

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 22/05/2021.

FABRÍCIO PALLA TEIXEIRA

**PROHEXADIONA CÁLCICA NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS E
PLANTAS DE TOMATEIRO**

Botucatu

2020

FABRÍCIO PALLA TEIXEIRA

**PROHEXADIONA CÁLCICA NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS E
PLANTAS DE TOMATEIRO**

Tese de Doutorado, do Programa de Pós-Graduação em Horticultura, apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Horticultura).

Orientador(a): Prof^a Dr^a Elizabeth Orika Ono

Botucatu

2020

T266p

Teixeira, Fabrício Palla

Prohexadiona cálcica no desenvolvimento de mudas e plantas de tomateiro / Fabrício Palla Teixeira. -- Botucatu, 2020
71 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientadora: Elizabeth Orika Ono

1. Agronomia. 2. Fisiologia vegetal. 3. Hormônios vegetais. 4.
Tomate. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: PROHEXADIONA CÁLCICA NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS E PLANTAS DE TOMATEIRO

AUTOR: FABRÍCIO PALLA TEIXEIRA

ORIENTADORA: ELIZABETH ORIKA ONO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof.^a Dr.^a ELIZABETH ORIKA ONO (Participação Virtual)
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES (Participação Virtual)
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES (Participação Virtual)
Centro de Raízes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista - UNESP



Prof. Dr. LUIZ FERNANDO ROLIM DE ALMEIDA (Participação Virtual)
Bioestatística, Biologia Vegetal, Parasitologia e Zoologia / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. ANDRÉ NARVAES DA ROCHA CAMPOS (Participação Virtual)
Dept. Acadêmico de Agricultura e Ambiente / IF Sudeste MG / Campus Rio Pomba



Botucatu, 22 de outubro de 2020

Dedico

*Aos meus queridos e amados pais,
 Cláudia e José Maria, in memoriam*

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais, José Maria (*in memoriam*) e Cláudia (*in memoriam*), pelo amor e plena dedicação em minha caminhada.

Ao meu irmão, Guilherme, pelo exemplo de perseverança, conduta e amizade.

À Tainá, pelo carinho, afeto, apoio e companheirismo sempre presente.

À Prof^a Elizabeth, pela orientação durante o curso, confiança e liberdade para que pudesse desenvolver o trabalho.

Ao Prof. João Domingos, pela coorientação, de grande importância para o nascimento deste trabalho, pelos ensinamentos e sua sempre gentil disponibilidade.

Aos grandes amigos que passaram pela república, Rafaelly, Nathália, Joara, Ruan e Jorgiani, pela amizade e pelo clima familiar que sempre reinou em nosso convívio.

À Nathália Ribeiro, Raíra, Luiza, Rudieli, Renan Lanna, Guilherme, Renan Lima, Túlio, Patrícia, Rafael Bibiano, Lucas Ferenzini, Sthefani, Ricardo Tarja, Ricardo Felito, Isabella, e tantos outros que desde o início se tornaram grandes amigos.

Ao Andrew Kim, pelos ensinamentos que envolveram o uso do aparelho IRGA, sempre paciente e auxílio nos experimentos em campo. Além da valiosa amizade.

Ao Eduardo, pelo auxílio nos experimentos em campo e pela amizade.

Ao Prof. Antônio Ismael, pela disponibilidade de discussão de ideias iniciais e pelos ensinamentos nas disciplinas ministradas.

Aos Professores(as) com quem tive a oportunidade de cursar as disciplinas que tanto contribuíram em minha formação técnica, Elizabeth, João Domingos, Antônio Ismael, Filipe, Giuseppina, Lin, e outros em convite.

Ao Prof. Filipe, pela oportunidade em ministrar aulas na graduação e convite para participação em eventos.

Ao Prof. Adalton, na disponibilidade de aquisição do regulador vegetal utilizado nos experimentos.

Ao Doutorando Luan, pela gentileza em contribuir na aquisição do regulador vegetal e conselhos sobre a utilização do mesmo.

Aos amigos servidores do Departamento, Edivaldo e Eduardo, pelo trabalho e apoio às atividades de ensino e pesquisa.

A simpática e prestativa Sandra, pelo zelo em manter as dependências do departamento sempre limpas e organizadas.

Aos motoristas, em especial, ao Heleno, Sérgio e Carlos, que semanalmente conduziam, eu e tantos outros estudantes, até São Manuel e, em muitos momentos, fazendo além do que eram suas obrigações.

Aos servidores da Fazenda Lageado e, em especial, aos da Fazenda Experimental de São Manuel, nas pessoas do Nilton, Daniel e Rocha pelo apoio e prontidão nas atividades experimentais.

À Faculdade de Ciências Agronômicas, ao Departamento de Produção Vegetal e todos os demais servidores e funcionários pelo apoio nas atividades de ensino e pesquisa.

