nutrigation of zucchini in greenhouse

The zucchini (*Cucurbita pepo* L.) is one of the main vegetables produced in Brazil and in world scene. Its productivity and fruit quality are related to several factors that influence the system such as plant nutrition and the possibility of salinization of the medium. The objective of this work was to study development, photosynthetic, quality, production and nutritional characteristics of zucchini cultivated in a substrate in a greenhouse under N:K approach and levels of electrical conductivity of the nutrient solution. The experiment was carried out in a 8.2 dm³ potted environment using commercial AgroLink® Biogrow Fiber/Standard Compound substrate. The experimental design was randomized block with three replications in a 5x3 factorial scheme, with five levels of electrical conductivity of the nutrient solution (1.0, 2.0, 3.0, 4.0, and 5.0 dS m⁻¹) and three N: K ratios (2:1; 1:1; and 1:2;), both in the nutrient solution. The seedlings were produced in a styrofoam seedling trays and transplanted at 20 days after sowing with one plant per pot. The row spacing of 1 m was adopted and the spacing between plants was 0.5 m. The variables were subjected to analysis of variance by the F test, and when there were significant differences between treatments, the polynomial regression was applied for the electrical conductivity of the nutrient solution and the Tukey test for the N:K ratio of the nutrient solution. All tests were performed at 5% probability level. For height of zucchini plants at 30 days after transplanting, the highest height was observed in the ratio of 2:1; at 45 and 60 days after transplantation at 1.0 dS m⁻¹ electrical conductivity and 1:1 and 1:2 ratios provided the highest mean height. The N:K ratio of the 2:1 nutrient solution showed the highest photosynthetic activity of zucchini. The total soluble solids, titratable acidity and vitamin C in the fruits of the zucchini showed the highest values (4.8°Brix, 0.167 g citric acid 100 mL⁻¹ pulp and 25.4 mg 100 mL⁻¹ pulp) in conductivity 5.0 dS m⁻¹ power supply. The 2:1 nutrient solution presented the highest yield of fresh fruit mass of the zucchini with the lowest nutrient availability (1.0 dS m⁻¹); while in 1:1 and 1:2 ratios, the highest yield was observed at the 2.9 dS m⁻¹ level. Concentrations and accumulation of mineral macronutrients showed varying responses depending on the vegetative organ. The developmental, photosynthetic, quality, production and nutritional characteristics of the zucchini were influenced by the nutrient availability in the nutrient solution.

Keywords: *Cucurbita pepo* L., Electrical conductivity, Ratio N:K, Open hydroponics, Plant nutrition

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais estruturas morfológicas da abobrinha italiana (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cultivar Corona (Foto: Autor).	15
Figura 2. Vista externa do ambiente protegido (A) e disposição e detalhe da tela termorefletora (B).	27
Figura 3. Croqui do experimento com a distribuição dos tratamentos.....	28
Figura 4. Retenção de água do substrato em função da tensão (média de 3 amostras).....	30
Figura 5. Disposição da estação micrometeorológica e dos sensores no experimento (A); sistema de aquisição de dados com Datalogger CR1000 (B); abrigo meteorológico com termohigrômetro HMP45C (C); e piranômetro de fotodiodo de silício LI200X (D).	31
Figura 6. Temperatura e umidade relativa do ar, médias diárias (A); e radiação solar global diária (B) durante a condução do experimento.	31
Figura 7. Esquema simplificado do sistema de irrigação (A); e disposição geral do sistema no ambiente protegido e no experimento (B).....	32
Figura 8. Conjunto de reservatórios de solução nutritiva (A); motobomba Hydroblock P500 (B); motobomba e cavalete com retorno, filtro de disco e manômetro (C); linha principal e início das linhas de derivação com registros de esfera (D); gotejador autocompensante e microtubo (E); e saída do microtubo com estaca gotejadora (F).	33
Figura 9. Ensaio de vazão dos emissores para determinação dos indicadores de uniformidade do sistema de gotejamento.....	34
Figura 10. Produção de mudas de abobrinha italiana cv. Corona (A); muda de abobrinha italiana após o transplante (B); tutoramento da abobrinha italiana com estaca (C); e vista parcial do experimento com as estacas de tutoramento (D).	34
Figura 11. Resumo das principais atividades e ocorrências da condução do experimento em ordem cronológica. DAT = Dias após o transplante.	35
Figura 12. Retirada da corola da flor masculina (A); polinização manual da flor feminina (B); e detalhe do contato direto das anteras com os estigmas (C).	35
Figura 13. Mensuração nas plantas de abobrinha italiana: da altura de planta com trena métrica (A), do diâmetro de caule com paquímetro digital (B) e atividade fotossintética com o analisador de fotossíntese LI-6400XT (E e D).	36
Figura 14. Pesagem do fruto (A); diâmetro do terço médio do fruto (B); espessura de polpa do terço inferior do fruto (C); trituração da polpa (D); determinação dos sólidos solúveis pelo refratômetro digital (E); titulação (F); ponto de viragem da titulação da acidez titulável (G); e da vitamina C (H).	37
Figura 15. Altura de planta da abobrinha italiana aos 30 (A), 45 DAT (B e C) e 60 DAT (D e E) em função da relação N:K e da condutividade elétrica da solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.	40
Figura 16. Altura média de planta da abobrinha italiana, do transplante das mudas à avaliação final, em função da condutividade elétrica (dS m^{-1}) (A) e da relação N:K da solução nutritiva (B).	41

Figura 17. Diâmetro de caule (A) e número de folhas (B) da abobrinha italiana aos 45 e 30 DAT, respectivamente, em função da relação N:K; e número de folhas da abobrinha italiana aos 60 DAT (C) em função da condutividade elétrica da solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.42

Figura 18. Assimilação de CO₂ (A), condutância estomática (B) e taxa de transpiração da abobrinha italiana em função da relação N:K na solução nutritiva aos 30 dias após o transplante. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, A = fotossíntese, gs = condutância estomática, E = taxa de transpiração. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.44

Figura 19. Diâmetro inferior do fruto da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (A); e espessura de polpa superior da abobrinha italiana em função da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.46

Figura 20. Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B) e vitamina C (C) do fruto da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva.47

Figura 21. Teor de água (A e C) e teor de matéria seca do fruto (B e D) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.48

Figura 22. Área foliar da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por condutividade elétrica não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.49

Figura 23. Massas secas dos limbos foliares (A), dos pecíolos (B) e das folhas C (C) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva.50

Figura 24. Massa seca das raízes da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (A) e da relação N:K na solução nutritiva (B). Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.51

Figura 25. Massa seca dos frutos (A e B); e massa fresca dos frutos (C e D); da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável (B); e por condutividade elétrica (D) não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.52

Figura 26. Concentração de nitrogênio nos pecíolos (A e B); no caule (C); e no fruto (D e E) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável (B e C); e por condutividade elétrica (E); não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.54

Figura 27. Concentração de fósforo nas raízes (A e B); nos pecíolos (C e D); e no fruto (E e F) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, P = fósforo. Letras iguais por condutividade elétrica não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.56

Figura 28. Concentração de potássio nas raízes (A e B); e nos pecíolos (C e D) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.58

Figura 29. Concentração de magnésio nas raízes (A) e nos limbos foliares (C) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva; nos pecíolos (B) e nos frutos (D) da abobrinha italiana em função da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, Mg = magnésio. Letras iguais por condutividade elétrica não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.60

Figura 30. Concentração de enxofre nas raízes (A e B); nos limbos foliares (C); e nos pecíolos (D e E) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, S = enxofre. Letras iguais por variável (B e C) e por condutividade elétrica (E) não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.61

Figura 31. Concentração de enxofre no caule (A e B) e nos frutos (C e D) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, S = enxofre. Letras iguais por condutividade elétrica não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.62

Figura 32. Acúmulo total de nitrogênio (A) na abobrinha italiana em função da relação N:K na solução nutritiva; acúmulo total de cálcio (B e C) na abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, Ca = cálcio. Letras iguais por variável (A) e por condutividade elétrica (C) não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.64

Figura 33. Acúmulo total de magnésio (A) na abobrinha italiana em função da condutividade elétrica na solução nutritiva; acúmulo total de enxofre (B e C) na abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, Ca = cálcio. Letras iguais por condutividade elétrica não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Faixas de concentrações dos nutrientes das soluções nutritivas observadas na literatura (adaptado de Teixeira, 1996)	21
Tabela 2. Concentrações dos nutrientes (mg L^{-1}) das soluções nutritivas estimadas para cada tratamento.....	29
Tabela 3. Caracterização química e físico-hídrica do substrato	30
Tabela 4. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação da altura de planta, diâmetro de caule e número de folhas de abobrinha italiana aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante (DAT).....	39
Tabela 5. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação da atividade fotossintética da abobrinha italiana aos 28 dias após o transplante	43
Tabela 6. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação das características de qualidade dos frutos da abobrinha italiana.....	45
Tabela 7. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação da área foliar e das características produtivas e produtividade da água da abobrinha italiana.....	49
Tabela 8. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação da concentração dos macronutrientes primários dos tecidos vegetais da abobrinha italiana	53
Tabela 9. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação da concentração dos macronutrientes secundários dos tecidos vegetais da abobrinha italiana	59
Tabela 10. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação do acúmulo total dos macronutrientes pela abobrinha italiana.....	63

1. INTRODUÇÃO

A abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) é uma das principais hortaliças produzidas no cenário nacional e mundial, com aceitabilidade e integração na culinária de diversas culturas. Seus frutos são comercializados imaturos com coloração verde-clara, verde-escura ou amarela, dependendo do cultivar, e são caracterizados por terem altos teores de potássio, manganês e vitamina A, além de apresentar baixas calorias (FILGUEIRA, 2007; SHAGUFTA, 2011).

No Brasil, há uma crescente demanda pela abobrinha italiana, acompanhada pelo ensejo de aumento da produtividade e das exigências de qualidade dos frutos (ARAÚJO et al., 2015). Para que a demanda seja atendida de maneira adequada, no planejamento e na execução dos sistemas produtivos, deve-se atentar para os diversos fatores que influenciam o desenvolvimento das plantas, como a nutrição, a salinização do solo e a disponibilidade de luz (VIDIGAL, PUIATTI & SEDIYAMA, 2017).

Em sistemas intensivos, como o cultivo em ambientes protegidos, são observados problemas de salinização do solo, devido ao inadequado manejo da adubação, que acarreta no acúmulo de sais no solo após cultivos sucessivos, agravado pela ausência de precipitações no interior do ambiente (MEDEIROS et al., 2016). Nesse sentido, para a nutrição, principalmente de hortaliças em ambientes protegidos, uma das estratégias adotadas é o cultivo sem o uso do solo, como a hidroponia e o emprego de substratos, no qual, por vezes, recebe a denominação nutrição (FRATONI et al, 2016). Para esses sistemas, o equilíbrio entre os nutrientes, o pH e a condutividade elétrica da solução nutritiva são fatores básicos no manejo das culturas.

Na nutrição das plantas de abobrinha italiana, a adequada recomendação de nitrogênio (N) e de potássio (K) é crucial para o seu bom desenvolvimento, por serem os dois nutrientes absorvidos em maiores quantidades pela cultura e desempenharem funções essenciais (VIDIGAL, PUIATTI & SEDIYAMA, 2017).

O nitrogênio é constituinte básico de aminoácidos, ácidos nucleicos, enzimas e da clorofila, e por isso está presente nas principais reações bioquímicas nas plantas. Por sua vez, o potássio apresenta diversas funções fisiológicas e metabólicas, como ativação enzimática, translocação de fotoassimilados e atuação na regulação osmótica, promovendo melhorias no uso da água (TAIZ & ZEIGER, 2013).

No balanceamento nutricional, destaca-se a interação entre nitrogênio e potássio, pois a absorção de um elemento eleva a demanda do outro, por terem funções fisiológicas complementares (CANTARELLA, 2007), que influenciam o crescimento, o desenvolvimento e a produção das plantas e a qualidade dos frutos.

Para a abobrinha italiana, os sistemas sem o uso de solo estão em implementação e expansão, não havendo ainda estudos que relacionem a relação nitrogênio/potássio com níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar as características de desenvolvimento, de atividade fotossintética, de qualidade, de produção e nutricionais da abobrinha italiana cultivada em vaso com substrato em ambiente protegido, sob relações N:K e níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura da abobrinha italiana

A abobrinha italiana, juntamente com algumas outras variedades de abóboras, pertencem à espécie *Cucurbita pepo* L. da família Cucurbitaceae. É caracterizada por apresentar hábito de crescimento ereto, mesmo apresentando caule herbáceo; as hastes são curtas e a arquitetura forma uma típica moita. É uma planta compacta que apresenta folhas recortadas, de coloração verde e manchas prateadas. Seu sistema radicular pode ultrapassar a um metro de profundidade, apesar de se concentrar principalmente na camada de 0,0-0,2 m do solo, com raízes extensas e superficiais (Figura 1) (FILGUEIRA, 2007).

Figura 1. Principais estruturas morfológicas da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) cultivar Corona (Foto: Autor).

Como as demais cucurbitáceas, a abobrinha italiana apresenta flores amarelas e monoicas; geralmente as femininas são menos numerosas e com ovário alongado que prevê a fisionomia do futuro fruto, aparecendo a partir da quarta ou quinta folha (Figura 1). Há a necessidade de vetores de polinização, principalmente as abelhas (NEPI & PACINI, 1993).

Os frutos tendem ao formato cilíndrico, com as extremidades afiladas e, para o consumo humano, é colhido imatura com cerca de 20 centímetros de comprimento e com cerca de 200 a 500 gramas. O pedúnculo é acanelado de seção pentagonal, não se achatando na inserção do fruto

(Figura 1). No Brasil, é mais difundido os cultivares que apresentam frutos com coloração verde-clara, podendo haver estrias longitudinais verde-escuras. Em outros países, o mercado consumidor prefere cultivares com coloração verde-escura e existem híbridos com cor amarela (ROBINSON & DECKER-WALTERS, 1997; FILGUEIRA, 2007; SHAGUFTA, 2011; LOPES, AMARO & BARBIERI, 2017).

As colheitas dos frutos geralmente são realizadas entre os 45 e 60 dias após a semeadura. O ideal é que as colheitas sejam realizadas em dias alternados, para estimular a formação e o desenvolvimento dos frutos; porém, onde há limitação de mão-de-obra, a colheita é realizada duas vezes por semana para melhorar a eficiência operacional da colheita. Pode-se obter uma produtividade de cerca de 8 a 10 Mg por hectare de frutos (FILGUEIRA, 2007).

No ano de 2017, foram comercializadas cerca de 37,4 mil Mg de abobrinha italiana pela Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), provenientes dos Estados de São Paulo e Minas Gerais (CEAGESP, 2019). Juntamente com o aumento do consumo, é crescente a demanda por produtos de qualidade, nos quais tamanho, coloração, uniformidade, textura da casca e características químicas sejam valorizados (ARAÚJO et al., 2015).

No contexto culinário, a abobrinha italiana é ingrediente base para vários pratos principais ou acompanhamentos, por ter se integrado na culinária de diversas culturas, e se tornado uma importante hortaliça no contexto mundial. Em termos nutricionais, apresenta baixas calorias e é rica em potássio, manganês e vitamina A, sendo que para cada 100 g de fruto fresco, tem-se cerca de 17 kcal, 261 mg, 0,1mg e 200 IU, respectivamente (SHAGUFTA, 2011).

