



Unimontes

Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido

**CONTROLE DA ANTRACNOSE EM BANANA COM APLICAÇÃO DE
FORMULAÇÕES DE FOSFITO**

Maria Luísa Mendes Rodrigues

2019

Maria Luísa Mendes Rodrigues

**CONTROLE DA ANTRACNOSE EM BANANA COM APLICAÇÃO DE
FORMULAÇÕES DE FOSFITO**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora.

Orientador
Prof. Dr. Edson Hiydu Mizobutsi

JANAÚBA-MG
2019

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

Rodrigues, Maria Luísa Mendes

R696c Controle da antracnose em banana com aplicação de formulações de fosfito [manuscrito] / Maria Luísa Mendes Rodrigues . – 2019.
63 p.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2019.

Orientador: Prof. D. Sc. Edson Hiydu Mizobutsi.

1. Antracnose. 2. Banana. 3. Fosfito. I. Mizobutsi, Edson Hiydu. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 634.772

Maria Luísa Mendes Rodrigues

**CONTROLE DA ANTRACNOSE E DESENVOLVIMENTO DO *Colletotrichum musae*
PELA APLICAÇÃO DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE FOSFITO**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2019.

Prof. Dr. Edson Hiydu Mizobutsi
UNIMONTES (Orientador)

Prof^ª. Dra. Gisele Polete Mizobutsi
UNIMONTES (Coorientadora)

Prof^ª. Dra. Regina Cássia Ferreira Ribeiro
UNIMONTES (Conselheira)

Prof. Dr. Fernando da Silva Rocha
UFMG (Conselheiro)

Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro
UFMG (Conselheiro)

**JANAÚBA-MG
2019**

Aos meus amados filhos João Gustavo e Henrique,

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido o privilégio de concluir o doutorado;

À Unimontes pela oportunidade de realizar minha graduação, mestrado e, agora, o tão sonhado doutorado;

À Capes pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Prof. Dr. Edson Hiydu Mizobutsi pela orientação e confiança em meu trabalho;

À Prof. Dra. Gisele Polete Mizobutsi pela disponibilidade do uso do laboratório de Fisiologia Pós-colheita;

Aos membros da banca Prof. Dra. Regina Cássia Ferreira Ribeiro Ribeiro, Prof. Dr. Fernando Rocha e Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro pelas contribuições no trabalho;

Ao pesquisador Dr. Flávio Pinto Monção pela ajuda nas análises estatísticas;

À toda minha família (mãe, pai, irmãos, tios, primos e avó) por serem minha base e me amparar em todos os momentos;

Aos meus filhos João Gustavo e Henrique que me enchem de alegrias, amor e me incentivam a continuar e superar os desafios da vida sempre;

Ao meu Gabriel pelo incentivo, amor, apoio e por me amparar em tudo;

Aos amigos do Laboratório de Patologia Pós-colheita: Paola, Martielle, Paula, Lorraine, Emmely, Valéria, Samuel, Tuari e Luana pela valiosa ajuda na condução dos experimentos. Sem vocês, eu não teria conseguido;

À minha amiga Prof. Dra. Juceliandy pela amizade e apoio em todos os momentos vividos nessa etapa, sempre me ajudando, aconselhando e compartilhando conhecimentos quando precisei;

À Flávia Aguiar pela disposição em ajudar sempre que solicitado;

Ao Grupo Banarica pela doação dos frutos e concessão da área para o desenvolvimento do experimento;

Aos funcionários da Fazenda Santana, em especial ao Gilmar e Ailson, pela presteza e ajuda na condução do experimento;

Aos motoristas e funcionários da Unimontes *Campus* Janaúba.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	vii
GENERAL ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	11
REFERÊNCIAS	14
CAPÍTULO 1	17
PRODUTOS À BASE DE FOSFITOS NO CONTROLE DE <i>Colletotrichum musae</i> IN <i>VITRO</i>	17
1.0 Introdução.....	19
2.0 Material e métodos	20
3.0 Resultados e discussão.....	21
4.0 Conclusões.....	25
5.0 Referências bibliográficas	26
CAPÍTULO 2	29
CONTROLE DA ANTRACNOSE E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE BANANA SUBMETIDA A FORMULAÇÕES DE FOSFITO APLICADAS NA PRÉ- COLHEITA.....	29
1.0 Introdução.....	31
2.0 Material e métodos	32
3.0 Resultados e discussão.....	34
4.0 Conclusões.....	40
5.0 Referências bibliográficas	40
CAPÍTULO 3	45
APLICAÇÃO DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE FOSFITO EM PÓS-COLHEITA DE BANANA ‘PRATA ANÃ’ NO CONTROLE DE ANTRACNOSE.....	45
1.0 Introdução.....	47
2.0 Material e métodos	48
3.0 Resultados e discussão.....	50
4.0 Conclusões.....	59
5.0 Referências bibliográficas	59
CONCLUSÕES GERAIS	63

RESUMO GERAL

RODRIGUES, Maria Luísa Mendes. **Controle da antracnose e desenvolvimento do *Colletotrichum musae* pela aplicação de diferentes formulações de fosfito.** 2019. 63p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG¹.