À empresa Sakata Seeds Sudamerica, na pessoa do Rômulo, pela doação das sementes utilizadas nos experimentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao povo brasileiro, financiadores de um ensino público e de qualidade.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes concentrações de prohexadiona cálcica – (ProCa) no controle do crescimento de mudas de tomateiro, e seus possíveis efeitos nas plantas, após o transplante e na produção e qualidade de frutos. O trabalho foi dividido em dois capítulos. O capítulo I teve o objetivo de investigar as respostas das mudas de tomateiro tratadas com diferentes concentrações de ProCa. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos: 0, 50, 100, 200 e 400 mg de ProCa L⁻¹, com quatro repetições de 30 mudas cada. Os tratamentos foram aplicados com pulverizador manual de CO₂, quando as mudas completaram 20 dias após a semeadura. Dez dias após a aplicação dos tratamentos foram avaliados: comprimento do caule, número de folhas, comprimento e largura de folhas, índice SPAD, trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e análises bioquímicas, relacionadas ao estresse oxidativo. Pelos resultados obtidos neste capítulo foi possível concluir que as concentrações de ProCa inibiram o crescimento das mudas, não comprometendo seu aparato fotossintético. As mudas tratadas com ProCa apresentaram maiores taxas de peroxidação lipídica e de atividade das enzimas superóxido dismutase, catalase e peroxidase. Entretanto, a ativação do sistema antioxidante contribuiu para que as mudas se desenvolvessem satisfatoriamente. No capítulo II, o experimento foi dividido em duas etapas. Na primeira, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos: 0, 50, 100, 200 e 400 mg de ProCa L⁻¹, com quatro repetições de 30 mudas cada. Os tratamentos foram aplicados com pulverizador manual de CO₂ quando as mudas completaram 20 dias após a semeadura. Dez dias após a aplicação dos tratamentos, foram avaliados: altura da parte aérea, diâmetro do caule, massa fresca e seca da parte aérea e de raiz. Para a etapa II, as concentrações de 200 e 400 mg de ProCa foram selecionadas por proporcionarem maior redução no crescimento das mudas e, juntamente com uma testemunha, foram transplantadas para o campo. O arranjo experimental foi em blocos casualizados, com total de 120 plantas avaliadas, onde se avaliou em períodos diferentes: a altura das plantas, o número de folhas, o diâmetro do coleto e os dias até a antese. Também foram realizadas avaliações de fluorescência da clorofila *a*, trocas gasosas, análises bioquímicas de estresse oxidativo, de produção e de qualidade de frutos. Para a etapa I foi possível

observar que as concentrações de ProCa reduziram o crescimento das mudas de tomateiro, não afetando apenas o comprimento de raiz. Na etapa II, as concentrações de ProCa não influenciaram as variáveis de crescimento e os dias até a antese das plantas. Também não houve efeito significativo nos parâmetros fisiológicos de fluorescência da clorofila *a* e de trocas gasosas. Entretanto, após o transplante, as plantas em campo passaram por estresse. Todavia, a produção e os aspectos de qualidade investigados não foram afetados pelo regulador vegetal. Pelos resultados deste trabalho, é possível concluir que o ProCa é um eficiente regulador vegetal no controle do crescimento das mudas, com baixa persistência nas plantas, não comprometendo a fenologia das plantas após o transplante, a produção e a qualidade dos frutos, podendo ser uma alternativa viável para viveiristas e produtores.

Palavras-chave: Fenologia. Fisiologia vegetal. Reguladores vegetais. *Solanum lycopersicum* L.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of different concentrations of calcium prohexadione - (ProCa) on the growth control of tomato seedlings, and their possible effects on plants, after transplantation and on fruit production and quality. The work was divided into two chapters. Chapter I aimed to investigate the responses of tomato seedlings treated with different concentrations of ProCa. The experimental design was completely randomized, composed of five treatments: 0, 50, 100, 200 and 400 mg of ProCa L⁻¹, with four replications of 30 seedlings each. The treatments were applied with a manual CO₂ sprayer, when the seedlings completed 20 days after sowing. Ten days after the treatments were applied: stem length, number of leaves, leaf length and width, SPAD index, gas exchange, chlorophyll a fluorescence and biochemical analyzes, related to oxidative stress. From the results obtained in this chapter it was possible to conclude that the concentrations of ProCa inhibited the growth of the seedlings, without compromising their photosynthetic apparatus. The seedlings treated with ProCa showed higher rates of lipid peroxidation and activity of the enzymes superoxide dismutase, catalase and peroxidase. However, the activation of the antioxidant system contributed for the seedlings to develop satisfactorily. In chapter II, the experiment was divided into two. In stage I, the experimental design was completely randomized, composed of five treatments: 0, 50, 100, 200 and 400 mg of ProCa L⁻¹, with four replications of 30 seedlings each. The treatments were applied with a manual CO₂ sprayer when the seedlings completed 20 days after sowing. Ten days after the application of treatments, the following were evaluated: height of the aerial part, diameter of the stem, fresh and dry mass of the aerial part and root. For stage II, concentrations of 200 and 400 mg of ProCa were selected as they provide greater reduction in seedling growth and, together with a control, were transplanted to the field. The experimental arrangement was in randomized blocks, with a total of 120 plants evaluated, where it was evaluated in different periods: the height of the plants, the number of leaves, the diameter of the collection and the days until anthesis. Chlorophyll a fluorescence assessment, gas exchanges, biochemical analyzes of oxidative stress, production and fruit quality were also carried out. For stage I it was possible to observe that the concentrations of ProCa reduced the growth of tomato seedlings, not only affecting the root length. In stage II, the concentrations of ProCa did not influence the growth variables and the days until the anthesis of the plants.

There was also no significant effect on the physiological parameters of chlorophyll a fluorescence and gas exchange. However, after transplantation, the plants in the field experienced stress. However, the production and quality aspects investigated were not affected by the plant growth regulator. From the results of this work, it is possible to conclude that ProCa is an efficient plant growth regulator in controlling the growth of seedlings, with low resistance to plants, without compromising the phenology of plants after transplantation, production and fruit quality, and can be a viable alternative for nurseries and producers.