A abobrinha italiana é originária da América Latina e foi difundida na Europa primeiramente pelos espanhóis; porém, boa parte do início das seleções de cultivares foram realizadas principalmente na Itália (ROBINSON & DECKER-WALTERS, 1997; FILGUEIRA, 2007). Entre as principais denominações da abobrinha italiana, vale ressaltar que é conhecida em italiano como *zucchini*, em inglês *zucchini*, e em francês como *courgette* (SHAGUFTA, 2011). No Brasil, a cultura da abobrinha italiana recebe diferentes nomes, sendo as mais comuns, abobrinha de árvore, abóbora de moita, abobrinha de tronco e caserta (FILGUEIRA, 2007; AZAMBUJA et al., 2015).

Nesse sentido, as cucurbitáceas apresentam grande diversidade genética devido práticas regionais de cultivo. Embora muitos destes sistemas produtivos estejam convergindo para técnicas eficazes e semelhantes de produção comercial, as diferenças entre as espécies, mesmo no nível das cultivares, exigem que seja dada atenção individual à variedade cultivada, quanto às necessidades nutricionais, hídricas e ambientais da cultura (ROBINSON & DECKER-WALTERS, 1997).

2.2. Cultivo de hortaliças em ambiente protegido

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido vem se destacando por apresentar ganhos de produtividade e qualidade devido às possibilidades de controle microclimático. Os sistemas de produção são intensivos e competitivos, resultando em aumento da produtividade, redução na sazonalidade da produção, segurança da produção e uso racional da água e dos nutrientes (MALLER et al., 2013; VIOL et al., 2017a). Contudo, deve-se planejar com cautela para garantir retorno econômico do sistema produtivo.

O termo ambiente protegido apresenta grande abrangência de práticas. Há vários tipos de estruturas que promovem alguma proteção ambiental às plantas, destacando as estufas plásticas por serem mais difundidas e apresentarem a possibilidade de atender a uma maior diversidade de culturas com poucas modificações internas, para atender às especificidades de manejo (PEREIRA & MARCHI, 2000).

As estruturas físicas mais utilizadas nas estufas são constituídas pela fundação em baldrame, vigas de alumínio ou zinco e cobertura de plástico. O uso dos plásticos na Agricultura é denominado de Plasticultura. A principal resina utilizada para filmes em ambientes protegidos é a de polietileno de baixa densidade, por apresentar baixo custo e manter a qualidade satisfatória. Contudo, apresenta pouca durabilidade e baixa capacidade termoisolante (TANIGUCHI, 2008).

As estufas são consideradas sistemas integrados por empregar um conjunto de soluções no controle de diversos fatores que influenciam no desenvolvimento das culturas (PEREIRA & MARCHI, 2000). Geralmente, os sistemas produtivos comerciais de cucurbitáceas em ambientes protegidos possuem equipamentos para controlar um ou mais fatores, tais como a iluminação complementar, o sombreamento, o aquecimento, o resfriamento, a ventilação, a umidificação e a concentração de dióxido de carbono (ROBINSON & DECKER-WALTERS, 1997).

Considerando que não há precipitação e que os nutrientes geralmente são aplicados via fertirrigação, o sistema de irrigação adotado no ambiente protegido tem impacto direto no uso racional de água e nutrientes. Os sistemas que geralmente são adotados são por aspersão com os emissores suspensos ou por gotejamento, exceto quando os sistemas de cultivo são por hidroponia (ROBINSON & DECKER-WALTERS, 1997).

Nos sistemas produtivos em ambiente protegido geralmente há uma maior eficiência no uso da água, por causa da diminuição da incidência da radiação solar global e do vento, que reduz a evapotranspiração, além do melhor manejo e controle da água aplicada pelo sistema de irrigação (REIS et al., 2009; VIOL et al., 2017a). Entretanto, nesses ambientes são facilmente identificados solos com problemas de salinização. Este fato ocorre em virtude do inadequado manejo dos fertilizantes, que acarreta em um acúmulo de sais nas camadas superficiais do solo ao longo do

tempo, e em consequência da ausência de precipitações (PEREIRA & MARCHI, 2000; MEDEIROS et al., 2016).

Neste sentido, há algumas estratégias para evitar ou minimizar a salinização. Em sistemas produtivos com uso do solo, utilizam-se sistema de drenagem, mulching, rotação de culturas, adubos orgânicos, maior parcelamento das recomendações de adubos químicos, fertirrigação, entre outras estratégias (PEREIRA & MARCHI, 2000).

Outras alternativas que se expandiram com o maior uso de ambientes protegidos são os sistemas sem solo com o uso de soluções nutritivas, como a hidroponia e o cultivo em substratos com estruturas de acomodação deste. Por isso, o cultivo em substratos em vasos é uma boa opção para evitar a salinização do solo, pois a movimentação dos nutrientes é restringida pelo vaso, evitando, ainda, possíveis contaminações das águas subterrâneas devido à lixiviação dos nutrientes (FRATONI et al., 2016).

Portanto, no cultivo de hortaliças em ambiente protegido, deve-se buscar operar as estruturas de proteção e os equipamentos de controle de modo a otimizá-los, integrando com o manejo da cultura para atender suas necessidades ambientais, nutricionais e hídricas. Estes cuidados resultam em produtividade e qualidade dos produtos satisfatórias para o produtor e consumidor (DAREZZO et al., 2004).

2.3. Tolerância das plantas à salinidade

A salinidade nos solos ou em substratos limita o desenvolvimento e a produção das plantas, principalmente por comprometer a absorção de água e nutrientes e causar a absorção em excesso dos elementos não essenciais. Com o excesso de sais no substrato, há uma redução do potencial osmótico, limitando a absorção de água pelo sistema radicular, podendo ocasionar déficit hídrico nas plantas (MEDEIROS et al., 2016; SANTOS et al., 2016).

A toxicidade de íons refere-se ao aumento na concentração dos elementos não essenciais, provocando redução na produção, devido ao desbalanceamento na disponibilidade de um outro nutriente. Com excesso de sódio ou cloreto na solução do solo ou do substrato, ocorre um aumento da absorção desses elementos, apesar da seletividade na absorção, que competem na absorção de nutrientes, ocasionando desequilíbrio com possíveis deficiências nutricionais e modificações nas respostas fisiológicas (MEDEIROS et al., 2016; SANTOS et al., 2016).

Os sintomas visuais em plantas que indicam problemas de salinidade, inicialmente, ocorrem nas folhas, com murchamento, amarelecimento ou atrofiamento, evoluindo para o

necrosamento da bordadura das folhas ou manchas bronzeadas pelo limbo foliar (MACHADO & SERRALHEIRO, 2017).

A tolerância à salinidade de uma cultura é definida como a capacidade de amenizar os efeitos do excesso de sais na zona radicular (MACHADO & SERRALHEIRO, 2017). Em resposta aos efeitos causados pelas concentrações excessivas de sal, algumas plantas melhoram esses mecanismos de tolerância por meio da exclusão e/ou compartimentalização dos sais (MORAIS et al., 2018). A abobrinha italiana tem sido relatada na literatura como uma cultura com tolerância moderada à salinidade (VÍLLORA et al., 2000; STRASSBURGER et al., 2011; LIOPA-TSAKALIDI et al., 2015).

Víllora et al. (2000) trabalharam com níveis de concentração de cloreto de sódio de até 80 mM na água de irrigação no cultivo de abobrinha italiana e observaram que a água salina promoveu aumento no rendimento da cultura; os autores acreditam que a cultura apresenta maiores exigências nutricionais de cloro do que outras culturas hortícolas, que geralmente refletem respostas de toxicidade como o crescimento atrofiado e a produção reduzida sob tais condições.

Strassburger et al. (2011) trabalharam com concentrações iônicas da solução nutritiva de abobrinha italiana, cultivar Caserta em hidroponia, e constataram que a condutividade elétrica da solução que maximiza a produção de massa seca e a produtividade é cerca de 3,0 dS m⁻¹. Liopa-Tsakalidi et al. (2015) trabalharam com a abobrinha italiana em hidroponia com dois valores de condutividade elétrica da solução nutritiva (2,2 e 4,4 dS m⁻¹) e não observaram diferenças significativas nas características produtivas e estruturais da planta e dos frutos; contudo, observaram o incremento dos sólidos solúveis com o aumento da condutividade elétrica da solução para 4,4 dS m⁻¹, variável relacionada à qualidade dos frutos e que indica preferência pelo consumo.

2.4. Substrato em cultivos protegidos

O cultivo de abobrinha italiana no campo geralmente é manejado com alto consumo de adubos, principalmente os nitrogenados (ZOTARELLI et al., 2008). Por sua vez, a implementação da cultura em ambiente protegido intensifica a adubação, sendo uma alternativa o cultivo em substratos em vasos, para usar racional e eficientemente os adubos e evitar problemas de salinização do solo (FRATONI et al., 2016).

Do ponto de vista da Horticultura, o substrato deve permitir que uma planta se desenvolva e produza com qualidade e em um breve período de tempo, com menores custos possíveis e considerando o nível tecnológico do produtor (BERJÓN et al., 2005).

O produtor pode escolher substratos comerciais, que apresentam boa aceitação no mercado e qualidade reconhecida, mas esta escala pode elevar os custos de produção. Contudo, pode optar por formular os substratos a partir de produtos disponíveis na propriedade ou na região de produção, com redução do custo final (AMORIM, 2016).

Nesse sentido, para a formulação dos substratos, objetiva-se que se reúna o máximo das qualidades de um substrato ideal que apresentaria as seguintes qualidades: fácil manuseio e mobilidade, corpo e firmeza, boa capacidade de retenção de água, drenagem e aeração, estar livre de organismos nocivos com a presença dos úteis, não ser salino e nem possuir substâncias tóxicas, possibilitar a esterilização química e/ou física, possuir uniformidade e baixa taxa de encolhimento das partículas, não ser alcalino e nem ácido demais e ser acessível e de baixo custo (MINAMI, 2010).

A maioria dos substratos minerais não se decompõem quimicamente ou biologicamente de maneira significativa durante os ciclos das culturas anuais. Portanto, na prática são considerados desprovidos de nutrientes (BERJÓN et al., 2005).

Como os sistemas produtivos com uso de substrato, de maneira geral, são realizados em recipientes ou vasos, o volume disponível é pequeno, o que limita o volume a ser explorado pelas raízes, ocasionando em uma maior densidade de raízes por volume de substrato, exigindo que este apresente boa porosidade para promover melhores condições da respiração do sistema radicular (MINAMI, 2010).

Em relação à água disponível no substrato, vale ressaltar que, como há uma limitação do volume a ser explorado pelas raízes e a maior proporção de água armazenada se encontra em baixos potenciais, quando comparados com o solo, é recomendável trabalhar o manejo da fertirrigação com potenciais de água entre -1 e -10 kPa, dependendo da curva de retenção de água do substrato, resultando em uma maior frequência de irrigação (SANJUÁN & GAVILÁN, 2004).

Apesar do volume de substrato ser restringido e inerte na solução do substrato, os nutrientes se encontram mais solúveis e são disponibilizados rapidamente, sendo diretamente relacionados com as condições da solução nutritiva fornecida (ADAM, 2004).

Os sistemas produtivos que se caracterizam pelo uso de substrato em vasos ou slabs, com a aplicação de nutrientes em todas as irrigações (nutrigação), são englobados nas denominações do cultivo sem solo (do inglês *soiless*) e chamados de hidroponia aberta ou semi-hidropônico ou nutrição (termo prático) (GAVILÁN, 2004).

2.5. Uso de soluções nutritivas no cultivo em substrato

Em sistemas produtivos sem o uso do solo, a disponibilização de nutrientes é realizada com a solubilização de fertilizantes na água, na preparação da solução nutritiva. A escolha das fontes e quantidades a ser usadas na formulação depende de vários fatores, como a proporção entre os nutrientes ideais para cada cultura (RESH, 2012).

A solução nutritiva deve conter os nutrientes essenciais às plantas. Na literatura, existem diversas formulações de soluções nutritivas com diferentes balanços entre os nutrientes (Tabela 1), que são recomendadas observando o sistema produtivo adotado, a cultura, o clima, entre outros fatores (TEXEIRA, 1996; RESH, 2012).

Tabela 1. Faixas de concentrações dos nutrientes das soluções nutritivas observadas na literatura (adaptado de Teixeira, 1996)

Nutriente	Concentração (mg L ⁻¹)
Nitrogênio (N)	100 – 300
Fosforo (P)	35 – 75
Potássio (K)	200 – 400
Cálcio (Ca)	100 – 200
Magnésio (Mg)	40 – 80
Enxofre (S)	50 – 80
Boro (B)	0,5 – 1,0
Cobre (Cu)	0,02 – 0,10
Ferro (Fe)	2,0 – 10,0
Mangânes (Mn)	0,5 – 1,0
Molibdênio (Mo)	0,01 – 0,05
Zinco (Zn)	0,05 – 0,1

Independente da formulação da solução nutritiva adotada, deve-se atentar ao monitoramento do pH e da condutividade elétrica. O pH é uma variável que deve ser controlada na solução nutritiva; seus valores estão diretamente relacionados com a disponibilidade e a absorção dos nutrientes, por exemplo: em um pH alto os fosfatos se tornam menos solúveis. De maneira generalizada, o pH da solução nutritiva para a maioria das culturas deve ser mantido na faixa de 5,5 à 6,2, pois é onde o balanço entre as disponibilidades dos nutrientes é mais equilibrado, o que facilita suas respectivas absorções em níveis ideais (ADAM, 2004).

A condutividade elétrica da solução nutritiva é uma variável diretamente proporcional à concentração de sais dissolvidos e ao potencial osmótico, sendo usada para avaliar o potencial de salinidade de uma solução nutritiva. A mensuração desta variável é considerada fácil e barata, quando comparada com a determinação individual de cada nutriente. Uma condutividade elétrica baixa indica que há pouca disponibilidade de nutrientes. Quando a condutividade elétrica é mais alta do que o ideal, geralmente reduz-se a absorção de água e nutrientes pela planta devido aos efeitos da salinidade, afetando diretamente o crescimento das plantas e a produtividade (ADAM, 2004).

Para algumas culturas em sistema de cultivo sem uso do solo, existem soluções nutritivas bem ajustadas às suas especificidades, como por exemplo, o tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (GISLERØD & ADAMS, 1983; XU et al., 1995; GIAGLARAS et al., 1998; SCHWARZ & GROSCHE, 2003; MERIC et al., 2011; RESH, 2012) e o pepino (*Cucumis sativus* L.) (GISLERØD & ADAMS, 1983; GÜL et al., 2007; ROOSTA et al., 2009; JOKINEN et al., 2011; DINIZ et al., 2015; NAUREEN et al., 2018). Contudo, como o cultivo da abobrinha italiana no sistema com cultivo em substrato está em implementação/expansão, ainda não há recomendações que atendam suas diversas particularidades, como as concentrações e balanços entre os nutrientes.