O objetivo do primeiro capítulo foi avaliar o efeito *in vitro* de diferentes formulações e concentrações de fosfitos sobre o desenvolvimento de *Colletotrichum musae*. No segundo capítulo objetivou-se avaliar a eficiência da aplicação de diferentes formulações de fosfito aplicados nos cachos da bananeira em duas frequências de aplicação, sobre a incidência e severidade da antracnose em banana 'Prata anã' e características físicas e químicas dos frutos. O terceiro capítulo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação pós-colheita de diferentes formulações de fosfito em diferentes concentrações no controle da antracnose e nas características físicas e química em frutos de bananeira 'Prata anã'. Na avaliação da inibição do crescimento micelial, esporulação e da germinação foram utilizados três diferentes fosfitos: FCu1 (4% de Cu + 20% de P₂O₅), FCu2 (4% de Cu + 22% de P₂O₅) nas concentrações 0,5;1,0; 1,5 e 2,0 mL L⁻¹ e FK (42 % de P₂O₅ + 27,7% de K₂O) nas concentrações de 0,5;1,0; 1,5 e 2,0 mg. L⁻¹. Os produtos foram incorporados aos respectivos meios de cultura. Foram adotados como testemunha: meio de cultura e o meio de cultura + Imazalil. No segundo capítulo, diferentes fontes de fosfito FCu1 (4% de Cu + 20% de P₂O₅), FCu2 (4% de Cu + 22% de P₂O₅) e FK (42 % de P₂O₅ + 27,7% de K₂O), água pura e a testemunha (ausência de tratamento) foram aplicados nos cachos de bananeira 'Prata anã' no durante desenvolvimento no campo em duas frequências de aplicação: 15 em 15 dias e 30 em 30 dias. Os frutos foram colhidos, armazenados em câmara de refrigeração (25 ±1°C e 80 ±5% UR) e avaliados quanto à incidência e a severidade da antracnose. No terceiro capítulo, utilizou-se diferentes fontes de fosfito de cobre FCu1 (4% de Cu + 20% de P₂O₅), FCu2 (4% de Cu + 22% de P₂O₅) e potássio FK (42 % de P₂O₅ + 27,7% de K₂O) em diferentes concentrações 0,5; 1,0, 1,5 e 2,0 mL L⁻¹. O primeiro estudo foi realizado em arranjo fatorial 3 x 4 + 2, consistindo de três diferentes fosfitos: FCu1 (4% de Cu + 20% de P₂O₅), FCu2 (4% de Cu + 22% de P₂O₅) e FK (42 % de P₂O₅ +27,7% de K₂O), nas concentrações 0,5;1,0; 1,5 e 2,0 mL L⁻¹ e dois tratamentos testemunha que corresponderam a meio de cultura e o meio de cultura + Imazalil. Os produtos foram incorporados aos respectivos meios de cultura. No segundo estudo, utilizou-se o arranjo

¹**Comitê orientador:** Prof. Dr. Edson Hiydu Mizobutsi - UNIMONTES (Orientador); Prof. Dra. Gisele Polete Mizobutsi – UNIMONTES (Coorientadora); Prof. Dra. Regina Cássia Ferreira Ribeiro-UNIMONTES (Conselheira); Prof. Dr. Fernando da Silva Rocha - UFMG (Conselheiro); Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro UFMG (Conselheiro);

fatorial $3 \times 2 + 2$, novamente como tratamento as três diferentes formulações de fosfitos: FCu1 (4% de Cu + 20% de P_2O_5), FCu2 (4% de Cu + 22% de P_2O_5) e FK (42 % de P_2O_5 + 27,7% de K_2O), nas concentrações de $1,5 \text{ mL.L}^{-1}$ de água para o FCu1 e o FCu2 e 1,5 gramas. L^{-1} de água para o FK, as testemunhas consistiram da aplicação de água e da ausência de aplicação dos produtos. Os produtos foram aplicados nos cachos de bananeira ‘Prata anã’ durante desenvolvimento no campo em duas frequências de aplicação: 15 em 15 dias e 30 em 30 dias. Os resultados observados no capítulo um demonstraram haver um efeito fungistático significativo entre as concentrações dos produtos no crescimento micelial, esporulação e germinação obtendo controle de até 100% do desenvolvimento de *Colletotrichum musae*. No capítulo dois constatou-se que o FCu2 reduziu a incidência da antracnose em até 38% e a severidade 49,5 %. Analisando as frequências de aplicação dos fosfitos verifica-se que as mesmas não interferem na intensidade da antracnose. A aplicação de fosfitos nos cachos de banana ‘Prata anã’ aumenta a perda de massa fresca. Para as variáveis químicas e físicas, não houve diferença entre as fontes de fosfito e as frequências de aplicação. No capítulo três foi possível concluir que o FCu2 controlou a incidência da antracnose em até 38% e a severidade 49,5 %. As frequências de aplicação dos fosfitos não interferem na intensidade da antracnose. A aplicação de fosfitos nos cachos de banana ‘Prata anã’ aumenta a perda de massa fresca. Para as demais características químicas e físicas, não houve diferença consistente entre as fontes de fosfito e as frequências de aplicação.

Palavras-chave: *Colletotrichum musae*, doença, frutos, pós-colheita.

GENERAL ABSTRACT

RODRIGUES, Maria Luísa Mendes **Control and a collective and *Colletotrichum musae* in application of different formulations of fosfito.** 2019. 63p. Thesis (Doctor's Degree in Plant Production in Semi-Arid) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG².