Key words: Phenology. Plant physiology. Plant growth regulator. *Solanum lycopersicum* L

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	15
CAPÍTULO 1 - ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DE MUDAS DE TOMATEIRO TRATADAS COM PROHEXADIONA CÁLCICA.....	23
1.1 INTRODUÇÃO.....	24
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
1.4 CONCLUSÕES.....	34
1.5 AGRADECIMENTOS.....	35
1.6 LITERATURA CITADA.....	36
CAPÍTULO 2 - PROHEXADIONA CÁLCICA NO DESEMPENHO DE MUDAS E PLANTAS DE TOMATEIRO: CRESCIMENTO, FENOLOGIA, FISIOLOGIA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTO.....	40
2.1 INTRODUÇÃO.....	42
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
2.4 CONCLUSÕES.....	58
2.5 AGRADECIMENTOS.....	59
2.6 LITERATURA CITADA.....	60
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS.....	65

INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) pertence à família Solanaceae e tem seu centro de origem na região andina, abrangendo Equador, Peru, Colômbia, Bolívia e norte do Chile (RICK, 1982). Apesar de ser uma planta perene, em todo o mundo é cultivada como anual (PEIXOTO et al., 2017).

O cultivo do tomateiro se desenvolve satisfatoriamente em regiões de clima tropical de altitude, subtropical e temperado, sendo produzido em diversos países. No cenário global, é a principal hortaliça em volume consumida *in natura* (HACHMANN et al., 2014). A produção mundial atingiu 180.301,395 toneladas em 2017, sendo a China o maior produtor com uma fatia de 32,64% da produção mundial, seguida pela Índia, Turquia, Estados Unidos, Egito, Irã, Itália, Espanha, México e Brasil (FAOSTAT, 2020). Nacionalmente, a cultura do tomateiro também desempenha papel importante na alimentação da população, sendo os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais, respectivamente, os maiores produtores (IBGE, 2018).

A planta do tomate é autógama, apresentando caule flexível, se tornando lignificado ao longo de seu desenvolvimento fenológico. Seu porte natural é rasteiro, mas pode ser conduzido de forma ereta ou semiereta, de acordo com a finalidade e aptidão da cultivar ou híbrido utilizado. O hábito de crescimento pode ser de duas formas, determinado e indeterminado. No hábito de crescimento determinado, as plantas não apresentam dominância apical, sendo geralmente rasteiras, onde os frutos são destinados ao processamento industrial. Já o de crescimento indeterminado, as plantas produzem brotações laterais, as quais devem ser podadas e seus frutos são destinados ao consumo *in natura* (FILGUEIRA, 2013).

No Brasil, as cultivares destinadas para o consumo *in natura* são classificadas conforme o formato dos frutos e calibre, que é a relação entre comprimento e o diâmetro transversal dos frutos. Para o mercado, os frutos são divididos em cinco grupos: Santa Cruz, Caqui, Salada, Saladete (italiano) e minitomates (ALVARENGA, 2013).

No mercado ainda há a disponibilidade de híbridos, plantas agronomicamente superiores em relação às cultivares tradicionais. Dentro da tomaticultura já é possível encontrar materiais resistentes a bacterioses, viroses e a nematóides, sendo esses materiais cultivados sob ambiente protegido, cujos produtores apresentam alto nível tecnológico, atingindo altos índices de produtividade (ALVARENGA, 2013).

Para culturas que são produzidas a partir de mudas, como o tomateiro, esta etapa constitui-se como uma das mais importantes, uma vez que dela dependerá o desempenho final das plantas em termos de produtividade, fitossanidade e até mesmo valor nutricional dos frutos (MAGGIONI et al., 2014). Um estande desejável de mudas além de apresentar bons níveis de enraizamento, proporcionará alto índice de sobrevivência após o transplante e, também, deve apresentar homogeneidade no porte da parte aérea. Para produtores de tomate, o estiolamento da parte aérea é um fenômeno fisiológico que deve ser combatido, pois além das mudas serem em grande parte provenientes de sementes híbridas, possuindo alto valor agregado e com isso representando alto investimento, o estiolamento torna as mudas mais susceptíveis aos estresses bióticos e abióticos após o transplante (SELEGUINI et al., 2013), comprometendo a viabilidade da atividade de produção.

Dentro da tomaticultura de alto nível, já é usual o cultivo em estufas. Essa tecnologia é utilizada pelos produtores para superar variações climáticas como excesso de chuvas, ventos e geadas (PURQUÉRIO; TIVELLI, 2014). Para implantação das estufas demanda-se alto investimento. Entretanto, trabalhos têm mostrado alto índice de produtividade e qualidade dos frutos, como observado por Fayad et al. (2001) com produção total de até 115,4 t ha⁻¹ e 94% de frutos com padrão comercial e por Charlo et al. (2009), que obtiveram produção de 6,61 kg planta⁻¹, com massa média de frutos de 109,3 g. O sucesso do cultivo em ambiente protegido se dá pela possibilidade de manejo preciso de insumos, entre eles, a água (SILVA et al., 2013). Além disso, o maior controle de pragas e doenças, possibilita uma eficiência no uso de fertilizantes e defensivos, além de proporcionarem níveis adequados de luminosidade e de trocas gasosas (PURQUÉRIO; TIVELLI, 2014; HACHMANN, 2015).

Os hormônios vegetais são compostos orgânicos que em baixas concentrações são sintetizados em uma parte da planta, podendo atuar tanto no local de produção quanto translocados para outras partes. Esses hormônios vegetais causam respostas fisiológicas, seja promovendo ou inibindo determinado processo natural do desenvolvimento da planta, podendo ser bióticos como ataques de pragas e incidência de doenças e, abióticos, como luz, temperatura e disponibilidade hídrica e de nutrientes, sendo os responsáveis pela regulação do metabolismo, crescimento, desenvolvimento e variações fisiológicas nas plantas (TAIZ et al., 2017).