2.6. Nitrogênio na nutrição mineral de plantas

O nitrogênio é absorvido em grandes quantidades pelas culturas por ser constituinte básico de aminoácidos, ácidos nucleicos, enzimas e da clorofila. Está presente nas principais reações bioquímicas nas plantas, sendo considerado um dos nutrientes minerais chave para a produtividade das plantas cultivadas (CANTARELLA, 2007). Por isso, a nutrição adequada de nitrogênio proporciona maior produtividade das culturas e produtos de maior qualidade.

Diferentemente dos demais nutrientes, o nitrogênio pode ser absorvido pelo sistema radicular das plantas na forma de cátion ou ânion, como o amônio (NH_4^+) e o nitrato (NO_3^-), respectivamente. A absorção preferencial por uma das formas depende, principalmente, de sua disponibilidade no meio, podendo o amônio ser substituído pelo nitrato e vice-versa. Nas plantas cultivadas em solução nutritiva, a absorção preferencial de amônio está relacionada com pH mais baixo, enquanto que a absorção do nitrato se relaciona com o aumento do pH na solução nutritiva (MENGEL & KIRKBY, 2001).

Nas plantas, o nitrogênio apresenta alta mobilidade, sendo translocado pelo sistema vascular, geralmente, nas formas de nitrato e aminoácidos, com predominância destes últimos, principalmente no floema. O amônio absorvido é praticamente todo assimilado pelas raízes e o nitrogênio é translocado como componente de aminoácidos (MENGEL & KIRKBY, 2001).

Quando o suprimento de nitrogênio é inadequado, ocorre sua mobilização das folhas mais velhas para os órgãos mais jovens da planta. Por isso, os sintomas de deficiência de nitrogênio se inicia nas folhas mais velhas, apresentando clorose generalizada pelo limbo foliar. Nessas condições, as proteínas foram hidrolisadas (proteólise) e os aminoácidos resultantes foram redistribuídos para as folhas mais jovens. A proteólise resulta no colapso dos cloroplastos e, portanto, um declínio da concentração de clorofila, que reflete no amarelecimento das folhas (MENGEL & KIRKBY, 2001).

Neste sentido, a adequada disponibilidade de nitrogênio é crucial para o desenvolvimento e a produção das plantas, por influenciar diretamente na fotossíntese, na qual ocorre a fixação de carbono e a obtenção de energia. Por outro lado, a deficiência de nitrogênio compromete o processo, reduzindo o teor de clorofila e a fixação de carbono; conseqüentemente causa a redução da produção de biomassa e de área foliar. A redução da área foliar também reduz a eficiência fotossintética, pela redução da interceptação da radiação foliar (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Pôrto et al. (2012) trabalharam com doses de nitrogênio para a abobrinha italiana em campo e observaram um incremento de 7,4 vezes em relação a ausência da adubação nitrogenada. Os autores propõem que esse incremento se deva às modificações na relação fonte-dreno; com o aumento das doses até certo limite há uma maior área foliar (fonte) e conseqüentemente, maior produção de fotoassimilados, os quais são translocados para os frutos (dreno).

Maller et al. (2013) trabalharam com doses de fertirrigação nitrogenada no cultivo da abobrinha italiana com solo em ambiente protegido e observaram aumento na produtividade com o incrementos das doses de nitrogênio, e que existe diferenças de necessidade nutricional de acordo com cultivar adotado no sistema produtivo.

Azambuja et al. (2015) trabalharam com a adubação nitrogenada no cultivo em campo da abobrinha italiana e observaram que, com o aumento das doses de nitrogênio, há um aumento das características estruturais (altura de plantas e diâmetro de caule), nutricionais (concentração de nitrogênio foliar) e produtivas (número de frutos e produtividade).

Contudo, para atender a recomendação de nitrogênio da cultura de maneira adequada, é necessário estar ciente de que esta depende de diversos fatores como a produtividade desejada, o cultivar, o sistema produtivo adotado, as condições micrometeorológicas, entre outros (PÔRTO et al., 2012). Nesse sentido, ao considerar sistemas produtivos sem uso do solo, o excesso de nitrogênio na solução nutritiva pode implicar em possíveis desequilíbrios com os demais nutrientes e mudança na condutividade elétrica da solução nutritiva.

2.7. Potássio na nutrição mineral de plantas

O potássio é o mineral catiônico mais abundante nas plantas, apesar de não ser constituinte dos componentes vegetais (EPSTEIN & BLOOM, 2006). Sua absorção e transporte no xilema ocorre na forma de cátion (K^+), apresentando alta mobilidade na planta (VIDIGAL, PUIATTI & SEDIYAMA, 2017).

Nas plantas, o potássio é essencial por apresentar inúmeras funções, como a regulação osmótica, o controle da abertura e fechamento dos estômatos, a translocação de fotoassimilados e a

propriedade de conferir maior resistência às pragas e doenças. Contudo, as funções de ativação enzimática se destacam, pois parte desses sistemas enzimáticos fazem parte dos processos de fotossíntese e respiração (ERNANI et al., 2007; TAIZ & ZEIGER, 2013).

A disponibilidade de potássio em níveis adequados pode promover maior eficiência no uso da água pelas plantas, considerando as funções desse nutriente de controlar o potencial osmótico das células, a absorção e retenção de água nas células e a abertura e o fechamento dos estômatos. Neste sentido, o potássio é responsável também, por manter o turgor celular, inclusive quando ocorre a expansão celular, promovendo o uso eficiente da água, pelo fato de garantir adequado meio para os processos fisiológicos (KRAUSS, 2005).

Para abóboras, a deficiência de potássio prejudica a produtividade e a qualidade dos frutos, com redução do crescimento das plantas e desenvolvimento irregular dos frutos. Quanto à diagnose visual dos sintomas de deficiência do potássio, esta pode ser inferida observando nas folhas mais velhas o surgimento de cloroses em suas bordas, que evoluem para necroses (VIDIGAL, PUIATTI & SEDIYAMA, 2013). Ainda, com a deficiência deste elemento, há um acúmulo de aminoácidos solúveis, que fazem parte da nutrição dos patógenos e retardam a cicatrização de danos, favorecendo a penetração dos mesmos. Outro fator físico que facilita o aumento da incidência de doenças é a perda do turgor celular (YAMADA, 2004).

Costa et al. (2015), trabalhando com doses de potássio no cultivo de abobrinha italiana em ambiente protegido, observaram incremento do crescimento no índice de pegamento de frutos e na produtividade até certa dose de potássio. Os autores sugerem que essa resposta foi devido à adequada disponibilidade de potássio, a uma regularidade na abertura e fechamento dos estômatos que promove uma taxa fotossintética que potencializa a produção de carboidratos, além do auxílio na translocação destes para outros órgãos das plantas, como as flores e os frutos.

O potássio é considerado um dos principais nutrientes relacionados à qualidade dos frutos. Seguindo essa premissa, Araújo et al. (2015) trabalharam com adubação potássica da abobrinha italiana cultivada em campo e observaram que as características de qualidade do frutos (teor de potássio, pH, e relação SS/AT) aumentaram à medida que se elevou as doses de potássio, enquanto a acidez total titulável reduziu, confirmando essa hipótese.

2.8. Nitrogênio, potássio e sua relação na nutrição mineral das plantas

A interação entre nitrogênio e potássio é uma das mais importantes na nutrição de plantas, por serem, geralmente, os dois nutrientes minerais absorvidos em maiores quantidades pelas plantas e devido ao fato da absorção de um elemento elevar a demanda do outro. O aumento do

crescimento das plantas pelo incremento nas doses de nitrogênio pode ocasionar deficiência de potássio devido ao efeito de diluição e vice-versa (CANTARELLA, 2007). Por isso, há a necessidade de se entender a especificidade de cada cultura, determinando a relação ideal de nitrogênio e potássio.

O nitrogênio em excesso, absorvido e metabolizado, induz nas plantas o aumento no teor de proteína em detrimento de carboidratos, resultando em desenvolvimento excessivo da parte aérea em relação à raiz. Além do acamamento, isso pode resultar em menor resistência à seca (MENGEL & KIRKBY, 2001).

O potássio também apresenta a função de proteção nas plantas, sob condições normais ou de estresse salino, interagindo com o nitrogênio, por afetar seu metabolismo e assegurar a formação de aminoácidos precursores de compostos osmoticamente importantes, como a prolina e alguns componentes antioxidantes (AHANGER & AGARWAL, 2017).

Maggio et al. (2013) trabalharam com a abobrinha italiana cultivar Mastil em campo e observaram que, com o aumento da recomendação de nitrogênio, houve aumento no tamanho dos frutos, da produtividade e do teor de proteína dos frutos; porém, houve redução da concentração de potássio dos frutos, possivelmente pelo efeito diluição.

Para a abobrinha italiana, não há trabalhos que tenham estudado a relação ideal entre o nitrogênio e o potássio na solução nutritiva em sistemas sem uso de solo, como a hidroponia e o cultivo em substrato.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento e delineamento experimental

O experimento foi realizado em ambiente protegido no Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, em Piracicaba-SP, situado na latitude -22,711207, longitude -47,629531 e altitude de 546 m. O clima da região, pelos critérios de Koppen, é classificado como Cwa, tropical úmido com verão quente e inverno seco (ALVARES et al., 2013).

O ambiente protegido apresenta estrutura metálica em arco, com a utilização de tela antiafídica nas laterais e cobertura com polietileno de espessura de 0,150 mm; sua orientação é leste-oeste. A partir dos 25 dias após o transplante até o final do ciclo, utilizou-se também tela termorefletora que bloqueia cerca de 50% da luz (Figura 2).

Figura 2. Vista externa do ambiente protegido (A) e disposição e detalhe da tela termorefletora (B).

O experimento foi conduzido no verão, no período de 3 de janeiro à 5 de março de 2019. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 15 tratamentos e três repetições, em esquema fatorial de 5x3, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; e 5,0 dS m⁻¹) e três relações N:K na solução nutritiva (2:1; 1:1; e 1:2), tendo como referência a solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950), perfazendo 45 unidades experimentais. Havia também uma bordadura de plantas circundando o experimento (Figura 3).

Figura 3. Croqui do experimento com a distribuição dos tratamentos.

3.2. Preparação e uso da solução nutritiva

A solução nutritiva adotada como referência foi a de Hoagland & Arnon (1950), por ser internacionalmente reconhecida e atender, de maneira básica, diversas culturas, na qual é caracterizada com condutividade elétrica com aproximadamente 2,7 dS m⁻¹ e relação N:K, próxima de 1:1. Foi ajustada, aumentando-se a concentração dos nutrientes ou diluída para atender cada nível de condutividade elétrica e modificada para atender as relações N:K de 2:1 e 1:2 (Tabela 2).

Para o preparo, e durante o uso da solução nutritiva, foram monitorados a condutividade elétrica e o pH, utilizando um condutivímetro modelo DM-32 e um pHmetro modelo DM-21 de bancada, respectivamente, ambos da marca Digimed®. Para a condutividade elétrica, foi tolerado 10% de elevação ou redução do valor de cada tratamento, corrigindo quando superado com diluição em água ou adição de alíquotas de soluções estoques. O pH da solução nutritiva foi mantido na faixa entre 5,5 e 6,5, corrigindo com a adição de solução de hidróxido de sódio a 1N para elevar ou com solução de ácido clorídrico 1N para reduzir.

Nos tratamentos com a relação N:K de 1:1, as fontes dos macronutrientes utilizadas foram as recomendadas por Hoagland & Arnon (1950), sendo elas o nitrato de cálcio, o nitrato de potássio, o fosfato monopotássico e o sulfato de magnésio. Para as relações de 2:1 e 1:2 foram utilizadas também nitrato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente, para elevar a concentração do nutriente até atingir o desejado para a relação (Tabela 2).

Tabela 2. Concentrações dos nutrientes (mg L^{-1}) das soluções nutritivas estimadas para cada tratamento

N:K	CE	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl
2:1	1	79,97	5,30	40,46	34,31	8,27	10,91	-
	2	265,79	17,62	134,49	114,05	27,49	36,26	-
	3	451,61	29,94	228,51	193,79	46,70	61,62	-
	4	637,44	42,26	322,54	273,53	65,92	86,97	-
	5	823,26	54,58	416,57	353,27	85,14	112,32	-
1:1	1	41,52	6,10	46,57	39,49	9,52	12,56	-
	2	150,62	22,14	168,95	143,28	34,53	45,56	-
	3	259,72	38,17	291,33	247,06	59,55	78,56	-
	4	368,83	54,20	413,71	350,84	84,56	111,57	-
	5	477,93	70,24	536,09	454,63	109,58	144,57	-
1:2	1	51,90	7,63	105,71	49,37	11,90	15,70	43,07
	2	130,31	19,15	265,42	123,96	29,87	39,41	108,14
	3	208,73	30,68	425,13	198,55	47,85	63,13	173,22
	4	287,14	42,20	584,84	273,14	65,83	86,85	238,29
	5	365,56	53,72	744,56	347,73	83,80	110,57	303,36

Em que: N:K = relação nitrogênio:potássio, CE = condutividade elétrica, N = nitrogênio, P = fósforo, K = potássio, Ca = cálcio, Mg = magnésio, S = enxofre, Cl = cloro.

Quanto aos micronutrientes, esses foram utilizados na recomendação da solução original de Hoagland & Arnon (1950) para todos os tratamentos, tendo as recomendações de 0,5; 0,02; 5; 0,5; 0,01; e 0,05 mg L^{-1} para o boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco, utilizando como fontes o ácido bórico, o sulfato de cobre, a solução de Fe-EDTA, o cloreto de manganês, o ácido molibdico e o sulfato de zinco, respectivamente.

3.3. Caracterização do substrato

O cultivo da abobrinha italiana foi realizado em vasos de polietileno com volume de 8,2 dm^3 . Utilizou-se o substrato comercial AgroLink® Biogrow Fibras/Composto Standard, composto principalmente por acícula de pinus compostada, casca de pinus compostada, turfa de sphagnum, casca de arroz vaporizada e fibra de coco. As caracterizações químicas e físico-hídricas (Tabela 4 e Figura 4) foram realizadas conforme Brasil (2017) e Embrapa (2017), respectivamente.

Tabela 3. Caracterização química e físico-hídrica do substrato

pH (CaCl ₂ 0,01 M)	7,5
Densidade (Resíduo Orgânico)	0,33 g cm ⁻³
Materia Orgânica Total (Combustão)	801,1 mg kg ⁻¹
Carbono Orgânico	429,0 mg kg ⁻¹
Nitrogênio (N)	11,4 mg kg ⁻¹
Fósforo (P ₂ O ₅)	2,3 mg kg ⁻¹
Potássio (K ₂ O)	1,6 mg kg ⁻¹
Cálcio (Ca)	19,9 mg kg ⁻¹
Magnésio (Mg)	0,9 mg kg ⁻¹
Enxofre (S)	0,4 mg kg ⁻¹
Relação C/N	38
Boro (B)	11 mg kg ⁻¹
Cobre (Cu)	10 mg kg ⁻¹
Ferro (Fe)	5967 mg kg ⁻¹
Manganês (Mn)	151 mg kg ⁻¹
Zinco (Zn)	37 mg kg ⁻¹
Sódio (Na)	444 mg kg ⁻¹
Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	690,00 mmol _c kg ⁻¹
Capacidade de Retenção de Água (CRA)	92,79%
Condutividade elétrica (CE)	2,25 dS m ⁻¹

Figura 4. Retenção de água do substrato em função da tensão (média de 3 amostras).

