

Adução silicatada na qualidade físico-química e conservação pós-colheita dos frutos de tomateiro

Silicate fertilization on the physical-chemical quality and post-harvest conservation of tomato fruits

Sandro Dan Tatagiba ¹, Bruna Colle Rissardi ¹, Flávio Alessandro Sommariva ¹ Ana Luiza Pirolli Figueiredo ¹, Iuri Eduardo Lenser Scheid ¹, Bruno José Dani Rinaldi ², Anderson Correa Gonçalves ²

¹ Instituto Federal Catarinense

² Instituto Federal do Paraná

Resumo. O objetivo deste trabalho foi investigar o uso de diferentes doses de silício (Si), aplicados via foliar, na qualidade físico-química e na conservação pós-colheita dos frutos de tomateiro. Para isso, plantas de tomate, *Solanum lycopersicum*, variedade Santa Clara, cresceram em vasos plásticos contendo 8 dm³ de substrato, mantidos próximo a capacidade de campo, por 120 dias, no interior da casa de vegetação do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira. O controle da irrigação foi realizado pelo método gravimétrico (pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até que a massa do vaso atingisse o valor prévio determinado, considerando-se a massa do solo e de água. A aplicação das doses de Si foi realizada através de um pulverizador manual com capacidade de 500 mL e um bico tipo leque para aplicação. Plantas controles onde não foram aplicadas o Si, foram pulverizadas com água destilada. Utilizou-se o fertilizante foliar mineral simples silicato de potássio (Flex Silício®) nas doses: 0,0 ml/L (Controle); 4,0; e 8,0 ml/L de silicato de potássio, em quatro aplicações, realizadas aos 40, 55, 70 e 85 DAT. Após a primeira colheita, os frutos foram coletados, identificados e acondicionados em uma unidade de refrigeração vertical, mantendo-se a temperatura média de 5 °C, por 09 dias. As avaliações da qualidade físico-químicas e de conservação pós-colheita foram iniciadas no dia 0 (zero), momento da colheita, e finalizada no dia 09 (nove), sendo realizadas a cada três dias consecutivos, completando 09 dias de armazenamento (tempo de prateleira). Foram avaliadas as seguintes características físico-químicas e da conservação pós-colheita: peso dos frutos, firmeza, acidez titulável, pH e sólidos solúveis. O experimento foi disposto num delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas no tempo [0 (Momento da colheita), 3, 6 e 9 dias após a colheita - período de armazenamento], composto por três doses de adubação silicatada [0 (Tratamento controle), 4 e 8 ml/L de silicato de potássio], com quatro repetições. Cada unidade experimental foi composta de um fruto acondicionado no interior da unidade de refrigeração. Os dados foram submetidos à análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey (5 % de probabilidade) utilizando o programa o software R®, versão 4.3.2. De acordo com os resultados obtidos foi observado que a adubação silicatada, principalmente na dose de 8,0 ml/L de silicato de potássio favoreceu o ganho de peso, a maior firmeza e acidez titulável dos frutos do tomateiro, melhorando as características físico-químicas e contribuindo para maior durabilidade pós-colheita. Entretanto, o pH e o teor de sólidos solúveis não sofreram alteração pela aplicação de Si.

Palavras-chaves: fisiologia pós-colheita, silício, *Solanum lycopersicum*.

Abstract. The objective of this study was to investigate the use of different doses of silicon (Si), applied via foliar application, on the physical-chemical quality and post-harvest conservation of tomato fruits. To achieve this, tomato plants, *Solanum lycopersicum*, variety Santa Clara, were grown in plastic pots containing 8 dm³ of substrate, maintained close to field capacity, for 120 days, inside the greenhouse of the Instituto Federal Catarinense, Campus Videira. Irrigation control was performed by the gravimetric method (daily weighing of the pots), adding water until the mass of the pot reached the previously determined value, considering the mass of the soil and water. The application of the Si doses was performed using a manual sprayer with a capacity of 500 mL and a fan-type nozzle for application. Control plants where Si was not applied were sprayed with distilled water. The simple mineral foliar fertilizer potassium silicate (Flex Silício®) was used at the following doses: 0.0 ml/L (Control); 4.0; and 8.0 ml/L of potassium silicate, in four applications, carried out at 40, 55, 70 and 85 DAT. After the first harvest, the fruits were collected, identified and stored in a vertical refrigeration unit, maintaining an average temperature of 5 °C, for 09 days. The evaluations of the physicochemical quality and post-harvest conservation were started on day 0 (zero), time of harvest, and finished on day 09 (nine), being carried out every three consecutive days, completing 09 days of storage (shelf time). The following

physicochemical and post-harvest conservation characteristics were evaluated: fruit weight, firmness, titratable acidity, pH and soluble solids. The experiment was arranged in a completely randomized design, in split plots in time [0 (harvest time), 3, 6 and 9 days after harvest - storage period], composed of three doses of silicate fertilization [0 (control treatment), 4 and 8 ml/L of potassium silicate], with four replicates. Each experimental unit consisted of a fruit stored inside the refrigeration unit. The data were subjected to analysis of variance and the treatments compared by the Tukey test (5 % probability) using the R[®] software program, version 4.3.2. According to the results obtained, it was observed that silicate fertilization, mainly at the dose of 8.0 ml/L of potassium silicate, favored weight gain, greater firmness and titratable acidity of tomato fruits, improving the physicochemical characteristics and contributing to greater postharvest durability. However, the pH and the content of soluble solids were not altered by the application of Si.