Os hormônios vegetais atuam como mensageiros químicos interagindo com proteínas específicas. Auxinas, ácido abscísico, citocininas, giberelinas e etileno são os principais hormônios vegetais na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas (TAIZ et al., 2017). Após estudos mais recentes, compostos como os brassinosteróides, jasmonatos, salicilatos, poliaminas, hormônios polipeptídeos e estrigolactonas foram inseridos à lista dos hormônios vegetais (FAGAN et al., 2015).

Os reguladores vegetais são substâncias sintéticas que também atuam na regulação dos processos metabólicos e fisiológicos, promovendo ou inibindo o crescimento das plantas como os hormônios vegetais (ESPINDULA et al., 2010). Nas últimas décadas, a utilização dos reguladores vegetais como estratégia agrícola vem ganhando destaque no mundo. A aplicação desses reguladores vegetais pode se dar de diferentes formas como tratamento de sementes e estacas, via foliar e via solo, desde que se atentem às características do material vegetal e o modo de ação do regulador vegetal. Esses objetivos agronômicos vão desde regular o crescimento da planta, estimular sua produção, melhorar a qualidade de frutos e facilitar a colheita (FAGAN et al., 2015).

As giberelinas (GA) são um grupo de hormônios vegetais que compreende grande número de compostos diterpenos cíclicos. As giberelinas possuem diversas funções ao longo do ciclo de vida das plantas, promovendo a germinação de sementes, a transição para o florescimento, o desenvolvimento do grão de pólen, o crescimento do tubo polínico, o desenvolvimento de frutos, o alongamento celular, sendo conhecidas pela ordem que foram descobertas (GA₁, GA₂, GA₃, ... GA_{N+1}) (TAIZ et al., 2017).

A biossíntese das giberelinas pode ocorrer em várias partes da planta, como em sementes, folhas e caules. Sua rota biossintética é dividida em três etapas, na qual a

primeira inicia-se nos plastídios, com a produção de uma molécula precursora linear contendo 20 átomos de carbono, o geranilgeranil-difosfato (GGPP), que sofre a ação das enzimas *ent*-copalil-difosfato sintase e *ent*-caureno sintase, sendo convertido a *ent*-caureno. Na segunda etapa, o *ent*-caureno é oxidado pelas enzimas *ent*-caureno oxidase e *ent*-caurenóico oxidase, associadas ao retículo endoplasmático, levando à formação da GA₁₂-aldeído e GA₅₃-aldeído. Já na terceira e última etapa, ocorre a formação no citoplasma das demais GA, a partir de GA₁₂-aldeído através de reações oxidativas pela atividade da GA20-oxidase, sendo a GA₁₂ a precursora de outras giberelinas de 20 carbonos e a enzima 3β-hidroxiase, sendo responsável pela formação de GA₁ e GA₄, ambas as mais ativas nas plantas (TAIZ et al., 2017).

Os reguladores vegetais utilizados em práticas agronômicas para controlar o crescimento das plantas, em sua maioria, atuam inibindo a biossíntese de giberelinas. Dependendo de seu grupo e modo de ação, esses produtos podem atuar em uma das três etapas da biossíntese de giberelinas (MOUCO et al., 2010). O primeiro grupo de inibidores atua bloqueando a síntese de *ent*-caureno, impedindo sua formação a partir de geranilgeranil-difosfato (ESPINDULA et al., 2010). Os compostos quaternários de amônio, como o cloreto de chlormequat e o cloreto de mepiquat fazem parte deste grupo (MOUCO et al., 2010). O segundo grupo de inibidores atua no bloqueio da síntese de GA₁₂-aldeído, não possibilitando a oxidação de *ent*-caureno pela enzima *ent*-caureno oxidase (RADEMACHER, 2000). Como exemplo, destacam-se os compostos cíclicos nitrogenados como o uniconazole, paclobutrazol e ancimidol. O terceiro grupo atua na última etapa de biossíntese de giberelinas em caráter de competição pelos sítios de ligação das dioxigenases. As acilciclohexadionas como o etil-trinexapac e o prohexadiona-cálcio representam esse grupo (ESPINDULA et al., 2010).

O prohexadiona-cálcica (ProCa: cálcio 3-óxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexano carboxilato) é um composto de baixo nível toxicológico, além de ocasionar danos em abelhas, peixes, aves, mamíferos e na microbiota do solo. Em plantas possui meia-vida, entre duas a três semanas e no solo persiste por no máximo sete dias, se degradando, principalmente, em dióxido de carbono. Na presença de água, a molécula se degrada por fotólise, gerando também dióxido de carbono (US EPA, 2020). Assim, o ProCa não é persistente no ambiente, possuindo baixo potencial bioacumulativo em agroecossistemas.

É possível encontrar considerável número de relatos científicos atestando a eficácia do ProCa no controle do crescimento em diferentes estádios do desenvolvimento vegetal. Em berinjela, Ozbay e Ergun (2015) constataram que mudas tratadas com ProCa apresentaram redução no crescimento de até 37%. O regulador vegetal também proporcionou reduções significativas na parte aérea de mudas de morangueiro (PEREIRA et al., 2016) e em plantas jovens de alho e cebola (OUZOUNIDOU et al., 2011). As pesquisas também apontaram que o ProCa pode reduzir o crescimento secundário no caule das plantas, pois Altintas (2011) e Barreto et al. (2018) observaram esse efeito em plantas de tomate e morango, respectivamente. Desta forma, é esperado que mudas tratadas com ProCa sejam mais compactas, e apresentem menor massa seca. Essa hipótese é comprovada em trabalho de Orbay e Ergun, (2015), onde mudas de berinjela apresentaram redução de 15% nos valores de massa seca da parte aérea em relação às mudas não tratadas com o regulador vegetal.