The objective of the first chapter was to evaluate the *in vitro* effect of different formulations and concentrations of phosphites on the development of *Colletotrichum musae*. In the second chapter, the objective of this study was to evaluate the efficiency of the application of different phosphite formulations applied to banana curls in two application frequencies, on the incidence and severity of the anthracnose in banana 'Ananas' and physical and chemical characteristics of the fruits. The third chapter had as objective to evaluate the effect of the post-harvest application of different formulations of phosphite in different concentrations in the control of the anthracnose and in the physical and chemical characteristics in banana fruits 'Prata anã'. In the evaluation of inhibition of mycelial growth, sporulation and germination, three different phosphites were used: FCu1 (4% Cu + 20% P₂O₅), FCu2 (4% Cu + 22% P₂O₅), 0; 1.5 and 2.0 mL L⁻¹ and FK (42% P₂O₅ + 27.7% K₂O) at the concentrations of 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 mg. L⁻¹. The products were incorporated into the respective culture media. The culture medium and the culture medium + Imazalil were used as controls. In the second chapter, different sources of FCu1 phosphite (4% Cu + 20% P₂O₅), FCu2 (4% Cu + 22% P₂O₅) and FK (42% P₂O₅ + 27.7% K₂O) pure and control (no treatment) were applied to the 'Prata anã' banana bunches during field development in two application frequencies: 15 in 15 days and 30 in 30 days. The fruits were harvested, stored in a refrigeration chamber (25 ± 1 ° C and 80 ± 5% RH) and evaluated for the incidence and severity of anthracnose. In the third chapter, different sources of copper phosphite FCu1 (4% Cu + 20% P₂O₅), FCu2 (4% Cu + 22% P₂O₅) and potassium FK (42% P₂O₅ + 27,7 % of K₂O) in different concentrations 0.5; 1.0, 1.5 and 2.0 mL L⁻¹. The first study was carried out in a 3 x 4 + 2 factorial arrangement consisting of three different phosphites: FCu1 (4% Cu + 20% P₂O₅), FCu2 (4% Cu + 22 % of P₂O₅) and FK (42% of P₂O₅ + 27.7% of K₂O), in the concentrations 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 mL L⁻¹ and two control treatments that corresponded to the culture medium and the culture medium + Imazalil. The products were incorporated into the respective culture media. In the second study, the 3 x 2 + 2 factorial arrangement was used again, as a treatment for the three different phosphite formulations: FCu1 (4% Cu + 20% P₂O₅), FCu2 (4% Cu +

²**Guidance committee:** Prof. Dr. Edson Hiydu Mizobutsi - UNIMONTES (Advisor); Prof. Dra. Gisele Polete Mizobutsi – UNIMONTES (Co-Advisor); Prof. Dra. Regina Cássia Ferreira Ribeiro-UNIMONTES (Counselor); Prof. Dr. Fernando da Silva Rocha - UFMG (Counselor); Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro UFMG (Counselor);

22% P₂O₅) and FK (42% P₂O₅ + 27.7% K₂O) at the concentrations of 1.5 mL.L⁻¹ water for the FCu1 and the FCu2 and 1.5 grams. L⁻¹ of water for the FK, the witnesses consisted of the application of water and the absence of application of the products. The products were applied in banana shoots 'Prata anã' during field development in two application frequencies: 15 in 15 days and 30 in 30 days. The results observed in chapter one showed a significant fungistatic effect between the concentrations of the products in the mycelial growth, sporulation and germination obtaining control of up to 100% of the development of *Colletotrichum musae*. In chapter two it was verified that the FCu2 reduced the incidence of the anthracnose by up to 38% and the severity 49.5%. Analyzing the frequencies of application of the phosphites, it is verified that they do not interfere in the intensity of the anthracnose. The application of phosphites in banana 'Banana' bananas increases the loss of fresh pasta. For the chemical and physical variables, there was no difference between the phosphite sources and the application frequencies. In chapter three it was possible to conclude that FCu2 controlled the incidence of anthracnose by up to 38% and the severity of 49.5%. Frequencies of application of phosphites do not interfere with the intensity of anthracnose. The application of phosphites in banana 'Banana' bananas increases the loss of fresh pasta. For the other chemical and physical characteristics, there was no consistent difference between the phosphite sources and the application frequencies.

Keywords: *Colletotrichum musae*, disease, fruits, post-harvest.

INTRODUÇÃO GERAL

A bananeira (*Musa spp.*) é uma fruteira, originada do sudeste asiático e oeste do Pacífico. É cultivada em uma extensa área dos trópicos e subtropicais, sendo uma das frutas mais consumidas no mundo. Além da importância como fonte alimentar é também utilizada como planta ornamental e produtora de fibra (Dantas et al., 2016).

A banana é a fruta símbolo dos países tropicais. Além do sabor, são vários os atributos nutricionais de estímulo ao seu consumo, pois é rica em vitaminas A e C, além de fibras e potássio. Seu sucesso e elevada demanda pelo consumidor deve-se tanto pela versatilidade em termos de modalidades de uso (processada, frita, cozida, *in natura*), quanto por seus atributos de sabor, aroma, valor nutricional, preço, higiene e facilidade de consumo (BOLFARINI et al., 2018).