3.4. Monitoramento das variáveis micrometeorológicas

Foi realizado o monitoramento das variáveis micrometeorológicas no interior do ambiente protegido, com montagem de uma estação automática com sistema de aquisição de dados feita pelo Datalogger CR1000 (Campbell Scientific[®]); com o sensor termohigrômetro HMP45C (Vaissala[®]) para obtenção das medidas de temperatura e umidade relativa do ar; e do sensor piranômetro de fotodiodo de silício LI200X (LI-COR[®]) para mensuração da radiação solar global (Figura 5).

Figura 5. Disposição da estação micrometeorológica e dos sensores no experimento (A); sistema de aquisição de dados com Datalogger CR1000 (B); abrigo meteorológico com termohigrômetro HMP45C (C); e piranômetro de fotodiodo de silício LI200X (D).

A programação do datalogger foi realizada para aquisição de dados a cada 15 minutos, das variáveis micrometeorológicas, as quais foram obtidas suas médias diárias, para a temperatura e umidade relativa do ar, e radiação solar global diária (Figura 6). As médias diárias gerais, do ciclo da abobrinha italiana, foram de 27,4 °C; 84,5% e 6,5 MJ m⁻² dia⁻¹, para a temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global, respectivamente.

Figura 6. Temperatura e umidade relativa do ar, médias diárias (A); e radiação solar global diária (B) durante a condução do experimento.

3.5. Sistema e manejo da fertirrigação

O sistema de fertirrigação foi composto basicamente por reservatórios de solução nutritiva para cada tratamento, motobomba, filtro de disco, registros de esfera, manômetro, tubulações nas linhas principal, de derivação e laterais e acessórios de policloreto de vinila (PVC), retorno no cabeçote, microtubo e gotejador autocompensante (Figura 7).

Figura 7. Esquema simplificado do sistema de irrigação (A); e disposição geral do sistema no ambiente protegido e no experimento (B).

Os reservatórios utilizados foram bombonas de polietileno, com capacidade de 100 litros, onde foram armazenadas e conservadas as soluções nutritivas dos quinze tratamentos separadamente. Na saída dos reservatórios foram instalados registros de esfera e todos foram conectados à tubulação de sucção (Figura 7 e 8A). A motobomba instalada foi o modelo Hydroblock P500 da marca KSB® de 0,5 cv de potência, com capacidade de pressão manométrica de 5 a 38 mca e vazão de 5 à 40 L h⁻¹ (Figura 7 e 8A).

Figura 8. Conjunto de reservatórios de solução nutritiva (A); motobomba Hydroblock P500 (B); motobomba e cavalete com retorno, filtro de disco e manômetro (C); linha principal e início das linhas de derivação com registros de esfera (D); gotejador autocompensante e microtubo (E); e saída do microtubo com estaca gotejadora (F).

No início do recalque, no cavalete, foi conectado uma tubulação de retorno para os reservatórios, a fim de se ter o controle da pressão de serviço e uma saída para extravasar o excesso de vazão da bomba, além de manter agitação constante da solução nutritiva no reservatório durante a nutrição. Ainda no cavalete, foram conectados o filtro de disco de 120 mesh para evitar obstrução dos emissores e o manômetro para monitorar a pressão manométrica (Figura 7 e 8C).

Os tubos da linha principal e acessórios foram de policloreto de vinila (PVC); por sua vez, os tubos das linhas de derivação e das linhas laterais foram de polietileno (Figura 7 e 8D). Nas linhas laterais foram instalados os gotejadores autocompensantes com vazão de $2,6 \text{ L h}^{-1}$, nos quais foram conectados microtubos com estacas gotejadoras, na saída de emissão na unidade experimental (Figura 7A e 8E e F).

Para se determinar o volume de solução nutritiva, nas fertirrigações, o monitoramento da umidade do substrato foi realizado de maneira direta, por meio de gravimetria, com auxílio de uma balança digital da marca Dise® e modelo SF-400, com capacidade de até 10 kg. As fertirrigações foram feitas para se elevar a umidade do substrato para cerca de 90% de sua capacidade máxima de retenção de água. As lâminas foram aplicadas separadamente por cada tratamento e entre as irrigações de cada tratamento, foram esgotadas a solução nutritiva da tubulação de sucção e linha principal, de uso comum de todos os tratamentos, para não haver contaminação entre as soluções.

O sistema de fertirrigação foi avaliado quanto aos indicadores de uniformidade, pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Uniformidade de Emissão (UE) (Figura 9), os quais apresentaram os valores de 97,4 e 88,5%, sendo classificados com desempenho excelente e bom, respectivamente (FRIZZONE et al., 2012).

Figura 9. Ensaio de vazão dos emissores para determinação dos indicadores de uniformidade do sistema de gotejamento.

3.6. Implantação e condução do experimento

As mudas de abobrinha italiana (*Curcubita pepo* L.) cultivar Corona foram produzidas em bandejas de polietileno de 128 células, com substrato comercial. O transplante das mudas foi realizado aos 20 dias após a semeadura, com uma planta por vaso (Figura 10A e B). Os vasos foram dispostos com espaçamento entre linhas de 1 m e o espaçamento entre plantas de 0,5 m (PÔRTO et al., 2012). As plantas foram tutoradas por estacas para evitar o acamamento (Figura 10C e D).

Figura 10. Produção de mudas de abobrinha italiana cv. Corona (A); muda de abobrinha italiana após o transplante (B); tutoramento da abobrinha italiana com estaca (C); e vista parcial do experimento com as estacas de tutoramento (D).

As plantas de abobrinha italiana foram fertirrigadas com solução nutritiva, com a condutividade elétrica de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ e relação N:K de 1:1, até a diferenciação de cada fator de estudo. Os níveis de condutividade elétrica foram diferenciados aos 12 dias após o transplante das mudas e as relações N:K aos 17 dias após o transplante (Figura 11). Aos 25 dias após o transplante em diante, foi realizado o manejo micrometeorológico com o uso da tela termorefletora com bloqueio de, aproximadamente, 50% da luz.

Figura 11. Resumo das principais atividades e ocorrências da condução do experimento em ordem cronológica. DAT = Dias após o transplante.

A abertura das primeiras flores, masculinas e femininas ocorreram aos 35 dias após o transplante, e a primeira colheita foi realizada aos 47 dias após o transplante. Foi realizada a polinização manual, coletando flores masculinas e colocando suas anteras em contato direto com os estigmas das flores femininas (Figura 12).

Figura 12. Retirada da corola da flor masculina (A); polinização manual da flor feminina (B); e detalhe do contato direto das anteras com os estigmas (C).

Aos 62 dias após o transplante, foi realizado o corte das plantas, para avaliação final das características produtivas, fitométricas e nutritivas (Figura 8). Durante o experimento foi realizado monitoramento periódico de pragas ou doenças, porém não foram constatados sintomas de infestação ou infecção, não havendo a necessidade de aplicação de defensivos agrícolas.

3.7. Variáveis

3.7.1. Características de crescimento

Foi avaliada a altura de planta com auxílio de uma trena, o diâmetro de caule com um paquímetro analógico (Figura 13A e B) e o número de folhas por meio de contagem a cada 15 dias após o transplante das mudas.

Figura 13. Mensuração nas plantas de abobrinha italiana: da altura de planta com trena métrica (A), do diâmetro de caule com paquímetro digital (B) e atividade fotossintética com o analisador de fotossíntese LI-6400XT (C e D).

3.7.1. Características da atividade fotossintética

As variáveis relacionadas à atividade fotossintética (assimilação de CO_2 , condutância estomática, CO_2 intercelular e taxa de transpiração) foram avaliadas aos 28 dias após o transplante na última folha recém-expandida com o analisador de fotossíntese modelo LI-6400XT (LI-COR®) (Figura 13C e D). As leituras foram realizadas entre 9:00 e 12:00 horas. A eficiência do uso da água instantânea foi obtida pela relação entre a assimilação de CO_2 e a taxa de transpiração; e a eficiência do uso da água intrínseca pela relação entre a assimilação de CO_2 e a condutância estomática.

3.7.2. Qualidade dos frutos da abobrinha

Nos frutos, foram avaliadas as características produtivas e de qualidade. As colheitas foram realizadas duas vezes por semana, quando os frutos estavam entre 18 e 20 cm de comprimento. Quanto às características produtivas, foram avaliadas a massa fresca e seca dos frutos. Entre as características de qualidade foram avaliados: o comprimento dos frutos com régua graduada; o diâmetro transversal e a espessura de polpa com auxílio de paquímetro digital, nos terços superior, médio e inferior do fruto; o teor de água e matéria seca do fruto; o teor de sólidos solúveis totais (SS) determinado pelo uso de refratômetro digital Bellingham+Stanley Modelo DR; acidez titulável total (AT) por titulometria; relação SS/AT; e a vitamina C por titulometria, conforme métodos descritos por Pregnotatto & Pregnotatto (1985) (Figura 14).

Figura 14. Pesagem do fruto (A); diâmetro do terço médio do fruto (B); espessura de polpa do terço inferior do fruto (C); trituração da polpa (D); determinação dos sólidos solúveis pelo refratômetro digital (E); titulação (F); ponto de viragem da titulação da acidez titulável (G); e da vitamina C (H).

3.7.1. Área foliar, características produtivas e uso da água

No fim do ciclo da abobrinha italiana, foi determinada a área foliar pelo integrador de área foliar LI-3100 e a massa seca dos limbos foliares, pecíolos, folhas, caule e raízes, após a secagem da biomassa em estufa de circulação forçada à 65°C, até massa constante. O consumo de água foi avaliado do transplante das mudas até o final do ciclo. A produtividade da água foi obtida pela relação entre a produtividade dos frutos e o consumo de água.

3.7.2. Concentrações dos macronutrientes primários

Foi avaliada a concentração dos macronutrientes minerais (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) nas raízes, nos limbos foliares, nos pecíolos, no caule e nos frutos de acordo com as metodologias propostas por Malavolta, Vitti & Oliveira (1997). O nitrogênio foi determinado após digestão sulfúrica pelo método semi-micro Kjeldahl. Os demais nutrientes foram determinados a partir do extrato obtido pela digestão nitroperclórica, sendo determinado por colorimetria; o potássio em fotômetro de chama; o cálcio e o magnésio por absorção atômica; e o enxofre por turbidimetria.

Foi calculado o acúmulo total de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) nas plantas da abobrinha italiana, somando o acúmulo em cada órgão vegetal, que foi obtido multiplicando as concentrações do nutriente pela sua respectiva massa seca (Equação 1).

$$AC_{total} = MS_{raízes} \cdot X_{raízes} + MS_{limbos\ foliares} \cdot X_{limbos\ foliares} + MS_{pecíolos} \cdot X_{pecíolos} + MS_{caule} \cdot X_{caule} + MS_{frutos} \cdot X_{frutos} \quad (1)$$

Em que:

AC = Acúmulo total do nutriente (g planta⁻¹);

MS = Massa seca (kg planta⁻¹); e

X = Concentração do nutriente (g kg⁻¹).

3.8. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando houve diferença significativa entre os tratamentos, foi aplicada regressão polinomial para os valores de condutividade elétrica e teste de Tukey para as relações N:K da solução nutritiva. Todos os testes foram realizados em nível de 5% de probabilidade e programados no sistema R.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características de crescimento

As variáveis relacionadas ao monitoramento do crescimento da abobrinha italiana apresentaram diferentes respostas ao longo do desenvolvimento da cultura. A altura de planta apresentou diferenças significativas nas avaliações de 30, 45 e 60 dias após o transplante, enquanto que o diâmetro de caule apresentou significância isolada apenas aos 45 dias após o transplante. Por sua vez, o número de folhas expressou diferenças significativas aos 30 e 60 dias após o transplante (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação da altura de planta, diâmetro de caule e número de folhas de abobrinha italiana aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante (DAT)

Análise de variância	Altura de planta (cm)				Diâmetro do caule (mm)				Folhas (N° planta ⁻¹)			
	15 DAT	30 DAT	45 DAT	60 DAT	15 DAT	30 DAT	45 DAT	60 DAT	15 DAT	30 DAT	45 DAT	60 DAT
CE	ns	ns	**	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
N:K	ns	**	**	*	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
CE*N:K	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Média Geral	23,12	36,68	49,57	55,40	6,85	9,48	10,53	10,45	9,00	13,00	22,00	30,00
cv (%)	12,99	8,58	6,57	8,21	12,06	8,83	12,24	8,53	7,52	8,53	6,76	6,54

Para a altura de planta, aos 30 dias após o transplante, houve significância isolada para a relação N:K da solução nutritiva, sendo que a maior altura foi observada na relação de 2:1 (Figura 15A). Aos 45 e 60 dias após o transplante houve diferenças significativas isoladas da altura de planta para ambos fatores de estudo, a condutividade elétrica e a relação N:K da solução nutritiva; a condutividade elétrica de 1,0 dS m⁻¹ e as relações de 1:1 e 1:2 proporcionaram as maiores médias de altura (Figura 15B, C, D e E).

Figura 15. Altura de planta da abobrinha italiana aos 30 (A), 45 DAT (B e C) e 60 DAT (D e E) em função da relação N:K e da condutividade elétrica da solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

As médias de altura de planta da abobrinha italiana nutrigada com a solução nutritiva com a condutividade elétrica 1,0 e 2,0 dS m⁻¹, foram as maiores em todas as avaliações. As condutividades de 4,0 e 5,0 dS m⁻¹, apresentaram-se na sequência até aos 45 dias após o transplante, quando se observou que o crescimento das plantas sob essas fertirrigações haviam cessado. As plantas fertirrigadas com a solução nutritiva de 3,0 dS m⁻¹ apresentaram as menores médias até a avaliação nos 45 dias após o transplante; contudo, mativeram seu crescimento a uma taxa relativamente constante até aos 60 dias após o transplante (Figura 16A).

Figura 16. Altura média de planta da abobrinha italiana, do transplante das mudas à avaliação final, em função da condutividade elétrica (dS m^{-1}) (A) e da relação N:K da solução nutritiva (B).

As plantas submetidas à fertirrigação com soluções nutritivas de maior concentração, podem apresentar redução na taxa de crescimento e menor altura em relação às plantas não estressadas osmoticamente (SHANNON & GRIEVE, 1999). A salinidade exerce influência sobre o crescimento das plantas por meio do efeito osmótico, ocasionando déficit hídrico e, ainda, toxidez ou desordem nutricional (MUNNS, 2002).

Corroborando o resultado obtido, Diniz et al. (2015) verificaram maior crescimento em altura das plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.), fertirrigadas com soluções nutritivas de menor condutividade elétrica ($1,0 \text{ dS m}^{-1}$) em relação às de maior concentração de nutrientes, que possuíam condutividade elétrica variando entre $1,2$ a $3,8 \text{ dS m}^{-1}$. Viol et al. (2017b) também observaram maiores alturas de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), fertirrigadas com soluções nutritivas com menor concentração de sais, sendo a solução com condutividade elétrica de $0,05$ e $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ responsáveis pelas maiores médias.