Keywords: postharvest physiology, silicon, *Solanum lycopersicum*.

Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), pertencente à família Solanaceae, é originário da América do Sul, sendo uma das espécies de hortaliças mais cultivadas e consumidas mundialmente (Silva; Giordano, 2000). O baixo teor calórico e o aroma do fruto estimulam o apetite, além de ser um alimento com elevados teores de potássio, vitaminas A e E, hormônios e folatos inibidores de acúmulo de homocisteínas no sangue (Alvarenga, 2004; Rubin et al., 2019). Ocupando o segundo lugar entre as hortaliças produzidas no Brasil, é cultivado em todas as regiões do país (Camargo Filho; Camargo, 2017).

A produtividade e a qualidade de tomates de mesa estão associadas principalmente à etapa de adubação, especialmente quando há um aporte equilibrado de minerais que são necessários aos processos bioquímicos e fisiológicos da planta e dos frutos (Kulcheski et al., 2015). As características físico-químicas da qualidade dos frutos de tomate, como, acidez titulável, teor de sólidos solúveis, tamanho, firmeza, cor e brilho são importantes para a valorização comercial pelo consumidor (Dalstra, 2017). Ainda que possua melhoria nos atributos comerciais, o tomateiro é um produto perecível durante a vida pós-colheita, havendo perda na qualidade, verificada pela aparência, qualidade sensorial, valor nutricional e microbiológico.

Entre as alternativas para melhorar a qualidade pós-colheita e minimizar as perdas dos atributos comerciais dos frutos de tomate está a adubação silicatada. O silício (Si) é considerado o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, atrás apenas do oxigênio, com seu teor médio no solo variando entre 25% a 35% (Epstein, 1999). Embora haja abundância na crosta terrestre, sua disponibilidade no solo é muito baixa. Em solos tropicais e subtropicais, por exemplo, os teores desse elemento disponíveis são considerados baixos devido ao processo de lixiviação, intemperismo e ao cultivo intensivo, que extraem o elemento do solo (Meena et al., 2014).

Algumas formulações de adubação silicatada vêm sendo estudadas na produção do tomateiro, demonstrando alguns benefícios que o Si tem trazido às plantas, como a redução de

anomalias fisiológicas dos frutos e doenças, melhorando assim, a qualidade dos frutos e aumentando a produção (Cantuário et al., 2014; Marodin et al., 2016; Oliveira et al., 2020). Estudos indicam que em hortaliças como no tomateiro, pode ocorrer a deposição de Si na parede celular dos frutos melhorando a qualidade físico-química e a conservação, aumentando as características de firmeza e concentrações de sólidos solúveis, vitamina C e licopeno (Marodin et al., 2016) além de aumentar o rendimento produtivo e reduzir o número de frutos rachados/danificados (Marodin et al., 2014). Islam, Mele e Kang (2018), estudando o uso da adubação silicatada foliar, na concentração de 17 mM de dióxido de silício na qualidade do tomateiro, aplicada uma vez por semana, durante cinco semanas consecutivas, verificaram que o Si diminuiu a respiração e a concentração de etileno, aumentando a firmeza, o teor de vitamina C e a vida útil dos frutos. No morangueiro, o fornecimento de Si também proporcionou melhoria no produto final, com aumento nos teores de açúcares totais (Figueiredo et al., 2010). Em alface, o Si beneficiou o teor de ácido ascórbico e sólidos solúveis (Lemos Neto et al., 2018), além favorecer a maior retenção de água nas folhas, verificado pelo incremento significativo na massa de água (Tatagiba et al., 2024).

Para atender às necessidades de Si pelas plantas, existem várias fontes do elemento, como o silicato de potássio, silicato de sódio, ácido monossilícico, silicato de cálcio, silicato de magnésio e o metassilicato de sódio (Currie; Perry, 2007). A adubação foliar com silicato de potássio poderia, portanto, ser uma alternativa para contornar a deficiência de absorção de Si em tomateiro, uma vez, que a hortaliça apresenta baixa absorção do elemento, chamadas de planta não acumuladora (<0,5% de SiO₂), e assim, favorecer seu acúmulo nos tecidos (Marscher, 1995).

Entretanto, pode haver mudança na constituição da parede celular dos frutos causada pela adição de silicato de potássio sobre as plantas, alterando o metabolismo de enzimas (poligalacturonase, pectina metil esterase, β -galactosidase e a pectatoliase) que atuam sobre a pectina e que regulam o processo de estruturação

da parede celular, influenciando mudanças importantes de alguns padrões de qualidade como cor e firmeza (Oliveira et al., 2006). Assim, a forma de como a adubação com o silicato de potássio pode influenciar a qualidade físico-química e a conservação dos frutos de tomate precisa ser pesquisada. Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi investigar o uso de silicato de potássio sobre as características físico-químicas e a conservação pós-colheita de frutos de tomateiro cultivado em ambiente protegido.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado no Instituto Federal Catarinense - Campus Videira, localizado na rodovia SC 135, Km 125, bairro Campo Experimental, no município de Videira, estado de Santa Catarina.

O município encontra-se na zona agroecológica do Vale do Rio do Peixe, com clima subtropical, segundo classificação de Köppen, apresentando temperatura moderada, chuva bem distribuída e verão brando. Podem ocorrer geadas, tanto no inverno como no outono. As temperaturas médias são inferiores a 20 °C, exceto no verão. No inverno a média é inferior a 14 °C, com mínimas inferiores a 8 °C.