O Brasil se apresenta como o quinto maior produtor mundial da fruta, perdendo para Índia, Filipinas, China e Equador. Em 2018, a área colhida foi de aproximadamente 469.711 mil hectares e a produção de 6.764.324 milhões de toneladas (FAO, 2018). No Brasil em 2018, os estados de São Paulo, Bahia, Minas Gerais e Santa Catarina foram os maiores produtores do país. Minas Gerais produziu nesse ano aproximadamente 11,8% da produção nacional da fruta (IBGE, 2018).

Na região Norte de Minas Gerais, a cultura da banana ocupa o primeiro lugar em área de produção quando comparada a outras frutas. São produzidas 208,3 mil toneladas da fruta em 12.900 hectares de área em produção dividida entre as cidades de Jaíba, Nova Porteirinha, Janaúba e Matias Cardoso. A região responde por 26,9% da produção de bananas de Minas Gerais que é comercializada em todo o país (IBGE, 2018).

Em termos de exportação, o Brasil posiciona-se como o país que menos exporta banana dentre os países da América Central e do Sul, comercializando apenas 61,4 mil toneladas da fruta (FAO, 2019). Essa participação ainda é pequena devido, principalmente, aos padrões tradicionais de produção, baixos investimentos de capital e tecnologia, frutos de qualidade não aceitável pelos países importadores de banana (SAKAI, 2015).

Ao longo da cadeia de comercialização da banana, a ocorrência de doenças pós-colheita é um sério problema para a cultura. O setor varejista relata que as perdas causadas giram em torno de 600 milhões de reais por ano e 86% ocorrem durante a exposição do produto para a venda, outros 9% acontecem no transporte e 5%, no armazenamento (MELO et

al., 2013). Das doenças pós-colheita destaca-se a antracnose causada por *Colletotrichum musae* (BERK, M.A. CURTIS & VON ARX, 1957).

Os frutos infectados pelo fungo adquirem uma infecção subcuticular quiescente durante os estágios iniciais do desenvolvimento dos frutos; entretanto, os sintomas da doença na casca da banana (lesões escuras e deprimidas na casca) somente se desenvolvem após a colheita, geralmente durante o amadurecimento dos frutos (GARCIA & COSTA, 2000; VENTURA & HINZ, 2002; PESSOA E OLIVEIRA, 2006; NEGREIROS et al., 2013). Em condições favoráveis, sob alta umidade, os frutos cobrem-se de frutificações de coloração rosa a salmão, onde os acérvulos adquirem uma coloração acinzentada (CORDEIRO et al., 2005). Dessa forma, após o aparecimento dos sintomas, os frutos se tornam pouco apresentáveis e inadequados à comercialização.

Para se obter o controle da antracnose as estratégias de manejo da doença incluem principalmente o uso de fungicidas sendo tiabendazol e imazalil, os únicos liberados para uso nesta cultura em pós-colheita (AGROFIT, 2018). Com a aplicação de fungicidas, as perdas ocasionadas pela antracnose em banana podem ser reduzidas em torno de 20% (BILL et al., 2014).

A utilização desse método apresenta como desvantagem a possibilidade de ocorrer a seleção de raças resistentes de patógenos, além de promover problemas ambientais e contaminação de alimentos (DALIO *et al.*, 2012).

Atualmente, o processo produtivo agrícola vem sofrendo pressão da sociedade pela produção de alimentos de forma sustentável e sem resíduos. De um lado os consumidores apresentam uma crescente demanda por frutas que sejam seguras para o consumo. Do outro lado, os países importadores vêm aplicando rígidos regulamentos de importação em relação aos limites máximos de resíduos (LMR) na porção comestível da fruta (SIVAKUMAR & BAUTISTA-BAÑOS, 2014).

Devido a estes requisitos, diferentes formas de conservação de alimentos têm sido buscadas no intuito de controlar o desenvolvimento de patógenos nos frutos, como a aplicação de extratos e óleos essenciais derivados de plantas com potencial antifúngico (SILVA ET AL., 2008; RODRIGUES ET AL, 2018; OLIVEIRA, VIANA & MARTINS, 2016); o ensacamento dos cachos de banana ainda no campo (Fernandes et al., 2019) e a atmosfera modificada (CUNHA JUNIOR et al., 2011).

A aplicação de fosfitos no controle de doenças em diferentes culturas tem sido verificada por diversos pesquisadores. Os fosfitos são substâncias originadas a partir da reação de neutralização do ácido fosforoso por uma base (Hirosse et al., 2012).

O modo de ação dos fosfitos pode ser de forma direta, inibindo a germinação do esporo fúngico, a penetração na planta, bloqueando a miceliogênese e a esporogênese. E, indiretamente, estimulando o metabolismo envolvido na resistência induzida na planta, como na produção de lignina, fitoalexina e enzimas hidrolíticas (BRACKMANN et al., 2008).

Muitas culturas mostraram-se promissoras à utilização de fosfitos para o controle de doenças, tais como ferrugem e míldio da videira, ferrugem e oídio do trigo e eucalipto, míldio da soja, antracnose em goiabas e podridão em maçãs e pêssegos (SÔNEGO & GARRIDO, (2005); SAUTTER, STORCK, RIZZATI, MALLMANN & BRACKMANN, (2011); PEREIRA et al. (2010); GOMES, DEMARTELAERE, NASCIMENTO, MACIEL & WANDERLEY (2016); SANTOS, CAMPOS, DALLACOSTA & MAZARO (2018); SILVA, RESENDE, SOUZA, PÔSSA & SILVA JÚNIOR (2016).