Na relação N:K da solução nutritiva de 2:1, as plantas de abobrinha italiana obtiveram maior crescimento inicial (30 dias após o transplante); contudo, nas relações de 1:1 e 1:2, as plantas de abobrinha italiana apresentaram uma maior taxa de crescimento entre os 30 e 45 dias após o transplante, superando a altura das plantas fertirrigadas com a relação 2:1 (Figura 16B).

As plantas nutrigadas com a relação N:K de 1:2 apresentaram os maiores diâmetros de caule aos 45 dias após o transplante, não diferindo da relação 2:1 (Figura 17A). Para o número de folhas, aos 30 dias após o transplante, a relação N:K de 2:1 apresentou a maior média de folhas

por planta, não diferindo da relação 1:2 (Figura 17B). As plantas fertirrigadas com a condutividade elétrica de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ apresentaram a maior produção de folhas aos 45 dias após o transplante (Figura 17C), o que indica que a maior salinidade da solução nutritiva reduziu o surgimento de novas folhas na fase reprodutiva da abobrinha italiana.

Figura 17. Diâmetro de caule (A) e número de folhas (B) da abobrinha italiana aos 45 e 30 DAT, respectivamente, em função da relação N:K; e número de folhas da abobrinha italiana aos 60 DAT (C) em função da condutividade elétrica da solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

Em relação diâmetro de caule da abobrinha italiana aos 30 dias após o transplante, o maior valor foi observado na relação N:K de 1:2. Costa et al. (2015) observaram aumento do diâmetro de caule em abobrinha italiana com o aumento da adubação potássica. O caule apresenta importantes funções de sustentação dos demais órgãos vegetais aéreos e é responsável por permitir a comunicação entre esses órgãos, por meio do floema e xilema. O potássio, por sua vez, é o cátion mais presente nos vasos vasculares e participa no transporte de fotoassimilados das folhas para os demais órgãos e também do nitrato, das raízes para a parte aérea. Portanto, estas plantas apresentam maior capacidade de transporte de nutrientes e compostos orgânicos entre os órgãos vegetais, propiciando uma maior eficiência dos seus usos (JONES JR., 2004).

Considerando a maior altura das plantas e o maior número de folhas aos 30 dias após o transplante ter sido proporcionado pela relação 2:1, revela-se a interação do nitrogênio sobre o crescimento da abobrinha italiana no período vegetativo. O nitrogênio influencia de maneira rápida e efetiva o crescimento vegetal devido as suas diversas funções, como constituinte

estrutural da clorofila e de proteínas, por exemplo, além de estar envolvido diretamente em diversos processos fisiológicos, como a fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Neste contexto, Schwerz (2018) observou maior crescimento das plantas de abobrinha italiana com o aumento das doses de nitrogênio. Azambuja et al. (2015) também observaram maiores médias da altura da mesma cultura com a aplicação de maiores doses (kg ha^{-1}) de nitrogênio, com ajuste ao modelo quadrático de regressão.

4.2. Características da atividade fotossintética

A atividade fotossintética da abobrinha italiana aos 28 dias após o transplante das mudas, apresentou diferença significativa isolada para a relação N:K para a assimilação de CO_2 , condutância estomática e taxa de transpiração. Por sua vez, as variáveis CO_2 intercelular, eficiência no uso da água instantânea e eficiência no uso da água intrínseca, não apresentaram significância para os fatores estudados (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação da atividade fotossintética da abobrinha italiana aos 28 dias após o transplante

Análise de variância	A	g_s	C_i	E	A/E	A/ g_s
CE	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N:K	*	*	ns	*	ns	ns
CE*N:K	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Média Geral	13,90	0,152	198,48	4,682	3,01	97,10
cv (%)	17,86	28,77	9,75	22,92	9,87	14,63

Em que: A = assimilação de CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); g_s = condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); C_i = CO_2 intercelular ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$); E = taxa de transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); A/E = eficiência no uso da água instantânea ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$); A/ g_s = eficiência no uso da água intrínseca ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$).

A relação N:K da solução nutritiva de 2:1 apresentou as maiores médias de assimilação de CO_2 , condutância estomática e taxa de transpiração da atividade fotossintética da abobrinha italiana, não diferindo da relação 1:2 (Figura 18).

Figura 18. Assimilação de CO_2 (A), condutância estomática (B) e taxa de transpiração da abobrinha italiana em função da relação N:K na solução nutritiva aos 30 dias após o transplante. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, A = fotossíntese, gs = condutância estomática, E = taxa de transpiração. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

Com o aumento da proporção de nitrogênio (relação 2:1) na solução nutritiva, há um aumento da síntese de clorofila nos cloroplastos, uma vez que esse nutriente é um dos seus constituintes básicos (WEN et al., 2019), resultando no aumento da atividade fotossintética nas folhas da abobrinha italiana.

O aumento da atividade fotossintética, devido ao incremento da proporção do potássio na solução nutritiva (relação 1:2), está relacionado com o aumento da translocação de fotoassimilados pela atuação deste nutriente, o que evita o acúmulo excessivo da sacarose que pode reduzir a atividade dos processos fisiológicos envolvidos na fotossíntese (HAFEEZ et al., 2018).

Uma maior assimilação de dióxido de carbono indica uma maior produção de fotoassimilados provenientes dos processos relacionados à fotossíntese; por sua vez, uma maior condutância estomática e transpiração correlaciona diretamente com essa produção, que indica uma maior demanda por água e nutrientes minerais a serem absorvidos pelas raízes das plantas. Os fotoassimilados, quando são translocados adequadamente para os frutos, podem resultar na sua melhor qualidade e maior produtividade (TAIZ & ZEIGER, 2013).

4.3. Qualidade dos frutos da abobrinha

Em relação à qualidade dos frutos da abobrinha italiana, as variáveis que apresentaram diferença significativa foram o diâmetro inferior do fruto, a espessura de polpa superior, os sólidos solúveis, a acidez titulável, a vitamina C, o teor de água do fruto e o teor de matéria seca do fruto (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação das características de qualidade dos frutos da abobrinha italiana

Análise de variância	CF	DF1	DF2	DF3	EP1	EP2	EP3	SS	AT	SS/AT	VitC	TaF	TmsF
CE	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	**	**	ns	**	*	*
N:K	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
CE*N:K	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Média Geral	19,11	41,38	27,33	59,86	13,72	7,45	10,48	4,42	0,143	31,89	21,79	94,73	5,26
cv (%)	3,88	10,11	12,99	8,50	13,87	18,01	20,32	9,66	19,58	15,08	20,13	1,22	21,97

Em que: CF = comprimento do fruto (cm); DF = diâmetro do fruto (mm); EF = espessura da polpa (mm); 1 = terço superior do fruto; 2 = terço médio do fruto; 3 = terço inferior do fruto; SS = sólidos solúveis (°Brix); AT = acidez titulável (g de ácido cítrico 100 mL⁻¹ de polpa); SS/AT = relação sólidos solúveis/acidez titulável; VitC = Vitamina C (mg 100 mL⁻¹ de polpa); TaF = teor de água do fruto (%); TmsF = teor de matéria seca do fruto (%).

O comprimento de fruto da abobrinha italiana não apresentou diferença significativa para os fatores estudados, por ter sido o critério utilizado para a colheita, na qual foi realizada quando os frutos atingiam de 18 a 20 cm; a média geral dos frutos foi de 19,11 cm e houve um baixo coeficiente de variação (3,88%) (Tabela 6).

Para a variável diâmetro do fruto da abobrinha italiana, houve diferença significativa isolada apenas para o fator condutividade elétrica da solução nutritiva no terço inferior do fruto. Na condutividade elétrica de 2,7 dS m⁻¹, houve o maior diâmetro com valor de 63 mm (Figura 19A). Por sua vez, as espessuras de polpa apresentaram significância isolada para a relação N:K na solução nutritiva no terço superior do fruto, tendo a relação 1:2 a maior espessura, que foi de 15 mm (Figura 19B).

Figura 19. Diâmetro inferior do fruto da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (A); e espessura de polpa superior da abobrinha italiana em função da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

A maior espessura de polpa do fruto de abobrinha italiana na relação 1:2 (Figura 19B), possivelmente, está relacionada à relação fonte-dreno nas plantas; isso ocorre devido a participação do potássio em diversos processos fisiológicos das culturas, como na fotossíntese, no metabolismo e translocação de carboidratos, promovendo um maior rendimento e uma melhor qualidade dos frutos (WANG & WU, 2013).

Uma possibilidade secundária pode estar relacionada ao substrato utilizado, que possui alta concentração de sódio (444 mg kg⁻¹), enquanto que o potássio encontra-se a uma concentração inferior (1,6 mg kg⁻¹) (Tabela 3); desta forma, a relação N:K 1:2 favorece o melhor desenvolvimento dos frutos por meio de uma homeostase K:Na mais favorável. Isto porque concentrações adequadas de potássio contribuem para atenuar a absorção que pode causar efeitos tóxicos do sódio nas plantas, devido ao efeito antagônico entre os íons, no qual exercem papel central na resistência salina e na homeostase iônica (APSE & BLUMWALD, 2007).

Para os sólidos solúveis totais, acidez titulável e vitamina C nos frutos da abobrinha italiana, houve ajustes ao modelo linear de regressão em relação à condutividade elétrica da solução nutritiva, apresentando os maiores valores (4,8 °Brix, 0,167 g de ácido cítrico 100 mL⁻¹ de polpa e 25,4 mg 100 mL⁻¹ de polpa) na solução nutritiva de 5,0 dS m⁻¹, representando incrementos de 16, 29 e 29% respectivamente, quando comparado à condutividade elétrica de 1,0 dS m⁻¹ (Figura 20).

Figura 20. Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B) e vitamina C (C) do fruto da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva.

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva de 1,0 para 5,0 dS m⁻¹ também causou aumento das propriedades de qualidade organolépticas e a concentração de vitamina C dos frutos de abobrinha italiana (Figura 20). Possivelmente, com a maior disponibilidade de nutrientes propiciou-se maior acúmulo de matéria seca nos frutos, que é relacionado diretamente com o acúmulo de açúcares e outros compostos orgânicos (SELLITTO et al., 2019).

Resultados similares são relatados em pesquisas anteriores, como por Liopa-Tsakalidi et al. (2015), que trabalharam com duas condutividades elétricas da solução nutritiva (2,2 e 4,4 dS m⁻¹) no cultivo hidropônico da abobrinha italiana var. Abodanza, e observaram incremento dos sólidos solúveis, de 5,19 para 5,48°Brix, respectivamente. Os autores também ressaltam a importância desta variável na preferência das abobrinhas pelo consumo humano, que geralmente aprecia frutos com maiores valores de sólidos solúveis.

Por sua vez, os teores de água e de matéria seca dos frutos apresentaram significância isolada para a condutividade elétrica e a relação N:K da solução nutritiva. Essas duas variáveis são complementares, de modo que ao se somarem, resultam na porcentagem total do fruto (100%), apresentando respostas espelhadas. Em relação à condutividade elétrica, enquanto o teor de água se reduz com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, o teor de matéria seca é

crescente (Figura 21A e C). Para a relação N:K, a relação 1:2, apresenta o maior teor de água e o menor teor de matéria seca, não diferindo da relação 1:1 (Figura 21B e D).

Figura 21. Teor de água (A e C) e teor de matéria seca do fruto (B e D) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

Em relação ao fato dos teores de matéria seca terem aumentado com o aumento da condutividade elétrica, este possivelmente está relacionado ao aumento do potencial osmótico, que ocasiona a redução do fluxo de água nos frutos (MUNNS, 2002). O maior teor de água nos frutos da abobrinha italiana, com a fertirrigação com maior proporção do potássio em relação aos demais nutrientes (1:2) (Figura 21B), deve-se, provavelmente, ao fato desse nutriente ser responsável pelo controle osmótico nos tecidos vegetais, incluindo os frutos (TAIZ & ZEIGER, 2013).

4.4. Área foliar, características produtivas e uso da água

A área foliar e a massa fresca dos frutos da abobrinha italiana apresentaram interação significativa entre a condutividade elétrica e a relação N:K da solução nutritiva. Para as massas secas dos limbos foliares, dos pecíolos e da folha, observou-se significância isolada para a condutividade elétrica da solução nutritiva. Por sua vez, a massa seca das raízes e a massa seca

dos frutos apresentaram diferenças significativas isoladas para condutividade elétrica e para a relação N:K da solução nutritiva. A massa seca do caule, o consumo de solução nutritiva e a eficiência no uso da água, não apresentaram diferenças significativas para os fatores estudados (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação da área foliar e das características produtivas e produtividade da água da abobrinha italiana

Análise de variância	AF	MSLF	MSP	MSFol	MSC	MSR	MSF	MFF	CSL	EUA
CE	*	*	**	**	ns	*	*	ns	ns	ns
N:K	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns
CE*N:K	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
Média Geral	7284	24,76	15,18	39,94	10,26	5,11	12,89	248,56	22,60	11,04
cv (%)	8,39	12,40	10,85	10,05	18,36	18,43	18,09	8,74	6,08	11,34

Em que: AF = área foliar ($\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$); MSLF = massa seca dos limbos foliares (g planta^{-1}); MSP = massa seca dos pecíolos (g planta^{-1}); MSFol = massa seca das folhas (g planta^{-1}); MSC = massa seca do caule (g planta^{-1}); MSR = massa seca das raízes (g planta^{-1}); MSF = massa seca dos frutos (g planta^{-1}); MFF = massa fresca dos frutos (g planta^{-1}); CSL = consumo de solução nutritiva ($\text{dm}^3 \text{ planta}^{-1}$); EUA = eficiência no uso da água (g dm^{-3}).

As maiores médias de área foliar (7949; 7592; e $8817 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) foram observadas para os valores de condutividade elétrica da solução nutritiva de 1,0; 3,5; e $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, para as relações 2:1, 1:1 e 1:2, respectivamente (Figura 22A). No desdobramento, fixando-se a condutividade elétrica em $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, a relação N:K de 1:2 apresentou a maior média de área foliar; já se fixando em $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, as maiores médias de área foliar foram observadas nas relações, 1:2 e 1:1; para os demais valores de condutividade elétrica, não se observaram diferenças significativas entre as relações N:K da solução nutritiva (Figura 22B).

Figura 22. Área foliar da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por condutividade elétrica não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

A área foliar representa a capacidade de intercepção da radiação solar das plantas, apresentando relação com a fotossíntese, o uso da água e nutrientes, influenciando diretamente o potencial produtivo (FIALHO et al., 2011). Assim, tendo em vista que a maior área foliar foi observada na solução nutritiva com relação N:K de 1:2 e na condutividade elétrica de 1,0 dS m⁻¹, demonstra-se que, ao se aumentar a salinidade do meio, a abobrinha italiana reduz a área foliar em resposta às modificações fisiológicas, relacionadas aos seus mecanismos de tolerância.

Por outro lado, o fato de haver aumento da proporção do potássio em relação aos demais nutrientes (relação 1:2), na menor concentração de nutrientes da solução nutritiva (1,0 dS m⁻¹), demonstra que o potássio, em condições de baixa disponibilidade de nutrientes, propicia o aumento da área foliar, influenciando na fotossíntese pelo aumento da intercepção da luz solar.