Material experimental

Mudas de tomateiro, *Solanum lycopersicum* L., variedade Santa Clara, foram produzidas em bandejas de polietileno expandido contendo 128 células, onde em cada célula foi depositada uma semente sob substrato comercial Tropstrato® (Vida Verde, Mogi Mirim, SP). Após germinação e crescimento inicial de 30 dias, as mudas passaram por critério de seleção quanto à uniformidade e foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 8 dm⁻³ e cultivadas no interior da casa de vegetação por 120 dias. Foram selecionadas as plântulas mais vigorosas, com 2 a 3 folhas completas e em bom estado fitossanitário.

O substrato utilizado para enchimento dos vasos foi constituído de uma mistura de terra extraída da camada de 0,40 a 0,80 m de profundidade de um Argissolo Vermelho Distrófico e misturado com substrato comercial Tropstrato® (Vida Verde, Mogi Mirim, SP) na proporção 3:1, respectivamente. Foi realizada análise granulométrica do substrato, obtendo-se a classificação textural como franco argilo siltoso.

Amostras do substrato foram analisadas quimicamente, resultando em boa disponibilidade de bases trocáveis (SB = 37,1 cmolc.dm⁻³), de saturação de bases (V = 87,6 %), de disponibilidade de potássio (285,5 mg.dm⁻³) e de fósforo (193,4 mg.dm⁻³). Antes do plantio não foi necessário realizar a correção da acidez do solo. As adubações

de plantio e de cobertura foram realizadas de acordo com o Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016). O nitrogênio foi fornecido na forma de uréia, parcelado em sete vezes (Uma aplicação no plantio e seis em cobertura). Para o fósforo (P₂O₅) e potássio (Cloreto de potássio) no momento do plantio não foi necessário realizar a aplicação.

No plantio foram fornecidos 0,204 g/vaso de uréia. As adubações de cobertura com uréia foram realizadas a cada 18 dias após o transplante (DAT) das mudas para os vasos, fornecendo-se da primeira até a sexta adubação de cobertura, as seguintes quantidades: 0,153 g, 0,348 g; 0,466 g, 0,398 g; 0,398 g e 0,290 g, respectivamente. Também foram realizadas três adubações de reforço do fertilizante mineral misto "NPK + 9 nutrientes" (Forth Frutas®), fornecendo 50 g/vaso do formulado, aos 45, 60 e 90 dias após o transplante (DAT) das mudas para os vasos. Foram realizadas ainda seis aplicações foliares de Cálcio (Ca) e Boro (B), utilizando o fertilizante mineral misto "Geo CaB2" (Geoclean®), fornecido na dose de 2,5 ml/L aplicados através de um pulverizador costal aos 35, 50, 65, 80, 95 e 110 DAT.

O tutoramento dos tomateiros foi realizado quando as plantas atingiram em média 30 cm de altura, com a utilização de um cano de policloreto de vinila (PVC) com aproximadamente 2,0 m de comprimento, o qual foi enterrado e fixado de forma inclinada ao lado de cada planta no interior do vaso. O cano de PVC foi apoiado e amarrado a um arame estendido a 1,80 m do solo, preso a mourões distanciados cerca 10,00 m. À medida que as plantas foram crescendo, efetuou-se o amarrão nos canos de PVC perfurados a cada 10 cm, sendo realizadas em média cinco amarras por planta, evitando assim o tombamento das mesmas.

Manejo hídrico

Para o estabelecimento de água no substrato, foi utilizado o nível de água, definido a partir da porosidade total do solo, com valor acima de 80 % do volume total de poros ocupados por água (Capacidade de Campo), sendo o controle da irrigação realizado pelo método gravimétrico (Pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até que a massa do vaso atingisse o valor prévio determinado, considerando-se a massa do solo e de água, conforme metodologia descrita por Freire et al. (1980).

Doses de silicato de potássio

A aplicação das doses de Si sobre as folhas foram realizadas através de um pulverizador manual com capacidade de 500 mL e um bico tipo leque para aplicação. Plantas controles onde não foram

aplicadas o Si, foram pulverizadas com água destilada. Utilizou-se o silicato de potássio, Flex Silício®, nas doses: 0,0ml/L (Controle); 4,0 e 8,0 ml/L em quatro aplicações realizadas aos 40, 55, 70 e 85 DAT. O produto utilizado apresenta formulação do tipo EC (Concentrado emulsionável), sendo recomendado para a cultura do tomateiro, apresentando os seguintes nutrientes solúveis em água na escala peso/volume: 165,6g/L de K₂O (Potássio) e de Si (Silício).

Determinação da qualidade físico-química e conservação pós-colheita dos frutos

Para avaliar a qualidade físico-química e a conservação pós-colheita dos frutos, foram realizadas análises no final do experimento. Após a primeira colheita, realizada aos 120 dias de experimentação, os frutos foram coletados, identificados e acondicionados em uma unidade de refrigeração vertical, mantendo-se a temperatura média de 5°C, por 09 dias.

As avaliações da qualidade físico-químicas e de conservação pós-colheita foram iniciadas no dia 0 (zero), momento da colheita, e finalizada no dia 09 (nove), sendo realizadas a cada três dias consecutivos, completando 09 dias de armazenamento (tempo de prateleira).