Uma das características que contribuem para a ampla utilização do ProCa em espécies cultivadas, é seu baixo nível residual nas plantas, podendo ser utilizados em diferentes estádios fenológicos dos vegetais. Hamiréz et al. (2005) relataram que em plantas de tomateiro que receberam concentrações de ProCa, o crescimento vegetativo se igualou ao controle ao 6º dia após a aplicação dos tratamentos. Em plantas de morangueiro, Kim et al. (2019) relataram que os efeitos de ProCa foram evidenciados até a quarta semana após a aplicação, perdendo, após esse período, sua capacidade de inibir a síntese de giberelinas. Os resultados apresentados sugerem que o ProCa possui um baixo nível residual, sendo eficaz na fase de mudas, não comprometendo o desenvolvimento vegetativo após o transplante.

Em pesquisas que envolvem a aplicação de produtos via foliar em espécies cultivadas, é sempre importante verificar a influência destes no desempenho fotossintético, visto que, essas aplicações podem impactar diretamente nos aspectos produtivos. Kim et al. (2019) não observaram variação na eficiência quântica potencial do FSII com três e quatro semanas após a aplicação de ProCa, em relação ao controle, em plantas de morangueiro. Por sua sensibilidade, a eficiência quântica potencial do FSII pode ser importante indicador do desempenho fotossintético das plantas (KRAUSE; WEIS, 1991). Plantas de tomateiro tratadas com ProCa também não tiveram seu aparato fotossintético afetado pelo regulador vegetal (GIANNAKOULA; ILIAS, 2007). Em macieiras, Medjdoub et al. (2007) não

encontraram variação na taxa de redução do CO₂, taxa de transpiração e condutância estomática, após a aplicação de ProCa. Em videiras que receberam aplicações de ProCa, Thomidis et al. (2018) não observaram diferença entre os valores de condutância estomática, em comparação com plantas que não receberam o regulador vegetal. Desta forma, o ProCa pode controlar o crescimento vegetal sem trazer prejuízo para a fotossíntese.

Como relatado por alguns autores em espécies cultivadas, o ProCa além de não apresentar influência nos aspectos relacionados à fotossíntese em concentrações adequadas, também pode não impactar os aspectos produtivos e de qualidade. Becker et al. (2020) não observaram variação significativa após o transplante de mudas tratadas com ProCa para número de frutos por planta, massa fresca de frutos por planta e massa média de frutos em morangueiro. Carra et al. (2016), em pereiras tratadas com ProCa, não observaram diferença estatística para as variáveis de produção e produtividade. Para os aspectos de qualidade, Würz et al. (2020) não observaram variação significativa para as variáveis de pH, sólidos solúveis e acidez titulável em videiras após a aplicação de ProCa, em relação ao controle. A aplicação de ProCa também não influenciou a acidez titulável em frutos de goiaba (CHANG, 2016) e em laranja (REHMAN et al., 2018). Pasa e Einhorn (2017) não identificaram variação nos valores de sólido solúveis e acidez titulável em plantas de pera tratadas com ProCa.

Outros reguladores vegetais que atuam inibindo as rotas de síntese de giberelinas podem apresentar altos níveis de acúmulo, sobretudo no solo, devido à forma de aplicação. Como exemplo, tem-se o paclobutrazol, atualmente o regulador vegetal mais utilizado para o controle do crescimento em plantas. Yeshitela et al. (2004) constataram que a aplicação de paclobutrazol por pulverização foliar e molhamento de substrato acarretou no acúmulo de resíduos em partes dos vegetais testados. Owens e Stover (1999) também identificaram acumulação de paclobutrazol nas plantas estudadas, causando fitotoxicidade às mesmas. Desta forma, o ProCa pode ser uma alternativa viável para a utilização agrônômica, reduzindo consideravelmente os danos às plantas e ao ambiente, levando-se em conta, entre outros fatores, a forma de aplicação, concentração e se possui capacidade estressante às plantas.

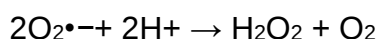
Conceitualmente, radical livre pode ser uma molécula ou um átomo que possua um ou mais elétron(s) desemparelhado(s) em seus orbitais (GUTTERIDGE; HALLIWELL 2000). Esses radicais em sua maioria estão na forma de espécies reativas de oxigênio,

conhecidas internacionalmente pela sigla (ROS) e são subprodutos de reações redox (KOVALCHUK, 2010). As plantas, assim como outros organismos aeróbicos, também produzem radicais livres, em decorrência de seus processos metabólicos ligados à respiração, acontecendo nas mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomos (BARBOSA, 2014). Assim, as plantas necessitam ativar seu sistema antioxidante para combater as espécies reativas de oxigênio.

Uma ferramenta eficiente para se constatar estresse oxidativo em plantas é a quantificação de malondialdeído (MDA) oriundo do processo de peroxidação lipídica (RACHMILEVITCH, 2006). Este, por sua vez, é resultante da ação de radicais livres sobre lipídios insaturados das membranas celulares gerando, principalmente, radicais alquila, alcoxila e peroxila, que danificam sua estrutura, comprometendo os mecanismos de troca de metabólitos e, em um quadro mais grave, na morte celular, sendo este processo, provavelmente o evento citotóxico primário desencadeando uma sequência de lesões às células (BENZIE, 1996). Em gramados, Rezapour Fard et al. (2015) relataram acúmulo de MDA após a aplicação de ProCa, apontando a peroxidação de lipídios como um importante indicador para se estimar a estabilidade da membrana celular.