Para as massas secas dos limbos foliares, dos pecíolos e das folhas, foram observados ajustes ao modelo quadrático de regressão, com produções mínimas (23,0; 14,0 e 37,1 g planta⁻¹) nas condutividades elétricas de 3,3; 3,4 e 3,3 dS m⁻¹, respectivamente. No intervalo experimental, as maiores médias de produção dos limbos foliares, dos pecíolos e das folhas (27,3; 17,1 e 44,4 g planta⁻¹, respectivamente) foram observadas na condutividade elétrica de 1,0 dS m⁻¹ (Figura 23).

Figura 23. Massas secas dos limbos foliares (A), dos pecíolos (B) e das folhas C (C) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva.

Para a produção da massa seca das folhas e suas partes, a partir da condutividade elétrica de 3,3 dS m⁻¹ da solução nutritiva, houve incrementos no acúmulo de massa. Esta resposta pode estar relacionado à redução da translocação dos fotoassimilados aos frutos ou a alguns mecanismos de tolerância a salinidade, que são induzidos a partir de um nível de salinidade.

A massa seca de raízes da abobrinha italiana apresentou ajuste ao modelo linear crescente de regressão, em relação à condutividade elétrica da solução nutritiva, na qual o aumento de seus níveis até a condutividade elétrica de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ propiciou a maior produção de raízes ($5,72 \text{ g planta}^{-1}$); um incremento de 21,5% quando comparada a $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 24A). Para as relações N:K, na relação de 2:1 foi observada a maior média, não diferindo da relação 1:2 (Figura 24B).

Figura 24. Massa seca das raízes da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (A) e da relação N:K na solução nutritiva (B). Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

Alguns trabalhos evidenciam a redução do desenvolvimento do sistema radicular da abobrinha italiana com o aumento da salinidade, como os de Rouphael et al. (2006) e Neocleous & Savvas (2017). Estes estudos foram realizados com o aumento da salinidade, por meio do efeito do sódio e do cloro, por serem, geralmente, encontrados em grandes quantidades em áreas com problemas de salinidade que, dependendo da quantidade, pode apresentar efeitos tóxicos às plantas.

Possivelmente por isso, o sistema radicular do presente estudo não proporciona uma corroboração direta, pois o aumento da salinidade da solução nutritiva foi realizado com o aumento da concentração dos macronutrientes minerais. Contudo, para que houvesse uma redução no desenvolvimento das raízes, seria necessário um nível de condutividade elétrica mais severo na solução nutritiva. Nesse sentido, o aumento da concentração dos demais nutrientes, principalmente em relação ao potássio, pode ter reduzido os efeitos negativos da concentração de sódio presente no substrato utilizado (Tabela 3), pela relação antagônica na absorção entre os dois elementos (APSE & BLUMWALD, 2007).

A massa seca dos frutos apresentou ajuste ao modelo quadrático de regressão, segundo o qual a condutividade elétrica da solução nutritiva de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ proporcionou a maior produção, que foi de $13,6 \text{ g planta}^{-1}$ (Figura 25A). Na relação N:K de 2:1 observou-se a maior média, não diferindo da relação de 1:1 (Figura 25B).

Figura 25. Massa seca dos frutos (A e B); e massa fresca dos frutos (C e D); da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável (B); e por condutividade elétrica (D) não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

Quanto à massa fresca dos frutos, as maiores médias (275; 264 e 271 g planta⁻¹) foram observadas nas condutividades elétricas da solução nutritiva de 1,0; 2,9 e 2,9 dS m⁻¹, para as relações 2:1, 1:1 e 1:2, respectivamente (Figura 25C). No desdobramento, fixando-se a condutividade elétrica em 3,0 dS m⁻¹, observou-se as maiores médias de produção (289 e 267 g planta⁻¹) nas relações N:K da solução nutritiva de 1:1 e 1:2, respectivamente; para as demais condutividades elétricas, não se observaram diferenças significativas entre as demais relações N:K da solução nutritiva (Figura 25D).

Ao considerar que, com a relação N:K da solução nutritiva de 2:1, a maior produção da massa fresca dos frutos da abobrinha italiana foi observada na condutividade elétrica de 1,0 dS m⁻¹. Pode-se afirmar que o tratamento apresentou uma maior eficiência e economia do uso dos nutrientes minerais, uma vez que é o nível mais baixo de condutividade elétrica do intervalo experimental. Nas demais relações (1:1 e 1:2), a maior produção foi observada no nível de 2,9 dS m⁻¹, valor próximo do recomendado Strassburger et al. (2011), que observaram a maior produtividade com a condutividade elétrica da solução nutritiva de 3,0 dS m⁻¹.

A maior concentração de nitrogênio em relação aos outros nutrientes na relação 2:1 da solução nutritiva, propiciou um maior crescimento inicial (30 DAT) (Figura 16A), maior atividade fotossintética (Figura 18) e maior área foliar sob a condutividade elétrica de 1,0 dS m⁻¹ (Figura 22). Esta alterou a relação fonte-dreno, propiciando maior assimilação de carbono e maior

produção de fotoassimilados, que são translocados para os frutos das plantas. Este resultado se correlaciona ao observado por Pôrto et al. (2012) que obtiveram maior produtividade com o incremento da disponibilidade de nitrogênio.

Rouphael et al. (2006) trabalharam com dois níveis de condutividade elétrica (2,0 e 4,1 dS m⁻¹) da solução nutritiva no cultivo da abobrinha italiana, e observaram redução de suas características produtivas (raízes, caule, folhas e frutos) com o aumento da condutividade elétrica da solução. Os autores verificaram que as plantas submetidas a maior salinidade reduziram sua evapotranspiração e constataram uma alta correlação entre a evapotranspiração e o acúmulo de biomassa.

A redução da evapotranspiração é uma consequência do mecanismo de tolerância à salinidade das plantas, as quais toleram maiores concentrações de sais com sua exclusão e/ou compartimentalização (MORAIS et al., 2018), aumentando o potencial osmótico nos tecidos vegetais, o que por sua vez diminui o fluxo da água por meio do sistema substrato-planta-atmosfera.

4.5. Concentrações dos macronutrientes primários

Em relação às concentrações dos macronutrientes primários nos tecidos da abobrinha italiana, houve respostas diversificadas em relação ao órgão vegetal e ao nutriente analisado. Nas raízes, as concentrações do fósforo e do potássio foram modificadas pelos dois fatores estudados, enquanto que no caule, apenas na concentração de nitrogênio houve significância para a relação N:K. Na folha, as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio no pecíolo apresentaram respostas para ambos fatores, enquanto que no limbo foliar não houve diferenças significativas. Por sua vez, no fruto, as concentrações de nitrogênio e fósforo apresentaram significância para as interações entre a condutividade elétrica e a relação N:K (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação da concentração dos macronutrientes primários dos tecidos vegetais da abobrinha italiana

Análise de variância	Raízes			Caule			Pecíolo			Limbo foliar			Fruto		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
CE	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N:K	ns	**	**	***	ns	ns	**	***	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CE*N:K	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	***	ns
Média Geral	15,51	3,38	12,27	25,79	4,96	58,9	11,75	4,51	67,86	33,68	3,31	55,45	30,41	5,48	63,69
cv (%)	13,00	11,21	17,23	9,02	7,59	28,4	13,03	5,93	11,61	10,89	7,75	12,95	10,91	7,48	14,10

Em que: N = nitrogênio (g kg⁻¹); P = fósforo (g kg⁻¹); K = potássio (g kg⁻¹).

A concentração de nitrogênio nos pecíolos da abobrinha italiana apresentou ajuste ao modelo linear de regressão para as condutividades elétricas da solução nutritiva, nas quais o nível de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ apresentou a maior concentração ($12,6 \text{ g kg}^{-1}$) (Figura 26A). A relação N:K da solução nutritiva de 2:1, propiciou as maiores médias de concentração de nitrogênio ($12,8$ e $29,8 \text{ g kg}^{-1}$) nos pecíolos e caule, respectivamente (Figura 26B e C).

Figura 26. Concentração de nitrogênio nos pecíolos (A e B); no caule (C); e no fruto (D e E) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável (B e C); e por condutividade elétrica (E); não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

Nos frutos da abobrinha italiana, as maiores concentrações de nitrogênio ($37,7$; $34,1$ e $31,2 \text{ g kg}^{-1}$) foram observadas nas condutividades elétricas da solução nutritiva de $5,0$; $5,0$ e $2,6 \text{ dS m}^{-1}$; analisando o desbobrimento em que se fixa as relações 2:1; 1:1 e 1:2, respectivamente (Figura 26D). Para a condutividade elétrica de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, observou-se a maior média de

concentração de nitrogênio na relação N:K da solução nutritiva de 1:1, não diferindo da relação 1:2; enquanto que, no nível $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, as maiores médias foram observadas nas relações de 2:1 e 1:1; para os demais valores de condutividade elétrica, não se observaram diferenças significativas entre as relações N:K da solução nutritiva (Figura 26E).

Em relação a maior concentração de nitrogênio nos pecíolos e no caule da abobrinha italiana com a maior proporção de nitrogênio na solução nutritiva (relação 2:1), que são as principais estruturas de sustentação da planta e que permitem a comunicação entre a fonte-dreno (folha-fruto) (TAIZ & ZEIGER, 2013), demonstra-se haver uma reserva adicional, quando comparado com as outras relações N:K, de nitrogênio e de seus compostos para suprir os frutos.

Nesse sentido, observou-se uma concentração crescente de nitrogênio nos frutos com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, para a relação 2:1 (Figura 26D), enquanto que nos pecíolos a concentração do nutriente reduziu-se, o que pode indicar o movimento dessa reserva adicional aos frutos, em situações de estresse salino.

Neocleous & Savvas (2017), trabalhando com a abobrinha italiana com níveis de salinidade com o uso do cloreto de sódio na solução nutritiva, observaram que o aumento da salinidade reduziu a concentração de nitrogênio no caule e nas folhas; contudo, não observaram significância para a concentração de nitrogênio nas raízes e nos frutos.

A concentração de fósforo nas raízes da abobrinha italiana apresentou os maiores valores ($3,5$; $3,8$ e $3,6 \text{ g kg}^{-1}$) nas condutividades elétricas da solução nutritiva de $2,4$; $5,0$ e $3,4 \text{ dS m}^{-1}$, para as relações 2:1; 1:1 e 1:2, respectivamente (Figura 27A). No desdobramento, fixando-se a condutividade elétrica em $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, observou-se a maior média, de concentração de fósforo nas raízes, nas relações N:K da solução nutritiva de 2:1 e 1:1; enquanto que, no nível $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, a maior média foi observada na relação de 1:1, não diferindo da relação 1:2; nas outras condutividades elétricas não foram observadas diferenças significativas entre as relações N:K da solução nutritiva (Figura 27B).

Figura 27. Concentração de fósforo nas raízes (A e B); nos pecíolos (C e D); e no fruto (E e F) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, P = fósforo. Letras iguais por condutividade elétrica não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

A concentração de fósforo nos pecíolos da abobrinha italiana apresentou os maiores valores ($5,1$ e $4,5 \text{ g kg}^{-1}$) nas condutividades elétricas da solução nutritiva de $1,0$ e $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, para as relações N:K de $2:1$ e $1:2$, respectivamente (Figura 27C). Para os desdobramentos, fixando-se as condutividades elétricas nos níveis de $1,0$; $2,0$; $3,0$; e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, as relações $2:1$ e $1:1$ apresentaram as maiores médias de concentração de fósforo nos pecíolos; para a condutividade elétrica de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, não foi observada significância entre as relações (Figura 27D).

Para a concentração de fósforo nos frutos da abobrinha italiana, nas relações $2:1$, $1:1$ e $1:2$, os maiores valores ($5,7$; $6,4$ e $6,0 \text{ g kg}^{-1}$) foram observados nas condutividades elétricas da solução nutritiva de $5,0$; $1,0$ e $2,6 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente (Figura 27E). Nos desdobramentos,

fixando-se as condutividades elétricas das soluções nutritivas, a concentração de fósforo nos frutos no nível de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, a maior média foi observada na relação 1:1; no nível de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, a maior média foi observada na relação 1:2, não diferindo da relação 2:1; nas condutividades elétricas de $3,0$ e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ não se observaram significâncias entre as relações N:K; no nível de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, a relação de 2:1 apresentou a maior média, não diferindo da relação 1:1 (Figura 27F).

Ao aumentarem a salinidade com adição de cloreto de sódio na solução nutritiva, Neocleous & Savvas (2017) observaram que a concentração de fósforo nas folhas e no caule da abobrinha italiana reduziu-se com o aumento da concentração do sal; porém, não houve diferenças da concentração do nutriente nas raízes e nos frutos.

As principais funções do fósforo nas plantas são relacionadas à transferência de energia, além de ser o constituinte principal das estruturas dos ácidos nucleicos, bem como um componente dos fosfolipídeos de membrana (JONES JR., 2004). Considerando sua função energética necessária a diversos processos fisiológicos na planta, sua concentração demonstra na abobrinha italiana diferentes respostas por órgão e também pela relação N:K da solução nutritiva, o que sugere sua interação com o nitrogênio e o potássio, na indução de diferentes mecanismos de tolerância à salinidade.

As concentrações de potássio nas raízes e nos pecíolos da abobrinha italiana apresentaram significância isolada para a condutividade elétrica e a relação N:K da solução nutritiva. Nas condutividades elétricas de $3,7$ e $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ obtiveram-se as maiores concentrações de potássio ($13,2$ e $75,0 \text{ g kg}^{-1}$) nas raízes e nos pecíolos, respectivamente (Figura 28A e C). As relações N:K de 1:1 e 1:2 apresentaram as maiores médias de concentração de potássio nas raízes (Figura 28B); já nos pecíolos, a relação 1:1 apresentou a maior média, não diferindo da relação 2:1 (Figura 28C).

Figura 28. Concentração de potássio nas raízes (A e B); e nos pecíolos (C e D) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio. Letras iguais por variável não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

Rouphael et al. (2006) observaram redução da concentração de potássio nas folhas, caule e raízes da abobrinha italiana, com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva em sistema semi-hidropônico fechado de 2,0 para 4,1 dS m^{-1} , e também não observaram diferenças significativas para a concentração do nutriente nos frutos, corroborando com o presente estudo.

Por sua vez, Neocleous & Savvas (2017) ao aumentarem o nível de salinidade com adição de cloreto de sódio na solução nutritiva, notaram que houve uma redução na concentração do potássio nas folhas, no caule e nas raízes da abobrinha italiana. No entanto, nos frutos, os autores não constataram diferenças da concentração de potássio com o aumento da salinidade.

4.6. Concentrações dos macronutrientes secundários

As concentrações dos macronutrientes secundários das plantas de abobrinha que apresentaram mais respostas aos fatores estudados foram as concentrações de magnésio e de enxofre. A concentração de cálcio não apresentou diferença significativa em nenhum dos órgãos vegetais em relação à condutividade elétrica e à relação N:K (Tabela 9).

Tabela 9. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação da concentração dos macronutrientes secundários dos tecidos vegetais da abobrinha italiana

Análise de variância	Raízes			Caule			Pecíolo			Limbo foliar			Abobrinha		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
CE	ns	*	***	ns	ns	***	ns	ns	**	ns	***	**	ns	ns	ns
N:K	ns	ns	*	ns	ns	**	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	**	ns
CE*N:K	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	***
Média Geral	7,10	0,89	1,74	23,68	2,16	4,14	38,27	3,70	1,50	38,02	3,98	2,99	6,37	1,69	2,50
cv (%)	11,97	21,16	15,5	24,83	17,13	23,56	4,56	10,9	13,17	7,03	14,97	17,75	18	14,85	12,1

Em que: Ca = cálcio (g kg^{-1}); Mg = Magnésio (g kg^{-1}); S = enxofre (g kg^{-1}).