Para determinar a qualidade físico-química e a conservação pós-colheita foram avaliadas as seguintes características: o peso e a firmeza dos frutos, a acidez titulável, o potencial hidrogeniônico (pH) e o conteúdo de sólidos solúveis.

Para obtenção do peso dos frutos em cada período de armazenamento foi avaliado a matéria fresca do fruto obtida através da pesagem utilizando uma balança eletrônica semi analítica (Modelo AD 500S, Marte®).

A firmeza foi determinada utilizando-se de um penetrômetro digital de 5 a 200 N ± 1 N (Impac, Modelo IP-90D®). Foram avaliados os frutos em cada tratamento, realizando-se a leitura em dois pontos opostos, na região equatorial. A avaliação foi expressa na unidade de força, em libras, necessária para penetrar a polpa do tomate, utilizando-se a média das leituras obtidas.

A acidez titulável foi determinada em cada período de coleta, em duplicata utilizando-se a amostra retirada da polpa triturada com água destilada em liquidificador doméstico na proporção de 1:2 (50g da amostra e 100mL de água destilada). No erlenmeyer, adicionou-se 50 mL de água destilada e três gotas de fenolftaleína alcoólica a 1,0% e 10mL da amostra triturada do fruto de tomateiro. Em seguida procedeu-se a titulação com solução de NaOH a 0,1 N, previamente padronizada. Os resultados foram expressos em percentagem (%) de ácido cítrico.

O pH foi determinado através de amostras dos frutos, os quais foram trituradas com água destilada em liquidificador doméstico na proporção de 1:2 (50g da amostra e 10mL de água destilada). Em um becker de 100mL adicionou-se material homogêneo e realizou-se a leitura em um potenciômetro digital modelo (HI 9321 da Hanna Instruments®) calibrado com soluções tampão de pH 4, 0 e 7,0.

Os sólidos solúveis foram determinados utilizando o refratômetro manual digital (Atago Palette, PR-101®), com intervalo de medição de 0 a 45% ± 0,1%, utilizando-se do líquido obtido da polpa triturada. Os resultados foram expressos em °BRIX.

Delineamento experimental,

Foi montado um experimento dispostos num delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas no tempo [0 (Momento da colheita), 3, 6 e 9 dias após a colheita - período de armazenamento], composto por três doses de adubação silicatada [0 (Tratamento controle), 4 e 8 ml/L de silicato de potássio], com quatro repetições. Cada unidade experimental foi composta de um fruto acondicionado no interior da unidade de refrigeração.

Os dados foram submetidos à análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey (5% de probabilidade) utilizando o programa o software R®, versão 4.3.2.

Resultados e Discussão

A Figura 01 apresenta os valores médios do peso dos frutos de tomate ao longo do tempo de prateleira, comparando as doses foliares de silicato de potássio, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Observa-se que houveram diferenças significativas entre as doses de silicatado de potássio ao 0 e 6 dias de armazenamento. No entanto, não foi encontrada diferenças entre as médias aos 3 e 9 dias de armazenamento (Figura 1).

No dia 0 (Zero) de armazenamento, momento da colheita, a dose de 0,0 ml/L de silicato de potássio (Controle) apresentou redução significativa para o peso médio dos frutos em 10,3% em relação à dose de 8,0 ml/L, evidenciando que a adubação silicatada, aplicada via foliar, pode contribuir para a conservação do peso dos frutos, levando a uma menor perda de massa. Nota-se também, ao sexto dia de armazenamento, que o peso dos frutos nas doses de 0,0 e 4,0 ml/L de silicato de potássio, apresentaram reduções significativas em 10,6 e 8,4% em relação à dose de 8,0 ml/L, corroborando os resultados obtidos no momento da colheita, indicando assim, que a adição de Si numa dosagem superior pode levar ao aumento no peso dos frutos (Figura 01).

Viana (2015) investigando a utilização de Si disponibilizada durante a irrigação das plantas de tomate do grupo Salada (Híbrido Dominador), também verificou que as plantas submetidas a três dias de turno de rega com aplicação de Si originaram frutos mais pesados ($175,22 \pm 10,05$ g) em comparação com as plantas que não receberam o elemento. Contradizendo os resultados obtidos no presente estudo, Soares et al. (2022) não encontraram diferenças significativas no peso médio dos frutos entre as doses de Si aplicados e o tratamento testemunha (Ausência de Si) em tomateiro cultivar Cereja.

Quanto à firmeza dos frutos de tomateiro (Figura 02) foi observado que em todos os períodos

de armazenamento houve diferenças significativas entre as médias. Observa-se que a partir do terceiro até o nono dia de armazenamento, que a firmeza na dose de 8,0 ml/L de silicato de potássio foi significativamente superior a dose controle (0,0 ml/L), evidenciando que a aplicação de Si, contribuiu para o aumento na solidez do epicarpo dos frutos. Ainda, nota-se para a firmeza, que houve diferenças significativas entre as médias para as doses de 4,0 e 8,0 ml/L de silicato de potássio no sexto e nono dias, com redução significativa em 7,1 e 30,3 % na dose de 4,0 ml/L em relação à dose 8,0ml/L, respectivamente (Figura 02).