Dessa forma, identificar medidas de controle que possam efetivamente retardar ou eliminar os sintomas da infecção por antracnose teria um papel importante em estender a vida de prateleira das bananas durante o seu armazenamento (MAQBOOL et al., 2010).

Sendo assim, o objetivo do experimento foi identificar uma fonte e uma concentração de fosfito capaz de controlar a intensidade da antracnose em banana ‘Prata anã’.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2018.
- BILL, M.; SIVAKUMAR, D.; KORSTEN, L.; & THOMPSON, A. K. (2014). The efficacy of combined application of edible coatings and thyme oil in inducing resistance components in avocado (*Persea americana* Mill.) against anthracnose during post-harvest storage. **Crop Prot.**, 64, 159-167. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.06.015>.
- BOLFARINI, A.C.B, 1987- B687. Crescimento, produção, aspectos físico químicos dos frutos e nutrição mineral da bananeira 'FHIA 18' em função da aplicação de fósforo/Ana Carolina Batista Bolfarini. Botucatu: [s.n.], 2018 128 p.
- BRACKMANN, A.; GIEHL, R. F. H.; SESTARI, I.; WEBE, A.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Rot control on cold stored 'Fuji' apples with pre and postharvest treatments with phosphites and benzalkonium chloride. **Revista da FZVA**. Uruguiana, v.15, n.2, p.35-43. 2008.
- CORDEIRO, Z.J.M.; MATOS, A.P.; KIMATI, H. Doenças da bananeira. In: KIMATI, H. AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (ED.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005.v.2, p.99-117.
- CUNHA JUNIOR, L. C.; JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; SCARPARE FILHO, J. A. Altas concentrações de oxigênio favorecem a conservação de morango 'Oso grande'. (2011). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 4, p. 1074-1083, Dezembro.
- DANTAS, A. M. DE M.; NASCIMENTO, S. R. DE C.; CRUZ, B. L. S. DA; SILVA, F. H. A. DA, AMBRÓSIO, M. M. DE Q.; SENHOR, R. F. Alternative control of post-harvest diseases in Tainung 1 papaya. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 48, n. 1, p. 29-35, Jan./Mar. 2018. (<http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632018v4850938>).
- DALIO, R. J. D. ET AL. O triplo modo de ação dos fosfitos em plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 20, n. 1, p. 206-243, 2012.
- F.A.O. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT – Crops. Production quantities of Bananas by country (2016). Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 10 dez. 2018.
- F.A.O. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT – Crops. Production quantities of Bananas by country (2016). Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 23 jan. 2019.
- FERNANDES, M. B.; MIZOBUTSI, E. H; RODRIGUES, M. L. M.; RIBEIRO, R. C. F.; MIZOBUTSI, G. P.; PINHO, D. B. Bagging time of 'Prata-anã' banana regarding anthracnose control. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, 2019, v. 41, n. 1.DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452019066>.

HIROSSE, E. H., CRESTE, J. E., CUSTÓDIO, C.C., Machado-Neto, N. B. In vitro growth of sweet potato fed with potassium phosphite. **Acta Scientiarum**. Agronomy Maringá, v. 34, n. 1, p. 85-91, Jan.-Mar., 2012. Doi: 10.4025/actasciagron.v34i1.10810.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1618#resultado>>. Acesso em: 05 jan. 2019.

GARCIA, A., COSTA, J. N. M. Principais doenças fúngicas da bananeira em Rondônia: sintomatologia e controle. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 2000.

GOMES, R. DOS S.S.; DEMARTELAERE, A.C.F.; NASCIMENTO, L.C. DO; MACIEL, W.O.; WANDERLEY, D.B.N. DA S. Bioatividade de indutores de resistência no manejo da antracnose da goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Summa Phytopathologica**, v.42, p.149-154, 2016. DOI: 10.1590/0100-5405/2103.

MAQBOOL, M.; ALI, A.; RAMACHANDRAN, S.; SMITH, D. R. Control of postharvest anthracnose of banana using a new edible composite coating. **Crop Protection**. V. 29. N.10. 2010. DOI: 10.1016/j.cropro.2010.06.005.

MELO, L. G. L.; SILVA, E. K. C.; CAMPOS NETO, J. R. M.; LINS, S. R. O.; RODRIGUES, A. A. C.; OLIVEIRA, S. M. A. Indutores de resistência abióticos no controle da fusariose do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2016, v.51, n.10, p.1703-1709. DOI: 10.1590/S0100-204X2016001000001.

NEGREIROS, R.J.Z.; DE. SALOMÃO, L.C.C; PEREIRA, O.L.; CECON, SIQUEIRA, P.R.D.L. DE. Controle da antracnose na pós-colheita de bananas ‘Prata’ com produtos alternativos aos agrotóxicos convencionais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.51-58, 2013.

OLIVEIRA, E.S.; VIANA, F.M.P.; MARTINS, M.V.V. Alternativas a Fungicidas Sintéticos no Controle da Antracnose da Banana. **Summa Phytopathologica**, v.42, n.4, p.340-350, 2016.

PESSOA, W.R.L.S.; OLIVEIRA, S.M.A. Doenças da banana. In: OLIVEIRA, S.M.A.; TERAPO, D.; DANTAS, S.A.F.; TAVARES, S.C.C.H. (ED.). **Patologia pós-colheita: frutas, oleícolas e ornamentais tropicais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 539-553.