O cálcio apresenta como principal função a constituição estrutural da parede celular das células vegetais. Este nutriente apresenta uma mobilidade baixa nas plantas (JONES JR., 2004); por isso, observa-se uma menor concentração nos frutos ($6,37 \text{ g kg}^{-1}$) quando comparada com sua concentração nos demais órgãos da abobrinha italiana (Tabela 9). Neocleous & Savvas (2017), com o aumento da salinidade na solução nutritiva com cloreto de sódio, observaram redução da concentração de cálcio no caule, nas raízes e nos frutos da abobrinha italiana; porém, vale ressaltar que, nesse caso, o cálcio apresenta relação antagônica com o sódio.

A concentração de magnésio nas raízes e nos limbos foliares da abobrinha italiana apresentaram ajustes ao modelo linear de regressão. Nas raízes, a maior concentração ($1,0 \text{ g kg}^{-1}$) foi observada na condutividade elétrica de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 29A); entretanto, nos limbos foliares, a maior concentração ($4,6 \text{ g kg}^{-1}$) foi observada no nível de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 29C). Nos pecíolos, as maiores médias da concentração de magnésio ($3,9$ e $4,0 \text{ g kg}^{-1}$) foram observadas nas relações da solução nutritiva de 1:1 e 2:1, respectivamente (Figura 29B). Nos frutos, a relação N:K da solução nutritiva de 1:1 apresentou a maior média da concentração de magnésio ($1,9 \text{ g kg}^{-1}$) (Figura 29D).

Figura 29. Concentração de magnésio nas raízes (A) e nos limbos foliares (C) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva; nos pecíolos (B) e nos frutos (D) da abobrinha italiana em função da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, Mg = magnésio. Letras iguais por condutividade elétrica não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

O magnésio é um dos principais constituintes da molécula de clorofila, responsável por parte do processo de fotossíntese. O magnésio também é um ativador de enzimas relacionadas à transferência de energia e apresenta função enzimática específica, particularmente associada às plantas C3 na fixação de carbono (JONES JR., 2004). O aumento da concentração do magnésio nos limbos foliares, com a crescente condutividade elétrica da solução nutritiva, sugere que o aumento do potencial osmótico nas folhas reduziu a eficiência da abobrinha italiana no processo de fotossíntese, exigindo maior atuação do magnésio, sendo mobilizado das raízes, uma vez que a concentração do magnésio nas raízes foi inversamente proporcional àquelas dos limbos foliares (Figura 29A e C).

A menor concentração de magnésio nos pecíolos da abobrinha italiana, observada com a fertirrigação da solução nutritiva de 1:2, demonstra a relação de antagonismo com o potássio (MONTEIRO & CONSOLMAGNO NETO, 2008), o que refletiu também nos frutos, onde observou-se uma menor concentração do magnésio (Figura 29B e D).

A concentração de enxofre nas raízes e nos limbos foliares da abobrinha italiana apresentou ajustes ao modelo linear de regressão para as condutividades elétricas, nas quais os maiores valores foram observados no nível de 5,0 dS m⁻¹ (Figura 30A e C). Para a relação N:K, as

maiores médias da concentração de enxofre nas raízes foi observada na relação 1:1, que não diferiu da média da relação 2:1 (Figura 30B).

Figura 30. Concentração de enxofre nas raízes (A e B); nos limbos foliares (C); e nos pecíolos (D e E) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, S = enxofre. Letras iguais por variável (B e C) e por condutividade elétrica (E) não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

Nos pecíolos da abobrinha italiana, a concentração de enxofre apresentou interação entre a condutividade elétrica e a relação N:K da solução nutritiva. Nos desdobramentos, fixando-se a relação N:K, apenas a relação 2:1 apresentou significância para as condutividades elétricas, nas quais observou-se a maior concentração de enxofre (2,4 g kg⁻¹) no nível de 5,0 dS m⁻¹ (Figura 30D). Por outro lado, ao se fixar as condutividades elétricas, foram observadas diferenças significativas para as relações, nos níveis 3,0 e 5,0 dS m⁻¹, sendo que em ambos, as maiores médias foram observadas na relação 2:1 (Figura 30E).

No caule da abobrinha italiana, a maior concentração de enxofre ($7,5 \text{ g kg}^{-1}$) foi observada na condutividade elétrica da solução nutritiva de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, para a relação N:K de 2:1 (Figura 31A); as relações 1:1 e 1:2 não apresentaram diferenças significativas para a condutividade elétrica. No desdobramento, fixando-se a condutividade elétrica em $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, a relação N:K de 2:1 apresentou a maior média de concentração de enxofre ($7,5 \text{ g kg}^{-1}$); para os demais valores de condutividade elétrica, não se observaram diferenças significativas entre as relações N:K da solução nutritiva (Figura 31B).

Figura 31. Concentração de enxofre no caule (A e B) e nos frutos (C e D) da abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, S = enxofre. Letras iguais por condutividade elétrica não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

Nos frutos da abobrinha italiana, as maiores concentrações de enxofre ($3,1$ e $2,9 \text{ g kg}^{-1}$) foram observadas nas condutividades elétricas de $1,0$ e $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, para as relações N:K de 1:1 e 2:1 (Figura 31C); na relação 1:2, não houve significância entre as condutividades elétricas. No desdobramento, fixando-se a condutividade elétrica em $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, a relação N:K de 1:1 apresentou a maior média de concentração de enxofre ($3,1 \text{ g kg}^{-1}$); para o nível de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, na relação 2:1 houve a maior média de concentração de enxofre ($3,1 \text{ g kg}^{-1}$); para os demais valores de condutividade elétrica, não se observaram diferenças significativas entre as relações N:K da solução nutritiva (Figura 31D).

A maior concentração de enxofre nos tecidos vegetais na solução de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, indica a participação deste nutriente nos mecanismos de tolerância ao estresse salino. De acordo com Khan et al. (2014), o enxofre é constituinte dos principais compostos metabólicos, que, entre outras funções, atuam na tolerância dos tecidos vegetais à salinidade, na qual, induz o aumento do estresse oxidativo nas células vegetais, e entre os mecanismos de manutenção acionados pelas plantas, destaca-se o aumento do metabolismo do enxofre e seus compostos que atuam na regulação oxidativa.

4.7. Acúmulo total dos macronutrientes nas plantas de abobrinha italiana

A extração dos macronutrientes pela abobrinha italiana apresentou respostas variadas. Para o acúmulo de nitrogênio, houve significância isolada para as relações N:K; o acúmulo de fósforo e potássio não apresentaram diferenças significativas para os fatores estudados; o acúmulo de cálcio e enxofre apresentou interação significativa entre a condutividade elétrica e a relação N:K da solução nutritiva; e para a extração de magnésio, houve significância isolada para as condutividades elétricas (Tabela 10).

Tabela 10. Resumo da análise de variância, média geral e coeficiente de variação do acúmulo total dos macronutrientes pela abobrinha italiana

Análise de variância	N _{ac}	P _{ac}	K _{ac}	Ca _{ac}	Mg _{ac}	S _{ac}
CE	ns	ns	ns	*	*	***
N:K	**	ns	ns	ns	ns	***
CE*N:K	ns	ns	ns	*	ns	***
Média Geral	1,75	0,29	3,90	1,89	0,20	0,18
cv (%)	11,50	10,76	13,86	9,98	14,53	9,33

Em que: N_{ac} = acúmulo total de nitrogênio (g planta⁻¹); P_{ac} = acúmulo total de fósforo (g planta⁻¹); K_{ac} = acúmulo total de potássio (g planta⁻¹); Ca_{ac} = acúmulo total de cálcio (g planta⁻¹), Mg_{ac} = acúmulo total de magnésio (g planta⁻¹), S_{ac} = acúmulo total de enxofre (g planta⁻¹).

A ordem decrescente da extração total dos macronutrientes pela abobrinha italiana foi K > Ca > N > P > Mg > S (Tabela 10), corroborando com Araújo et al., (2015) que observaram para esta mesma espécie, em condições de campo na primavera, a ordem de extração dos macronutrientes similar, K > Ca > N > Mg > P > S, com exceção da inversão entre o fósforo e o magnésio. Os autores destacam o consumo de “luxo” do potássio pela cultura, absorvendo quantidades muito além do necessário aos processos fisiológicos das plantas, devido a alta mobilidade deste nutriente, sendo facilmente translocado entre as partes das plantas.

O acúmulo de nitrogênio apresentou diferença significativa isolada para a relação N:K da solução nutritiva. A relação de 2:1 foi a que apresentou a maior extração de nitrogênio ($1,90 \text{ g planta}^{-1}$) da abobrinha italiana (Figura 32A), devido a sua maior disponibilidade em relação a proporção com os demais nutrientes, e por ser constituinte de diversos compostos, como proteínas, ácidos nucleicos e clorofila (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Figura 32. Acúmulo total de nitrogênio (A) na abobrinha italiana em função da relação N:K na solução nutritiva; acúmulo total de cálcio (B e C) na abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, Ca = cálcio. Letras iguais por variável (A) e por condutividade elétrica (C) não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

Para o acúmulo de cálcio na abobrinha italiana, nas relações 2:1 e 1:2, os maiores valores ($2,1$ e $2,2 \text{ g planta}^{-1}$) foram observados na solução nutritiva de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$; para a relação 1:1 não houve significância para a condutividade elétrica (Figura 32B). Nos desdobramentos, fixando-se as condutividades elétricas da solução nutritiva, no acúmulo de cálcio na abobrinha italiana no nível de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, as maiores médias foram observadas na relação 2:1 e 1:2; nas demais condutividades elétricas não se observaram diferenças significativas entre as relações N:K (Figura 32C).

Considerando a função estrutural do cálcio na parede celular (JONES JR., 2004) e sua maior extração nas condições extremas de solução nutritiva, ou seja, menor disponibilidade de nutrientes e de salinidade, sugere-se que, em condições de estresse, este nutriente é requerido em

maiores quantidades para que as estruturas vegetais apresentem maior resistência mecânica para maior estabilidade das células vegetais.

O acúmulo de magnésio apresentou diferença significativa isolada para a condutividade elétrica da solução nutritiva, obtendo o ajuste ao modelo linear de regressão. A maior extração deste nutriente ($0,22 \text{ g planta}^{-1}$) foi observada na solução nutritiva de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, ou seja, houve um incremento de 17% quando comparada com o nível de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 33A), sugerindo que o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva favoreceu seu acúmulo, possivelmente relacionado a manutenção dos processos de fotossíntese adequados, uma vez que o magnésio é da clorofila e auxilia em um processo enzimático específico das plantas C3 na fixação de carbono (JONES JR., 2004).

Figura 33. Acúmulo total de magnésio (A) na abobrinha italiana em função da condutividade elétrica na solução nutritiva; acúmulo total de enxofre (B e C) na abobrinha italiana em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e da relação N:K na solução nutritiva. Em que: N = nitrogênio, K = potássio, Ca = cálcio. Letras iguais por por condutividade elétrica não apresentam diferença significativa de acordo com o Teste Tukey em 5% de probabilidade.

As maiores extrações de enxofre ($0,28$ e $0,20 \text{ g planta}^{-1}$) pela abobrinha italiana, nas relações 2:1 e 1:1, foram observadas na condutividade elétrica de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$; para a relação 1:2, não foram observadas diferenças significativas para a condutividade elétrica (Figura 33B). Nos desdobramentos, fixando-se as condutividades elétricas da solução nutritiva, o acúmulo de enxofre na abobrinha italiana no nível de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, a maior média foi observada na relação 2:1, e não diferiu da relação 1:1; nas soluções nutritivas com $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, a maior média ($0,29 \text{ g planta}^{-1}$)

foi observada na relação 2:1; nas demais condutividades elétricas não houve significância entre as relações N:K (Figura 33C).

A maior extração do enxofre pela abobrinha italiana foi observada nas soluções nutritivas com $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, nas relações N:K de 2:1 e 1:1 (Figura 33B e C), o que indica a atuação deste nutriente como constituinte de compostos que atuam nos mecanismos de regulação oxidativa e manutenção acionados pelas plantas, destacando-se o aumento do metabolismo do enxofre e seus compostos que atuam na regulação oxidativa ocasionada pelo estresse salino (KHAN et al., 2014).

O acúmulo de enxofre foi ainda mais acentuado no fornecimento de solução nutritiva com maior proporção de nitrogênio em relação aos demais nutrientes (relação 2:1), devido à interação entre esses nutrientes (N:S); geralmente o aumento da disponibilidade do nitrogênio é acompanhada pelo aumento da demanda do enxofre. Omirou et al. (2009) constataram essa interação para o brócolis (*Brassica oleracea* var. Italica), com a adubação em doses crescentes de nitrogênio e enxofre. Houve um aumento das características produtivas, do acúmulo de ambos nutrientes e maiores concentrações dos compostos orgânicos e metabólitos secundários, como os glucosinolatos, que apresentam esses nutrientes em sua composição.

5. CONCLUSÕES

As características de desenvolvimento, atividade fotossintética, de qualidade, de produção e nutricionais da abobrinha italiana cultivada em vaso com substrato em ambiente protegido, apresentaram respostas diversos com a fertirrigação de relações N:K e níveis de condutividade elétrica na solução nutritiva.

A solução nutritiva com relação N:K de 2:1 favoreceu o crescimento inicial da abobrinha italiana, enquanto que as relações 1:1 e 1:2, mantiveram o crescimento na fase reprodutiva. A maior salinidade na água de irrigação reduziu o crescimento da abobrinha italiana principalmente no período reprodutivo.

A atividade fotossintética da abobrinha italiana aos 28 dias após o transplante das mudas, é superior na relação N:K da solução nutritiva de 2:1.

Os sólidos solúveis totais, acidez titulável e a vitamina C nos frutos da abobrinha italiana aumentaram seus valores para a condutividade elétrica da solução nutritiva de 5,0 dS m⁻¹.

A massa fresca dos frutos da abobrinha italiana apresentaram interação significativa entre a condutividade elétrica e a relação N:K da solução nutritiva, tendo maiores valores na relação 2:1 no nível de 1,0 dS m⁻¹ e para as demais relações (1:1 e 1:2), a maior produção foi observada no nível de 2,9 dS m⁻¹.

As concentrações dos macronutrientes primários e secundários nos tecidos da abobrinha italiana, apresentaram respostas variados com os tratamentos, exceto para a concentração de cálcio que não apresentou significância.

A ordem decrescente do acúmulo total dos macronutrientes pela abobrinha italiana foi K > Ca > N > P > Mg > S.