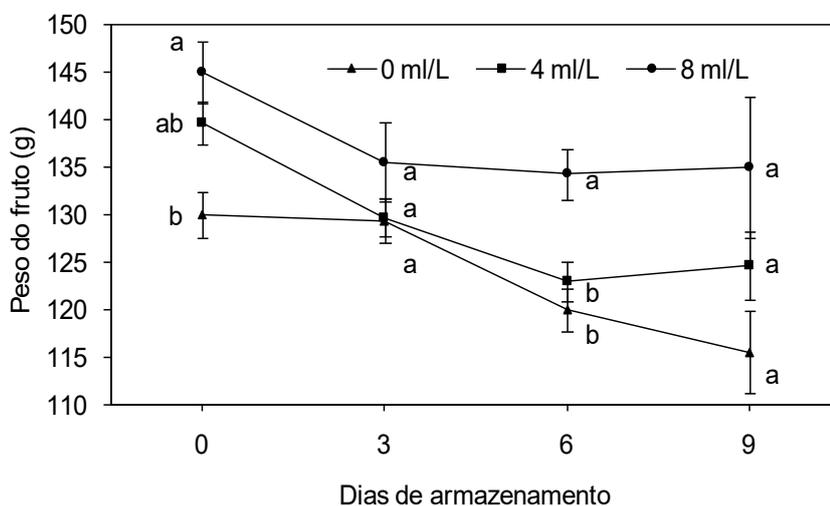


Figura 01. Valores médios do peso dos frutos de tomateiro, cultivar Santa Clara, submetida a diferentes doses de silicato de potássio em ambiente protegido e armazenadas a 5°C, por 09 dias.

*Médias seguidas por mesma letra em cada período de armazenamento, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

De acordo com Bertin e Génard (2018), alterações na firmeza do fruto durante o amadurecimento envolvem a perda da pressão de turgescência. Esse processo acontece devido ao acúmulo de solutos osmóticos no apoplasto, onde ocorre modificações na relação simplasto e apoplasto, como a degradação do amido e modificações fisiológicas na composição, alterando assim a estrutura e dinâmica da parede celular. Assim, o aumento significativo da firmeza dos frutos encontrado na dose de 8,0 ml/L de silicato de potássio, caracteriza-se que pode ter havido um

retardamento da degradação na parede celular em função da deposição de silício no epicarpo.

Santos (2018) estudando o uso de Si e a qualidade de frutos de tomates da cultivar Micro Tom em função de diferentes fontes e concentrações via pulverização foliar, observou que o Si incrementou o índice de firmeza do fruto. Ainda verificou-se que a pulverização com Si proporcionou o maior índice de firmezas, iguais a 8,03 N; 8,42 N e 8,84 N, nas concentrações 0,42 g; 0,46 g e 0,48 g L⁻¹ de Si utilizando as fontes Si-Nano, Si-K e Si-Al, respectivamente, enquanto, a pulverização foliar de Si na forma de Si-Ac na concentração do elemento

igual a 0,6 g L⁻¹ proporcionou maior índice de firmeza (9,4 N).

Na figura 02 ainda observa-se que os maiores valores de firmeza obtidos para cada tratamento foram: no nono dia de armazenamento para a dose de 8,0 e 4,0 ml/L de silicato de potássio, registrando média de 3,1 e 2,6 libras, respectivamente, e ao 0 (Zero) dia de armazenamento para a dose controle (0,0 ml/L de silicato de potássio), com 1,7 libras.

Procurando verificar a qualidade pós-colheita oriunda das aplicações de silicato de potássio, foi analisada a acidez titulável (% de ácido cítrico) nos frutos de tomate (Figura 03). Verifica-se que a adubação silicatada afetou significativamente as médias dos valores da acidez titulável a partir do terceiro dia de armazenamento, registrando aumentos significativos na dose de 8,0 ml/L de silicato de potássio de 10; 8,8 e 5,7% em relação ao tratamento controle (0,0 ml/L) ao terceiro, sexto e nono dias de armazenamentos, respectivamente. Este fato evidencia que a adubação silicatada pode contribuir com a melhoria na acidez em frutos de tomate. Resultados semelhantes foram obtidos por Islam, Mele e Kang (2018) que trabalharam com a aplicação de silício antes da colheita em tomate

cultivar Cereja. Coutinho (2019) também verificou que doses de silicato de cálcio, produziu tomates com melhoria na acidez titulável utilizando como fonte o silicato de cálcio.

Vale à pena ressaltar que entre as doses de 4,0 e 8,0 ml/L de silicato de potássio, apenas houve diferença significativa para a acidez titulável no terceiro dia de armazenamento (Figura 03). Nos demais períodos de armazenamento as médias entres estes dois tratamentos permaneceram semelhantes. Estes resultados reforçam que o Si induziu o aumento da acidez titulável. A acidez em produtos hortícolas é atribuída principalmente aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvida nos vacúolos das células, tanto na forma livre, como combinada com sais, ésteres, glicosídeos, etc (Chitarra; Chitarra, 2005).

Em relação ao pH foi observado que não houve diferenças significativas entre médias nas doses de silicato de potássio aplicadas, em nenhum período de armazenamento, evidenciando que o Si não afetou o pH nos frutos do tomateiro (Figura 04).