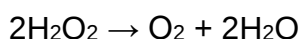
Os antioxidantes podem ser definidos como substâncias cuja função se relaciona com a inibição e/ou redução dos radicais livres em células (BIANCHI; ANTUNES, 1999). Podem ser classificados em enzimáticos e não enzimáticos, cujas funções são, respectivamente, compostos que bloqueiam o início da oxidação (removem as espécies reativas) e moléculas que se unem aos radicais orgânicos, sendo consumidas durante as reações (CONTIGUIBA et al., 2013). Dentre os enzimáticos destacam-se as enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POD) (BARBOSA et al., 2014).

A SOD é considerada a mais efetiva das enzimas do sistema antioxidante e é encontrada em todas as células de organismos aeróbios, sendo de grande importância na tolerância aos estresses e no combate das ROS (GILL; TUTEJA, 2010). A superóxido dismutase (SOD) possibilita a dismutação do radical ânion superóxido, convertendo-o em peróxido de hidrogênio e oxigênio, apresentada pela reação abaixo:



Isto diminui a chance de formação do radical hidroxila. A ação desta enzima possibilita a eliminação do O_2^- mesmo em baixas concentrações (BARREIROS et al., 2006). A SOD pode ser classificada em três tipos, de acordo com o co-fator utilizado: Fe-SOD localizadas nos cloroplastos, Mn-SOD localizada nas mitocôndrias e Cu/Zn-SOD localizada nos cloroplastos, peroxissomos e citosol (KARUPPANAPANDIAN et al., 2011).

Existem diferentes isoformas da catalase (CAT) que podem ser encontradas em diferentes compartimentos celulares. Em milho, por exemplo, há três isoformas (CAT1, CAT2 e CAT3): CAT1 e CAT2 são encontradas nos peroxissomos e citoplasma, enquanto a CAT3 é encontrada nas mitocôndrias (GILL; TUTEJA, 2010). A Catalase atua na dismutação do peróxido de hidrogênio em oxigênio e água (BARREIROS et al., 2006), como mostrado na reação abaixo:



O termo “peroxidase” (POD) se relaciona com uma enzima que catalisa a oxirredução entre o peróxido de hidrogênio e agentes redutores ($H_2O_2 + AH_2 \rightarrow 2H_2O + A$). São isoenzimas com diversos perfis de expressão e que participam em diferentes processos, como a lignificação, suberização, catabolismo de auxinas, recuperação de ferimentos e nos mecanismos de defesa contra patógenos (HIRAGA et al., 2001). A decomposição de peróxido de hidrogênio pelas peroxidases é altamente ativa, principalmente, na presença de agentes sinalizadores de espécies reativas de oxigênio, como os flavonoides (YAMASAKI et al., 1997). A verificação indireta de estresse oxidativo pelo método de extração e quantificação de enzimas antioxidantes pode ser uma ferramenta eficiente para identificar possíveis alterações metabólicas em plantas, seja oriunda de fatores bióticos ou abióticos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de mudas e plantas de tomateiro em cultivo protegido submetidas à aplicação de diferentes concentrações de prohexadiona cálcio em aspectos do crescimento, fisiologia, bioquímica, produção e qualidade de frutos.

REFERÊNCIAS

- ALTINTAS, S. Effects of prohexadione-calcium with three rates of growth of tomato. **African Journal of Biotechnology**, Lagos, v.10, n.75, p.17142-17151, 2011. Disponível em: [file:///C:/Users/55149/Downloads/97810-Article%20Text-255768-1-10-20131129%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/55149/Downloads/97810-Article%20Text-255768-1-10-20131129%20(1).pdf). Acesso em: 16 mar. 2019.
- ALVARENGA, M.A.R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2 ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.
- BARBOSA, M.R.; de ARAÚJO SILVA, M.M.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, p.453-460, 2014.
- BARREIROS, A.L.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química nova**, São Paulo, v.29, n.1, p. 113-123, 2006.
- BARRETO, C.F.; FERREIRA, L.V.; COSTA, S.I.; SCHIAVON, A.V.; BECKER, T.B.; VIGNOLO, G.K.; ANTUNES, L.E.C. Concentration and periods of application of prohexadione calcium in the growth of strawberry seedlings. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n.5, p. 1937-1944, 2018.
- BECKER, T.B.; SCHIAVON, A.V.; DELAZERI, E.E.; BARRETO, C.F.; ANTUNES, L.E.C. Productive behavior of strawberry from potted seedlings produced with application of prohexadione calcium in soilless cultivation. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, United Arab Emirates, v.3, n.1, p. 309-318, 2020. Disponível em: <http://www.ejfa.me/index.php/journal/article/view/2097/1343>. Acesso em: 23 abr. 2020.
- BENZIE, I.F.F. Lipid peroxidation: a review of causes, consequences, measurements and dietary influences. **Int. J. Food Sci. Nut**, v.47, p.233-261, 1996.
- BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**. Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999. Disponível em: <https://www.greenme.com.br/wp-content/uploads/2017/09/v12n2a01.pdf>. Acesso em 11 mar. 2020.
- CARRA, B.; SPAGNOL, D.; ABREU, E.S.D.; PASA, M.D.S.; SILVA, C.P.D.; HELLWIG, C.G.; FACHINELLO, J. C. Prohexadione calcium reduces vegetative growth and increases fruit set of 'Smith' pear trees, in Southern Brazil. **Bragantia**, Campinas, v.76, n.3, p. 360-371, jun. 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052017005011101&script=sci_arttext. Acesso em: 20 jan. 2020.
- CHANG, P.T. Influence of Prohexadione-Calcium on the growth and quality of summer 'Jen-Ju Bar' guava fruit **Journal of plant growth regulation**, Switzerland, v.35, n.4, p.980-986, mar. 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-016-9596-z>. Acesso em: 10 fev. 2020.