REFERÊNCIAS

- ADAM, P. Aspectos de la nutrición mineral em cultivos sin suelo em relación al suelo. In: GAVILÁN, M. U. (ed) Tratado de cultivo sin suelo, 3ª Ed. rev. y ampl., Editora Mundi-Prensa: Madrid, Barcelo, México. 2004. 81-112pp.
- AHANGER, M. A.; AGARWAL, R. M. Salinity stress induced alterations in antioxidant metabolism and nitrogen assimilation in wheat (*Triticum aestivum* L.) as influenced by potassium supplementation. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 115, p. 449-460, 2017.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n.6, p. 711-728, 2013.
- AMORIM, Y. F. Produção de mudas de abobrinha híbrida em diferentes substratos e níveis de estresse salino. *Revista Ciência Agrícola*, v. 13, n. 1, p. 27-32, 2016.
- APSE, M. P.; BLUMWALD, E. Na⁺ transport in plants. *FEBS letters*, v. 581, n. 12, p. 2247-2254, 2007.
- ARAÚJO, H. S.; CARDOSO, I.; ISMAEL, A.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. X.; MAGRO, F. O. Teores e extração de macronutrientes em abobrinha-de-moita em função de doses de potássio em cobertura. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 10, n. 3, 2015.
- AZAMBUJA, L. O.; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S.; COSTA, C. Produtividade da abobrinha 'Caserta' em função do nitrogênio e gel hidrorretentor. *Científica*, v.43, n.4, p.353-358, 2015.
- BERJÓN, M. A.; MURRAY, P. N.; BENEDITO, C. C. Substratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: LÓPEZ, C. C. *Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. 3ª Ed. Ampliada. Ediciones Mundi-Prensa: Madrid/Barcelona/México, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos. Brasília: MAPA, 2017. 240 p.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, cap. 7, p. 375-470, 2007.
- CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. Abobrinha. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/produtos/abobrinha-italiana/>>. Acesso em: 15/08/2019.
- COSTA, A. D.; REZENDE, R.; FREITAS, P. D.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. A cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) em ambiente protegido utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica. *Irriga*, v. 20, n. 1, p. 105-127, 2015.

- DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. A. H.; ROZANE, D. E.; SILVA, D. J. H. Cultivo em ambiente protegido: histórico, tecnologias e perspectivas. In: AGUIAR, R. L.; DAREZZO, R. J.; ROZANE, D. E.; AGUILERA, G. A. H.; SILVA, D. J. H. Cultivo em ambiente protegido histórico, tecnologia e perspectivas. Viçosa: Editora UFV, p. 1-9, 2004.
- DINIZ, A. A.; DIAS, N. S.; SOUZA, F. I.; SOUZA, A. C. M.; MESQUITA, F. O.; SOUZA, F. I. Efeito da solução nutritiva sob o crescimento e composição mineral em pepino cultivado em substrato de fibra de coco. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 5, p. 3043-3053, 2015.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2017. 573 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2. ed. Londrina: Ed. Plantas, 2006. 403p.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, P. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, cap. 9, p. 551-594, 2007.
- FIALHO, G. S.; DALVI, L. P.; DALVI, N. B. C.; KUHLCAMP, K. T.; EFFGEN, E. M. Predição da área foliar em abobrinha-italiana: um método não destrutivo, exato, simples, rápido e prático. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 1, n. 2, 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. Cucurbitáceas: Pepino e outras hortaliças-fruto. In: FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna comercialização de hortaliças. 3 ed. Rev. e Ampl. Viçosa: Editora UFV, cap. 20, p. 335-370, 2007.
- FRATONI, M. M. J.; MONTEIRO, M. S.; FRATONI, S. M. J.; MOSSINI, F. H.; SAMPAIO, M. L.; CONSTANTINO, L. V.; ALMEIDA, L. H. C.; FREGONEZI, G. A. F.; TAKAHASHI, H. W. Fertirrigação por gotejamento com doses de K na fase reprodutiva do tomateiro tipo italiano. *Horticultura Brasileira* v.34, n.1, p. 110-113. 2016.
- FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. Microirrigação: gotejamento e microaspersão. Editora da Universidade Estadual de Maringá: Maringá. 2012. 356p.
- GAVILÁN, M. U. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. In: GAVILÁN, M. U. (ed) Tratado de cultivo sin suelo, 3ª Ed. rev. y ampl., Editora Mundi-Prensa: Madrid, Barcelo, México. 2004. 161-238pp.
- GIAGLARAS, P.; LYKAS, Ch.; KITTAS, C. Dynamic simulation of nutrient solution composition in a closed hydroponics system. *IFAC Proceedings Volumes*, v. 31, n. 12, p. 219-224, 1998.

- GISLERØD, H. R.; ADAMS, P. Diurnal variations in the oxygen content and acid requirement of recirculating nutrient solutions and in the uptake of water and potassium by cucumber and tomato plants. *Scientia Horticulturae*, v. 21, n. 4, p. 311-321, 1983.
- GÜL, A.; KIDOĞLU, F.; ANAÇ, D. Effect of nutrient sources on cucumber production in different substrates. *Scientia Horticulturae*, v. 113, n. 2, p. 216-220, 2007.
- HAFEEZ, A.; ALI, S.; MA, X.; TUNG, S. A.; SHAH, A. N.; LIU, A.; AHMED, S.; CHATTHA, M. S.; YANG, G. Potassium to nitrogen ratio favors photosynthesis in late-planted cotton at high planting density. *Industrial Crops and Products*, v. 124, p. 369-381, 2018.
- HOAGLAND, D.; ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. *California Agriculture Experimental Station*, 347, 1-32, 1950.
- JOKINEN, K.; SÄRKKÄ, L. E.; NÄKKILÄ, J.; TAHVONEN, R. Split root fertigation enhances cucumber yield in both an open and a semi-closed greenhouse. *Scientia horticulturae*, v. 130, n. 4, p. 808-814, 2011.
- JONES JR, J. B. *Hydroponics: a practical guide for the soilless grower*. 2 ed. Washington: CRC press, 2004. 423p.
- KHAN, N. A.; KHAN, M. I. R.; ASGHER, M.; FATMA, M.; MASOOD, A.; SYEED, S. Salinity tolerance in plants: revisiting the role of sulfur metabolites. *J Plant Biochem Physiol*, v. 2, n. 120, p. 1-8, 2014.
- KRAUSS, A. Potassium effects on yield quality. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. (eds.) *Potássio na Agricultura Brasileira*. Piracicaba: Potafos, cap. 11, p. 239-256, 2005.
- LIOPA-TSAKALIDI, A.; BAROUCHAS, P.; SALAHAS, G. Response of zucchini to the electrical conductivity of the nutrient solution in hydroponic cultivation. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v. 4, p. 459-462, 2015.
- LOPES, J. F.; AMARO, G. B.; BARBIERI, R. L. Cultivares. In: NICK, C.; BORÉM, A. *Abóboras e morangas: do plantio à colheita*. Viçosa: Editora UFV, cap. 5, p. 70-96, 2017.
- MACHADO, R. M. A.; SERRALHEIRO, R. P. Soil salinity: Effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae*, v. 3, n. 2, p. 30, 2017.
- MAGGIO, A.; PASCALE, S.; PARADISO, R.; BARBIERI, G. Quality and nutritional value of vegetables from organic and conventional farming. *Scientia Horticulturae*, v. 164, p. 532-539, 2013.
- MALLER, A.; REZENDE, R.; HARA, Â. T.; OLIVEIRA, J. M.; LORENZONI, M. Fertigation of zucchini in greenhouse environments. *Water Resources and Irrigation Management*, v.2, n.3, p.143-148, 2013.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. O. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed., Piracicaba: Potafós, 1997, 319p.
- MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N. Salinidade em ambiente protegido. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. Manejo. Fortaleza: INCTSal, cap. 9, p. 113-122, 2016.
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 5 ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.
- MERIC, M. K.; TUZEL, I. H.; TUZEL, Y.; OZTEKIN, G. B. Effects of nutrition systems and irrigation programs on tomato in soilless culture. *Agricultural Water Management*, v. 99, n. 1, p. 19-25, 2011.
- MINAMI, K. Substrato para plantas. Piracicaba: Degaspari, 2010. 226p.
- MONTEIRO, F. A.; CONSOLMAGNO NETO, D. Sistema radicular do capim-tanzânia adubado com potássio e magnésio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 5, p. 810-818, 2008.
- MORAIS, P. L. D.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUSA NETO, O. N.; SARMENTO, J. D. A.; GONZAGA, M. I. S. Effects of nutrient solution salinity on the physiological performance of melon cultivated in coconut fiber. *Revista Caatinga*, v. 31, n. 3, p. 713 –718, 2018.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, v. 25, p. 239-250, 2002.
- NAUREEN, Z.; SHAM, A.; AL ASHRAM, H.; GILANI, S. A.; AL GHEILANI, S.; MABOOD, F.; HUSSAINA, J.; AL HARRASI, A.; ABUQAMAR, S. F. Effect of phosphate nutrition on growth, physiology and phosphate transporter expression of cucumber seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 127, p. 211-222, 2018.
- NEOCLEOUS, D.; SAVVAS, D. Simulating NaCl accumulation in a closed hydroponic crop of zucchini: Impact on macronutrient uptake, growth, yield, and photosynthesis. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 180, n. 3, p. 283-293, 2017.
- NEPI, M.; PACINI, E. Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. *Annals of Botany*, v. 72, n. 6, p. 527-536, 1993.
- OMIROU, M. D.; PAPADOPOULOU, K. K.; PAPASTYLIANOU, I.; CONSTANTINO, M.; KARPOUZAS, D. G.; ASIMAKOPOULOS, I.; EHALIOTIS, C. Impact of nitrogen and sulfur fertilization on the composition of glucosinolates in relation to sulfur assimilation in different plant organs of broccoli. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 57, n. 20, p. 9408-9417, 2009.

- PEREIRA, C.; MARCHI, G. Cultivo comercial em estufas. Guaíba: Agropecuária, 2000. 118p.
- PÔRTO, M. L. A.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECOM, P. R.; ALVES, J. D. C.; ARRUDA, J. D. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. *Bragantia*, v. 71, n. 2, p. 190-195, 2012.
- PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N. P. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985.
- RESH, H.M. Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. Washington: CRC Press, 2012. p. 560.
- REIS, L. S.; SOUZA, J. L.; AZEVEDO, C. A. V. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.289-296, 2009.
- ROBINSON, R. W.; DECKER-WALTERS D. S. Cucurbits. Série: Crop production science in horticulture 6. CAB International: New York, 1997.
- ROOSTA, H. R.; SAJJADINIA, A.; RAHIMI, A.; SCHJOERRING, J. K. Responses of cucumber plant to NH_4^+ and NO_3^- nutrition: the relative addition rate technique *vs.* cultivation at constant nitrogen concentration. *Scientia Horticulturae*, v. 121, n. 4, p. 397-403, 2009.
- ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; REA, E.; BATTISTELLI, A.; COLLA, G. Comparison of the subirrigation and drip-irrigation systems for greenhouse zucchini squash production using saline and non-saline nutrient solutions. *Agricultural water management*, v. 82, n. 1-2, p. 99-117, 2006.
- SANJUÁN, M. C. S.; GAVILÁN, M. U. Métodos de riego y fertirrigación en cultivo sin suelo. In: GAVILÁN, M. U. (ed) Tratado de cultivo sin suelo, 3ª Ed. rev. y ampl., Editora Mundi-Prensa: Madrid, Barcelo, México. 2004. 161-238pp.
- SANTOS, R. B.; CAVALCANTE, L. F.; VITAL, A. F. M.; LACERDA, C. F.; EDIVAN, R. S.; LIMA, G. S. Interação salinidade-fertilidade do solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (eds) Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, cap. 18, p. 277-294, 2016.
- SCHWARZ, D.; GROSCHE, R. Influence of nutrient solution concentration and a root pathogen (*Pythium aphanidermatum*) on tomato root growth and morphology. *Scientia Horticulturae*, v. 97, n. 2, p. 109-120, 2003.
- SCHWERZ, F. Fertirrigação nitrogenada no cultivo da abobrinha italiana. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados-MS, 2018. 54 p.

- SELLITTO, V. M.; GOLUBKINA, N. A.; PIETRANTONIO, L.; COZZOLINO, E.; CUCINIELLO, A.; CENVINZO, V.; FLORIN, I.; CARUSO, G. Tomato Yield, quality, mineral composition and antioxidants as affected by beneficial microorganisms under soil salinity induced by balanced nutrient solutions. *Agriculture*, v. 9, n. 5, p. 110, 2019.
- SHAGUFTA. Vegetable and crop production. A.P.H. Pub. Corp: New Delhi, 2011.
- SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, v. 78, p. 5–38, 1999.
- STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; FONSECA, L. A.; AUMONDE, T. Z. Crescimento e produtividade da abobrinha italiana: efeito da concentração iônica da solução nutritiva. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 2, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 5ª Edição, Porto Alegre: Artmed, 2013.
- TANIGUCHI, G. C.; FUJIMOTO, F. T. S.; MEDEIROS, W. N.; GROSSI, J. A. S. Cultivo em ambiente protegido olericultura, fruticultura e floricultura. Viçosa: Editora UFV, 2008. 260p.
- TEIXEIRA, N. T. Hidroponia: uma alternativa para pequenas áreas. Guaíba: Editora Agropecuária, 1996. 86p.
- VIDIGAL, S. M.; PUIATTI, M.; SEDIYAMA, M. A. N. Correção do solo e adubação. In: NICK, C.; BORÉM, A. *Abóboras e morangos: do plantio à colheita*. Viçosa: Editora UFV, cap. 4, p. 49-69, 2017.
- VÍLLORA, G.; MORENO, D. A.; PULGAR, G.; ROMERO, L. Yield improvement in zucchini under salt stress: determining micronutrient balance. *Scientia Horticulturae*, v. 86, n. 3, p. 175-183, 2000.
- VIOL, M. A.; CARVALHO, J. A.; LIMA, E. M. C.; REZENDE, F. C.; MATTOS, R. W. P.; RODRIGUES, J. L. M. Déficit hídrico e produção do tomate cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.11, p.1244-1253, 2017a.
- VIOL, M. A.; CARVALHO, J. A.; LIMA, E. M. C.; REZENDE, F. C.; GOMES, L. A. A. Efeito da salinidade no crescimento e produção do tomate cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 11, n. 8, p. 2120- 2131, 2017b.
- WANG, Y.; WU, W. H. Regulation of potassium transport and signaling in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, v. 39, p. 123-128, 2017.
- WEN, B.; LI, C.; FU, X.; LI, D.; LI, L.; CHEN, X.; WU, H.; CUI, X.; ZHANG, X.; SHEN, H.; ZHANG, W.; XIAOA, W. W.; DONGSHENG, G. Effects of nitrate deficiency on nitrate assimilation and chlorophyll synthesis of detached apple leaves. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 142, p.363-371, 2019.

- XU, H. L.; GAUTHIER, L.; GOSSELIN, A. Effects of fertigation management on growth and photosynthesis of tomato plants grown in peat, rockwool and NFT. *Scientia Horticulturae*, v. 63, n. 1-2, p. 11-20, 1995.
- YAMADA, T. Resistência de plantas às pragas e doenças: pode ser afetada pelo manejo da cultura? *Informações Agronômicas*, n. 104, p. 1-7, 2004.
- ZOTARELLI, L.; DUKES, M. D.; SCHOLBERG, J. M.; HANSELMAN, T.; LE FEMMINELLA, K.; MUNOZ-CARPENA, R. Nitrogen and water use efficiency of zucchini squash for a plastic mulch bed system on a sandy soil. *Scientia Horticulturae*, v. 116, n. 1, p. 8-16, 2008.