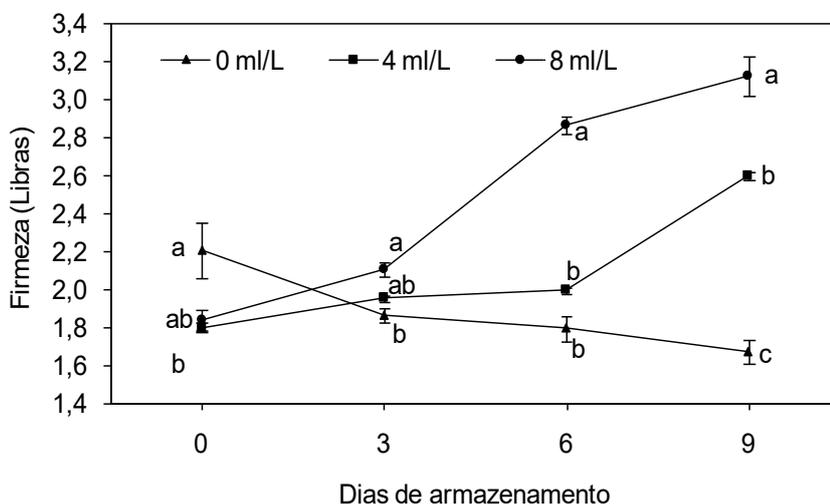


Figura 02. Valores médios da firmeza de frutos de tomateiro, cultivar Santa Clara, submetida a diferentes doses de silicato de potássio em ambiente protegido e armazenadas a 5°C, por 09 dias.

*Médias seguidas por mesma letra em cada período de armazenamento, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

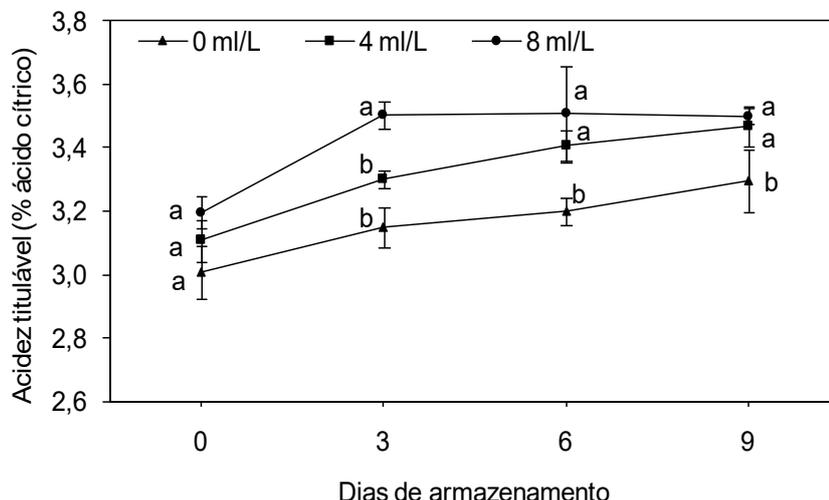


Figura 03. Valores médios da acidez titulável de frutos de tomateiro, cultivar Santa Clara, submetida a diferentes doses de silicato de potássio em ambiente protegido e armazenadas a 5°C, por 09 dias.

*Médias seguidas por mesma letra em cada período de armazenamento, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

O pH dos frutos variou pouco, tendo como valor máximo e mínimo iguais a 3,23 e 2,77, respectivamente, ambos encontrados para a dose de 8,0 ml/L de silicato de potássio (Figura 04). Os valores de pH encontrados no presente trabalho estão um pouco abaixo dos encontrados na literatura, como por exemplo, Coutinho (2019) registrou valores máximo e mínimo iguais a 4,38 e 4,16, respectivamente no tomate do grupo salada, cultivar Ivety. Já Borguini e Silva (2005) estudando as características físico-químicas do tomateiro variedade Carmen, registraram pH médio de 4,4 no sistema de cultivo convencional e 4,3 no orgânico. Entretanto, o pH dos frutos de tomate podem variar com o tipo de cultivar, tratos culturais e ser influenciado pelas condições ambientais.

O pH é um fator de extrema importância quando se analisa o nível de aceitação de um produto pelo consumidor, pois o produto excessivamente ácido pode vir a ser rejeitado (Borguini, 2002).

O teor de sólidos solúveis é um dos fatores de qualidade mais importantes para os frutos de tomateiro, podendo ser alterado por diversos fatores ambientais pré e pós-colheita (Coutinho, 2019). Observam-se na Figura 05, os valores médios de sólido solúveis para o tomateiro Santa Clara nos diferentes tratamentos com silicato de potássio. Nota-se que ao 0 e 6 dias de armazenamento houveram diferenças significativas nas médias de sólidos solúveis, verificando redução significativa

nos componentes orgânicos e inorgânicos dos frutos na dose de 8,0 ml/L de silicato de potássio, quando comparado com o tratamento controle (0,0 ml/L) e de 4,0 ml/L de silicato de potássio. Este fato evidencia que a aplicação de Si, independente da dose aplicada não contribuiu para incremento no valor de sólidos solúveis da cultivar Santa Clara, não melhorando o valor nutricional do fruto. Ainda, observa-se que no terceiro e nono dias de

armazenamento que não houve diferenças significativas das médias dos tratamentos, corroborando ainda mais com o fato de que a aplicação de Si, não afetou a composição química dos frutos do tomateiro (Figura 05).