CHARLO, H.C.D.O.; SOUZA, S.D.C.; CASTOLDI, R.; BRAZ, L.T. Desempenho e qualidade de frutos de tomateiro em cultivo protegido com diferentes números de hastes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 144-149, 2009.

COTINGUIBA, G.G.; SILVA, J.R.N.; AZEVEDO, R.R.S.; ROCHA, T.J.M.; SANTOS, A.F. Método de avaliação da defesa antioxidante: uma revisão de literatura. **UNOPAR Científica. Ciência Biológica e Saúde**, Londrina, v. 15, n. 3, p. 231-237, 2013.

ESPINDULA, M.C.; ROCHA, V.S.; SOUZA, L.T.D.; SOUZA, M.A.D.; GROSSI, J.A.S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.32, n. 1, p. 09-116, mar. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1807-86212010000100016&script=sci_arttext. Acesso em 12 mar. 2020.

FAGAN, E.B.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; CHALFUN JÚNIOR, A.; Dourado Neto, D. **Fisiologia vegetal: Reguladores Vegetais**. Primeira edição. São Paulo: Andrei, p. 302, 2015.

FAOSTAT. **Countries by commodity 2017**. Disponível em: http://fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em: 11 jun. 2020.

FAYAD, J.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, F.L.; FERREIRA, F.A. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 232-237, 2001.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV, 2013. 421p.

GIANNAKOULA, A.; ILIAS, I. **Chlorophyll fluorescence and photosystem II activity of tomato leaves as affected by irradiance and prohexadione-calcium**. In: Wseas International Conference on Renewable Energy Source. Arcachon: World Scientific and Engineering Academy and Society, 2007, p. 49-56. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Anastasia_Giannakoula/publication/255599563_Chlorophyll_Fluorescence_and_Photosystem_II_Activity_of_Tomato_Leaves_as_Affected_by_Irradiance_and_ProhexadioneCalcium/links/5432be770cf22395f29c3e72/Chlorophyll-Fluorescence-and-Photosystem-II-Activity-of-Tomato-Leaves-as-Affected-by-Irradiance-and-Prohexadione-Calcium.pdf. Acesso em 25 fev. 2020.

GILL, S.S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant physiology and biochemistry**, U.S.A., v.48, n.12, p 909-930, 2010.

GUTTERIDGE, J.M.; HALLIWELL, B. Free radicals and antioxidants in the year. A historical look to the future. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.899, p.136-147, 2000.

HACHMANN, T.L. **Características agronômicas e índices de trocas gasosas do tomateiro em função de sistemas de condução em ambiente protegido**. 2015. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2015.

HACHMANN, T.L.; ECHER, M.D.M.; DALASTRA, G.M.; VASCONCELOS, E.S.; GUIMARÃES, V.F. Cultivo do tomateiro sob diferentes espaçamentos entre plantas e diferentes níveis de desfolha das folhas basais. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p.399-406, 2014.

HIRAGA, S.; SASAKI, K.; ITO, H.; OHASHI, Y.; MATSUI, H. A large family of class III plant peroxidases. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v.42, n.5, p.462-468, 2001.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Culturas temporárias e permanentes** 2017. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticasnovoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturastemporarias-e-permanentes.html?=&t=o-que-e> . Acesso em: 09 jun. 2020.

ILIAS, I.F.; RAJAPAKSE, N. Prohexadione-calcium affects growth and flowering of petunia and impatiens grown under photoselective films. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.106, p.190-202, 2005.

KARUPPANAPANDIAN, T.; MOON, J.C.; KIM, C.; MANOHARAN, K.; KIM, W. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. **Australian Journal of Crop Science**, Australia, v.5, n.6, p.709-725, 2011. Disponível em: <https://search.informit.com.au/documentSummary;dn=282079847301776;res=ielhss>. Acesso em: 11 mai. 2020.

KIM, H.M.; LEE, H.R.; KANG, J.H.; HWANG, S.J. Prohexadione-Calcium Application during Vegetative Growth Affects Growth of Mother Plants, Runners, and Runner Plants of Maehyang Strawberry. **Agronomy**, v. 9, n. 3, p.155-167, 2019.

KOVALCHUK, I. **Multiple roles of radicals in plants**. In: GUPTA, S.D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. Enfield: Science Publishers, p.31-44, 2010.

KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology**. Plant Molecular Biology, Switzerland, v.42, n. 1, p.313-349, 1991.

MAGGIONI, M.S.; ROSA, C.B.C.J.; ROSA JUNIOR, E.J.; SILVA, E.F.; ROSA, Y.B.C. J.; SCALON, S.P.Q.; VASCONCELOS, A.A. Desenvolvimento de mudas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do recipiente e do tipo e densidade de substratos. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Paulínia, v. 16, n. 1, p. 10-17, 2014.

MEDJDOUB, R.; VAL, J.; BLANCO, A. Physiological effects of prohexadione-calcium in apple trees: effects on parameters related to photoproductivity. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, San Diego, v. 82, n. 1, p. 126-132, abr. 2007. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14620316.2007.11512209>. Acesso em 25 jul. 2020.