PEREIRA, V. F., RESENDE, M. L. V., MONTEIRO, A. C. A., RIBEIRO JÚNIOR, P. M., ALBUQUERQUE, M. DE, REGINA, M. A. DE, MEDEIROS, F. C.L. Produtos alternativos na proteção da videira contra o míldio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.45, n.1, p.25-31, jan. 2010.

RODRIGUES, M. L. M.; MIZOBUTSI, E. H.; NACARATH, I. R. F. F.; FERNANDES, M. B.; MIZOBUTSI, G. P.; RIBEIRO, R. C. F.; REIS, S.T. DOS; PINHEIRO, J. M. S. P.; PRATES, J. L. & LAGE, G. G. A. Essential oils in the control of anthracnose on ‘Prata Ana’ banana. **Journal of Agricultural Science**; v. 10, No. 9; 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n9p116>.

SAKAI, R. K. Desenvolvimento e qualidade de frutos de banana em função da proteção física dos cachos. 2015. 100 f. **Tese** (Doutorado em Ciências: Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

SANTOS, S. L. DOS; CAMPOS, T. DE; DALLACOSTA, N. L.; MAZARO, S. M. (2018). Potencial de produtos à base de fosfitos no controle de *Pythium* sp. em condições in vitro. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, Guarapuava-PR, v.11, n.1, p.105-110, jan-abr. DOI: 10.5935/PAeT.V11.N1.13.

SAUTTER, C. K.; BRACKMANN, A.; ANESE, R. O.; WEBER, A.; RIZZATTI, M. R.; PAVANELLO, E. P. Controle da podridão-parda e características físico-químicas de pêssegos ‘Magnum’ submetidos a tratamentos pós-colheita com elicitores abióticos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.2, p. 172-177, mar/abr, 2011.

SILVA, I. L. S. S.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; COSTA, J.C. B.; CAMILO, F. R.; J. C. B. & SALGADO, S. M. L. Efeito de nutrientes combinados com indutores de resistência na proteção contra a vassoura-de-bruxa no cacauero. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 61-67, jan./fev., 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000100009>.

SIVAKUMAR, D.; BAUTISTA-BAÑOS, S. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. **Crop Protection** 64 (2014) 27e37. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.05.012>.

SÔNEGO, O.R.; GARRIDO, L. DA R. **Avaliação da eficácia de algumas marcas comerciais de fosfito de potássio e de fosfonato de potássio no controle do míldio da videira**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 13p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 60).

SILVA, A. C. DA; RESENDE M. L. V.; SOUZA, P. E.; PÔSSA, K. F. & DA SILVA JÚNIOR, M. B. Extrato vegetal, fosfito e sulfato de zinco no controle do oídio em eucalipto. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 1, p. 93-100, jan-mar, 2016. DOI: 10.5935/1806-6690.20160011.

CAPÍTULO 1

PRODUTOS À BASE DE FOSFITOS NO CONTROLE DE *Colletotrichum musae* IN VITRO

(Artigo formatado de acordo normas da revista Journal of Agricultural Science)

PRODUTOS À BASE DE FOSFITOS NO CONTROLE DE *Colletotrichum musae* IN VITRO

Resumo - A antracnose da banana é uma doença de maior importância em pós-colheita uma vez que provoca perdas significativas tornando os frutos pouco apresentáveis e inadequados à comercialização. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito *in vitro* de diferentes formulações e concentrações de fosfitos sobre o desenvolvimento de *Colletotrichum musae*. Para a inibição da germinação, crescimento micelial e esporulação foram utilizados três diferentes fosfitos: FCu1 (4% de Cu + 20% de P₂O₅), FCu2 (4% de Cu + 22% de P₂O₅) nas concentrações 0,5;1,0; 1,5 e 2,0 mL L⁻¹ e FK (42 % de P₂O₅ + 27,7% de K₂O) nas concentrações de 0,5;1,0; 1,5 e 2,0 mg. L⁻¹. Os produtos foram incorporados aos respectivos meios de cultura. Foram adotados como testemunha: meio de cultura e o meio de cultura + imazalil. Os tratamentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. As placas foram acondicionadas em câmara BOD a 25 °C sob fotoperíodo de 12 h. Os resultados dos experimentos foram submetidos à análise de variância e regressão, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). As testemunhas foram comparadas aos demais tratamentos pelo teste de Dunnett (p<0,05). Os resultados observados demonstraram haver um efeito fungistático significativo entre as concentrações dos produtos no crescimento micelial, esporulação e germinação obtendo controle de até 100% do desenvolvimento de *C. musae*. Os fosfitos de cobre foram tão efetivos quanto o fungicida em inibir o desenvolvimento do fungo.

Palavras-chave: doença, antracnose, tratamento alternativo.