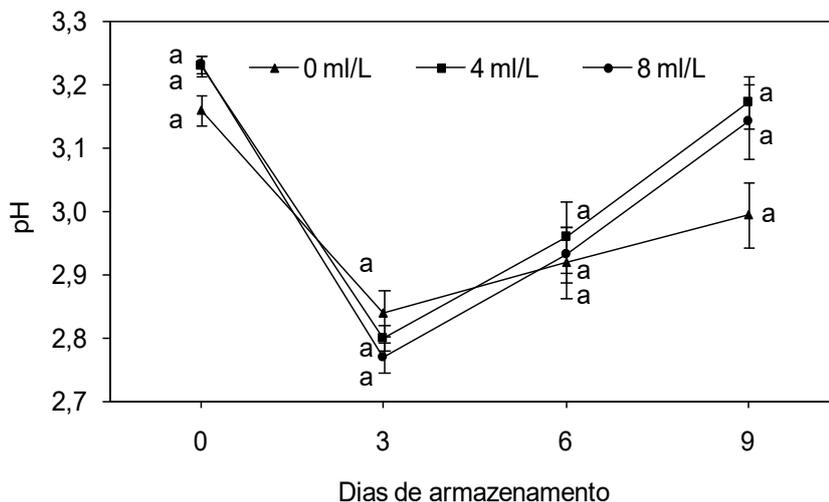


Figura 04. Valores médios da acidez titulável de frutos de tomateiro, cultivar Santa Clara, submetida a diferentes doses de silicato de potássio em ambiente protegido e armazenadas a 5°C, por 09 dias. Médias seguidas por mesma letra em cada período de armazenamento, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

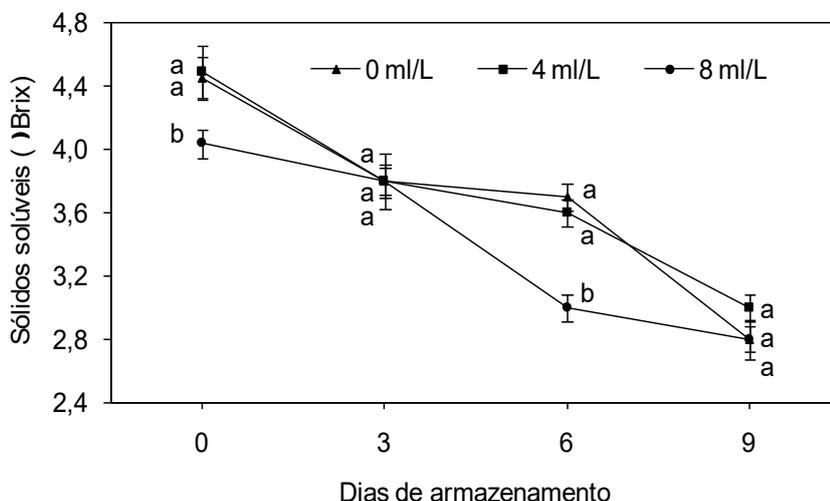


Figura 05. Valores médios para sólidos solúveis de frutos de tomateiro, cultivar Santa Clara, submetida a diferentes doses de silicato de potássio em ambiente protegido e armazenadas a 5°C, por 09 dias. Médias seguidas por mesma letra em cada período de armazenamento, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Resultados distintos foram encontrados por Marodin et al. (2016), em que, no tomateiro híbrido Santa Cruz Kada, os teores de sólidos solúveis aumentava com a aplicação de Si. Santos (2018) também verificou aumentos nos teores de sólidos solúveis na cultivar de tomateiro Micro Tom com o fornecimento de Si.

açúcar que é produzido na folha pode ser translocado para os frutos, afetando diretamente os teores de sólidos solúveis (Santos, 2018). De maneira indireta a alteração nos valores de sólidos solúveis, pode também ocorrer em decorrência da conversão do amido em açúcares e também em função da síntese de compostos secundários, como fenólicos simples e pelo acúmulo de ácidos orgânicos, o que pode levar ao aumento da doçura dos frutos. Essa característica também é dependente da cultivar (Santos, 2018).

Dessa forma, podemos deduzir, que o valor de sólidos solúveis nos frutos pode variar de acordo com a cultivar e com a condição do ambiente experimental, uma vez, que os efeitos benéficos do Si podem estar associados ao aumento da eficiência fotossintética (Murillo-Amador et al., 2007), já que o

Conclusões

A adubação silicatada, principalmente na dose de 8,0 ml/L de silicato de potássio promoveu aumento no peso, maior firmeza e acidez titulável dos frutos do tomateiro Santa Clara, melhorando as características físico-químicas e contribuindo para maior durabilidade pós-colheita. Entretanto, as características de pH e o teor de sólidos solúveis não sofreram alteração pela aplicação de Si.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, concedendo bolsas de iniciação científica aos alunos Ana Luiza Pirolli Figueiredo, Bruna Colle Rissardi e Iuri Eduardo Lenser Scheid.

Referências

ALVARENGA, M. A. R. Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidropônica. Lavras: UFLA, 2004. 400p.

BERTIN, N., GÉNARD, M. Tomato quality as influenced by preharvest factors. *Scientia Horticulturae*, v. 233, p. 264-276, 2018.

BORGUINI, R. G. Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) orgânico: o conteúdo nutricional e opinião do consumidor. 110p, 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Oiracicaba: ESALQ - USP.

CAMARGO FILHO, W. P., CAMARGO, F. P. Evolução das cadeias produtivas de tomate industrial e para mesa no Brasil, 1990-2016. *Informações Econômicas*, v. 47, n. 1, p. 50-59, 2017.