MOUCO, M.A.D.C.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J. D. Inibidores de síntese de giberelinas e crescimento de mudas de mangueira 'Tommy Atkins'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, p.273-279, 2010.

OUZOUNIDOU, G.; GIANNAKOULA, A.; ASFI, M.; ILIAS, I. Differential responses of onion and garlic against plant growth regulators. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v.43, p.2051-2057, 2011.

OWENS, C.L.; STOVER, E. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. **Horticultural Science**, Czech Republic, v.34, p.1194–1196, 1999.

OZBAY, N.; ERGUN, N. Prohexadione calcium on the growth and quality of eggplant seedlings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 10, p.932-938, 2015.

PASA, M.D.S.; EINHORN, T. Prohexadione calcium on shoot growth of Starkrimson'pear trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.52, n.2, p.75-83, 2017.

PEIXOTO, J.V.M.; DE MORAES, E.R.; PEIXOTO, J.L.M.DOS REIS NASCIMENTO, A.; NEVES, J.G. Tomaticultura: aspectos morfológicos e propriedades físico-químicas do fruto. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 19, n.1, p. 124-131, 2017.

PEREIRA, I. DOS S.; GONÇALVES, M.A.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G.K.; ANTUNES, L.E.C. Controle do crescimento de mudas de morangoeiro 'Camarosa' cultivadas em substrato comercial pela aplicação de proexadione cálcio. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v.59, n.1, p. 93-98, 2016.

PURQUÉRIO, L.F.V.; TIVELLI, S.W. Cultivo protegido: por que utilizar, manejo do ambiente e cuidados com a fertilização? In: ZAMBROSI, F. C. B., FIGUEIREDO, G. B. de; PURQUERIO, L. F. V. et al. **Projeto hortalimento e o cultivo em ambiente protegido**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014, p. 10-31. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes_online/pdf/Livro_Hortalimento_Final_24_03_2014.pdf. Acesso em: 12 Jun. 2020.

RACHMILEVITCH, S. Physiological and biochemical indicator for stress tolerance. **Plant Environment Interactions**, p.321-356, 2006.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Suíça, v.51, p.501-531, 2000.

RAMÍREZ, H.; PERALTA-MANJARREZ, R.M.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; SÁNCHEZ-LÓPEZ, A.; ROBLEDO-TORRES, V.; HERNÁNDEZ-DÁVILA, J. Efectos de prohexadione-Ca en tomate y su relación con la variación de la concentración de giberelinas y citocininas. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, Chapingo, v.11, n.2, p. 283-290, 2005.

REHMAN, M.; SINGH, Z.; KHURSHID, T. Pre-harvest spray application of prohexadione-calcium and paclobutrazol improves rind colour and regulates fruit quality in M7 Navel oranges. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.234, p.87-94, abr. 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423818300931>. Acesso em: 12 mai. 2020.

REZAPOUR Fard, J.; KAFI, M.; NADERI, R. The Enhancement of Drought Stress Tolerance of Kentucky Bluegrass by Prohexadione-Calcium Treatment. **Journal of Ornamental Plants**, Rasht, v. 5, n. 4, p.197-204, 2015. Disponível em: http://jornamental.iaurasht.ac.ir/article_517021_7493e923927bc323dea206e1b5ae7006.pdf. Acesso em: 17 mar. 2020.

RICK, C.M. **The potential of exotic germplasm for tomato improvement**. In: VASIL, I. K.; SCOWCROFT, W. R.; FREY, H. J. (Eds.) Plant improvement and somatic cell genetics. New York: Academic Press, p. 478-495, 1982.

SELEGUINI, A.; DE ARAUJO FARIA JÚNIOR, M.J.; BENETT, K.S.S.; LEMOS, O.L. ; SENO, S. Estratégias para produção de mudas de tomateiro utilizando paclobutrazol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, p. 539-548, 2013.

SILVA, J.M.D.; FERREIRA, R.S.; MELO, A.S.D.; SUASSUNA, J.F.; DUTRA, A.F.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p.40-46, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre, Artmed. p. 858, 2017.

THOMIDIS, T.; ZIOZIOU, E.; KOUNDOURAS, S.; NAVROZIDIS, I.; NIKOLAOU, N. Effect of prohexadione-Ca on leaf chlorophyll content, gas exchange, berry size and composition, wine quality and disease susceptibility in *Vitis vinifera* L. cv Xinomavro. **Scientia horticulturae**, Amesterdã, v. 238, p.369-374, ago. 2018. Disponível em : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423818303352>. Acesso em 9 mai. 2020.

United States Environmental Protection Agency, ECM for Prohexadione in Soil - MRID 45040301, Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-06/documents/45040301-prohexadione-ecm-soil.pdf>. Acesso em 28 out. 2020.

YESHITELA, T.; ROBBERTSE, P.J.; STASSEN, P.J.C. Paclobutrazol suppressed vegetative growth and improved yield as well as fruit quality of 'Tommy Atkins' mango (*Mangifera indica*) in Ethiopia. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, New Zealand, v.32, p.281-293, 2004.

YAMASAKI H.; SAKIHAMA Y.; LKEHARA, N. Flavonoid-Peroxidase Reaction as a Detoxification Mechanism of Plant Cells against H₂O₂. **Plant Physiology**, U.S.A., v.11, n.5, p.1405–1412, 1997.

WÜRZ, D.A.; MARCON FILHO, J.L.; ALLEBRANDT, R.; BRIGHENTI, A.F.; DE BEM, B.P.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. Desempenho agronômico da videira 'Cabernet Sauvignon' submetida a diferentes épocas de aplicação e concentrações de Prohexadiona de Cálcio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.19, n.1, p.8-15, 2020.