Abstract - Banana anthracnose is a disease of major importance in post-harvest as it causes significant losses making the fruits little presentable and unsuitable for commercialization. The objective of this work was to evaluate the *in vitro* effect of different formulations and concentrations of phosphites on the development of *Colletotrichum musae*. For the inhibition of germination, mycelial growth and sporulation, three different phosphites were used: FCu1 (4% Cu + 20% P₂O₅), FCu2 (4% Cu + 22% P₂O₅) ; 1.5 and 2.0 mL L⁻¹ and FK (42% P₂O₅ + 27.7% K₂O) at the concentrations of 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 mg. L⁻¹. The products were incorporated into the respective culture media. The culture medium and the culture medium + imazalil were used as controls. The treatments were conducted in a completely randomized design with four replications. The plates were housed in a BOD chamber at 25 °C under a 12 h photoperiod. The results of the experiments were submitted to analysis of variance and regression, and the means were compared by the Tukey test (p <0.05). The controls were compared to the other treatments by the Dunnett test (p <0.05). The observed results showed a significant fungistatic effect between the concentrations of the products in the mycelial growth, sporulation and germination obtaining control of up to 100% of the development of *C. musae*. Copper phosphites were as effective as the fungicide in inhibiting the development of the fungus.

Keywords: disease, anthracnose, alternative treatment.

1.0 Introdução

A antracnose da banana causada por *Colletotrichum musae* (Berk & Curt.) von Arx. (Teleomorfo: *Glomerella musarum* Petch) destaca-se como a doença de maior importância em pós-colheita. Os frutos infectados pelo fungo têm o amadurecimento acelerado, aspecto indesejável para o consumo o que os tornam inviáveis para a exportação. As perdas por antracnose podem chegar a até 80% ocasionando vários danos aos frutos (Bill, Sivakumar, Korsten, & Thompson, 2014).

Dentre os métodos de controle da doença destacam-se o controle cultural e o químico com a utilização dos fungicidas tiabendazol e imazalil (Reis, Casa e Bianchin, 2011; AGROFIT, 2018). Este último método apresenta como efeitos negativos danos ao ambiente e favorece o surgimento de isolados do fungo resistentes às moléculas fungicidas. Além disso, podem deixar resíduos na polpa dos frutos (Coelho, Dias, Rodrigues & Leal 2010; Cruz, Clemente, Cruz, Mora, Cossaro, & Pelisson, 2010; Vilaplana, Pérez-Revelo, Valencia-Chamorro, 2018).

O uso excessivo de agrotóxicos em fruteiras é uma crescente preocupação mundial com as possibilidades reais de contaminação ambiental. Dessa forma as exigências do mercado consumidor por frutas de alta qualidade e produzidas com a substituição de insumos poluentes e não renováveis são crescentes (Negreiros, Salomão, Pereira, Ceco n, & Siqueira, 2013). Existem várias estratégias alternativas de controle de doenças como atmosfera modificada (Cunha Junior, Jacomino, Trevisan & Scarpate Filho, 2011), uso de óleos essenciais e extratos (Rodrigues et al, 2018; Oliveira, Viana & Martins, 2016) e a aplicação de fosfitos (Ogoshi et al., 2013) para se controlar as doenças causadas por fungos fitopatogênicos.

Os fosfitos são substâncias originadas a partir da reação de neutralização do ácido fosforoso por uma base (Hirosse, Creste; Custódio; Machado-Neto, 2012). Esses produtos têm sido utilizados na agricultura por estimular o crescimento das plantas, por apresentar ação direta sobre os patógenos ou por induzir mecanismos de defesa, dessa forma apresentam-se como uma alternativa à aplicação de fungicidas (Fontana et al., 2018; Araújo, Faquin, Ávila, & Pedroso, 2013; Tofoli et al., 2013).

O efeito da aplicação de fosfitos no manejo de doenças de plantas pode variar de acordo com o tipo de fosfito, a dose e o patógeno alvo do controle. Há relatos de inibição parcial e/ou total do crescimento micelial, produção/germinação de conídios e formação do apressório de diferentes fungos (Catão et al., 2013; Ogoshi et al., 2013; Roma, 2013; Alexandre et al 2014; Oliveira, Viana & Martins, 2016; Dantas et al., 2018). Resultados *in vitro* confirmam o efeito do fosfito de potássio na redução do crescimento micelial de *C. musae* em 84% ao se comparar com a testemunha (Oliveira, Viana & Martins, 2016). A aplicação de fosfitos em outras espécies do gênero *Colletotrichum* bem como em outros gêneros de fungos vêm sendo pesquisados por diversos autores. Lopes, Cruz, Barreto, Vasconcelos & Blum (2017) observaram que os fosfitos de magnésio e de potássio inibiram 50% do crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*. Alexandre, Herculano, Silva & Oliveira (2014) verificaram que o fosfito de potássio mostrou atividade fungitóxica no desenvolvimento de *Colletotrichum tamarilloi*. Em *Fusarium solani* o fosfito de potássio inibiu o crescimento e a densidade micelial a partir da aplicação de 50 ppm (Rocha Sobrinho, Rodrigues, Santos, Jesus Junior & Novaes 2016).

Há relatos de inibição parcial e/ou total do crescimento micelial, produção/germinação de conídios e formação do apressório de diferentes fungos (Catão et al., 2013; Ogoshi et al., 2013; Roma, 2013; Alexandre et al 2014; Oliveira, Viana & Martins, 2016; Dantas et al., 2018). Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito *in vitro* de diferentes formulações e concentrações de fosfitos sobre o desenvolvimento de *C. musae*.

2.0 Material e métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Patologia Pós-Colheita, da Universidade Estadual de Montes Claros, Minas Gerais, MG. O isolado de *C. musae* foi obtido a partir de bananas adquiridas em uma área de cultivo comercial, as quais foram selecionadas por exibirem manchas escuras e massa de conídios alaranjadas, sintomas típicos da antracnose.