CANTUÁRIO, F. S., LUZ, J. M., PEREIRA, A. I., SALOMÃO, L. C., REBOUÇAS, T. N. Podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão submetidos a estresse hídrico e doses de silício. *Horticultura Brasileira*, v. 32, p. 215-219, 2014.

CHITARRA, M. I. F., CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA. ed. 2, 2005.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa

Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.

COUTINHO, P. W. R. Características fisiológicas, produtivas, e qualidade pós-colheita do tomateiro em resposta à adubação com silicato de cálcio. 95p, 2019. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon: Unioeste.

CURRIE, H. A., PERRY, C. C. Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. *Annals of Botany*, v. 100, n. 7, p. 1383-1389, 2007.

DALASTRA, G. M. Características agrônomicas e índices de trocas gasosas de cultivares de tomateiro com diferentes números de hastes por planta. 2017. 58 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon: Unioeste.

EPSTEIN, E. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v. 50, n. 03, p. 641-664, 1999. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.641>.

FIGUEIREDO, F. C., BOTREL, P. P., TEIXERA, C. P.; PETRAZZINI, L. L., LOCARNO M., CARVALHO, J. G. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, 2010.

FREIRE, J. C., RIBEIRO, M. V. A., BAHIA, V. G., LOPES, A. S., AQUINO, L. H. Respostas do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 4, n. 1, p. 5-8, 1980.

ISLAM, M. Z., MELE, M. A., KANG, H. M. Gaseous, Physicochemical and Microbial Performances of Silicon Foliar Spraying Techniques on Cherry Tomatoes. *Journal of Agricultural Science*, v. 40, p. 185-192, 2018.

KULCHESKI, F. R., CORREA, R. GOMES, I. A., DE LIMA, J. C., MARGIS, R. NPK macronutrients and microRNA homeostasis, *Frontiers in Plant Science*, v. 6, p 1-15, 2015.

BORGUINI, R. G., SILVA, M. V. Características físico-químicas e sensoriais do tomate (*Lycopersicon esculentum*) produzido por cultivo

- orgânico em comparação ao convencional. *Alimentos e Nutrição*, v. 16, p. 355-361, 2005.
- LEMONS NETO, H. S. L., GUIMARÃES, M. A., MESQUITA, R. O., SAMPAIO, I. M. G., HENDGES, A. R. A. A., OLIVEIRA, A. B. Silicon Potential as Attenuator of Salinity Effects on Growth and Post-harvest Quality of Lettuce. *Journal of Agricultural Science*, v. 10, n. 7, p. 455-463, 2018.
- MARODIN, J. C., RESENDE, J. T., MORALES, R. G.; SILVA, M. L., GALVÃO, A. G., ZANIN, D. S. Yield of tomato fruits in relation to silicon sources and rates. *Horticultura Brasileira*, v. 32, n. 2, p. 220-224, 2014.
- MARODIN, J. C., RESENDE, J. T., MORALES, R. G., FARIA, M. V., TREVISAM, A. R., FIGUEIREDO, A. S., DIAS, D. M. Tomato post-harvest durability and physicochemical quality depending on silicon sources and doses. *Horticultura Brasileira*, v. 34, p.361-366, 2016.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2ª ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MEENA, V. D., DOTANIYA, M. L., COUMAR, V., RAJENDIRAN, S., AJAY, KUNDU, S., RAO, A. S. Case for Silicon Fertilization to Improve Crop Yields in Tropical Soils. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of India - Section B. Biological sciences, v. 84, p. 505-518, 2014.
- MURILLO-AMADOR, B., YAMAGUCHI, T., RUEDA-PUENTE, E., ÁVILA-SERRANO, N., GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L., LÓPEZ-AGUILAR, R., TROYO-DIÉGUEZ, E., NIETO-GARIBAY, A. Influence of calcium silicate on growth, physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 193, n. 6, p. 413-421, 2007.
- OLIVEIRA, M. N. S., GUSMÃO, E., LOPES, P. S. N., SIMÕES, M. O. M., RIBEIRO, L. M., DIAS, B. A. S. Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb), *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 28, n. 3, p. 380-386, 2006.
- OLIVEIRA, T. A., SILVA, R. P., SILVA, B. L., SANTOS, F. F., CAVALCANTE, L. S., SILVA, M. C., ALBUQUERQUE, J. M. S., NETO, A. L. S. Caracterização química, fisiológica e pós-colheita de plantas de tomateiro adubadas com silício via solo e foliar. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, p. 95097-95105, 2020.
- RUBIN, C. A. et al. Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense. *Compêndio de Estudos Conab*, 2019.
- SILVA, J. B. C., GIORDANO, L. B. Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa. Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.
- SOARES, A. A. V. L., FURLANETO, F. P. B., GIROTTI, K. T., BERTANI, R. M. A., DEUS, A. C.F., NASSER, M. D. Modo de aplicação de silício e aspectos microscópicos em tomate tipo cereja. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2022.
- SANTOS, M. M. M. Biofortificação do tomateiro com silício via pulverização foliar com diferentes fontes. 42p, 2018. Tese (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal: UNESP.
- TATAGIBA, S. D., RIGO, H., SARMENTO, E. C., RINALDI, B. J. D. Doses de silício no rendimento produtivo da alface crespa. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 20, p. 131-138, 2024.
- VIANA, D. M. P. Efeito do silício e irrigação na produtividade do tomate de mesa no sudeste goiano. 66p, 2015. Tese (Mestrado em Agronomia)- F Universidade Federal de Goiás. Goiânia: UFG.