Para a avaliação *in vitro* quanto à sensibilidade, os fosfitos de cobre FCu1 (4% de Cu + 20% de P₂O₅), FCu2 (4% de Cu + 22% de P₂O₅) nas concentrações 0,5; 1,0, 1,5 e 2,0 mL.L⁻¹ e fosfito de potássio FK (42 % de P₂O₅ + 27,7% de K₂O) nas concentrações de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 mg. L⁻¹ foram incorporados ao meio BDA fundente e vertidos em

placas de Petri de 9 cm de diâmetro. Após a solidificação do meio de cultura, um disco de 5 mm de diâmetro de micélio com 7 dias de cultivo foi transferido para o centro das placas contendo os tratamentos. Foram adotados como testemunhas o meio de cultura BDA apenas e o meio BDA + imazalil (0,5 mL L⁻¹). As laterais das placas foram vedadas com filme plástico transparente, para evitar possíveis evaporações dos compostos e ressecamento do meio de cultura. As placas foram acondicionadas em câmara BOD a 25°C sob fotoperíodo de 12 horas. As avaliações foram realizadas por meio de medições diárias do diâmetro das colônias (média das duas medidas diametralmente opostas), iniciando-se 24 horas após a montagem do experimento, sempre no mesmo horário e finalizando quando o crescimento micelial da testemunha atingiu a borda da placa. Com os dados foi calculado o IVCm (Índice de Velocidade de Crescimento Micelial) expresso em mm/dia, utilizando-se a fórmula descrita por Araújo et al. (2008), $\sum IVCm = (D - Da) / N$, onde: D: Diâmetro médio atual; Da: Diâmetro médio anterior; N: número de dias após a repicagem.

Após o crescimento micelial da testemunha (ausência de fosfito) ter atingido toda a placa avaliou-se a produção de conídios. Para isto adicionou-se 50 mL de água destilada esterilizada em cada placa e utilizando-se a alça de Drigalski, procedeu-se à raspagem das colônias, para a liberação dos conídios. A suspensão de esporos foi filtrada em dupla camada de gaze esterilizada. Em seguida, retirou-se 500µL de cada suspensão e colocou-se em câmara de Newbauer onde se realizou a contagem do número de conídios com auxílio de microscópio óptico e contador de esporos.

Foi verificado também o efeito dos fosfitos sobre a germinação de conídios nas mesmas concentrações utilizadas anteriormente. Os tratamentos foram adicionados ao meio de cultura ágar-água fundente, em seguida o meio foi vertido em placas de Petri de 9 cm de diâmetro. Após a solidificação 1 mL da suspensão de conídios na concentração de $2,5 \times 10^5$ esporos/mL de *C. musae* foi colocado sobre o meio ágar-água e espalhado com o auxílio da alça de Drigalski. As placas foram levadas à câmara BOD a 25°C sob fotoperíodo de 12 horas, durante 15 horas. Em seguida foram levadas à geladeira para paralisação da germinação. A taxa de germinação foi determinada pela contagem de 100 esporos germinados do fungo. Considerou-se conídio germinado aquele que apresentou o comprimento do tubo germinativo maior ou igual ao diâmetro do conídio.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x4+2, sendo três fosfitos (FCu1, FCu2 e FK), quatro concentrações (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mL.L⁻¹) e as testemunhas (ausência de tratamento e o fungicida imazalil). Foram utilizadas quatro repetições por tratamento, cada repetição constituiu-se de uma placa de Petri. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As testemunhas foram comparadas aos demais tratamentos pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas empregando-se o software R (R CORE TEAM, 2016).

3.0 Resultados e discussão

Foi observada interação significativa ($p < 0,05$) entre as fontes de fosfito e as concentrações utilizadas para todas as características avaliadas. No entanto, como não houve ajuste de modelos de regressão as médias de IVCm, esporulação e germinação de conídios do *C. musae* foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e as testemunhas comparadas aos demais tratamentos pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Na tabela 1 observa-se que na concentração de 0,5 mL.L⁻¹ o menor IVCm foi promovido pelas fontes de fosfito FCu1 e FK. Nas concentrações de 1,0, 1,5 e 2,0 mL.L⁻¹, as fontes que promoveram maior redução no IVCm foram FCu1 e FCu2.

Tabela 01 - Índice de velocidade média de crescimento micelial (IVCM) de *Colletotrichum musae*, submetidos a diferentes fosfitos em diferentes concentrações.

Fontes de Fosfito	Concentrações			
	0.5 mL.L ⁻¹	1.0 mL.L ⁻¹	1.5 mL.L ⁻¹	2.0 mL.L ⁻¹
F Cu 1	0.75 aB	0.0 aA	0.0 aA	0.0 aA
F Cu 2	1.5 bB	0.0 aA	0.0 aA	0.0 aA
F K	Concentrações			
	0.5 mg.L ⁻¹	1.0 mg.L ⁻¹	1.5 mg.L ⁻¹	2.0 mg.L ⁻¹
F K	0.25 aA	0.75 bAB	1.0 bB	1.25 bB
Ausência de fosfito				3,23
Imazalil				0,0
CV (%)				72,73

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Esses resultados demonstram a eficiência dos fosfitos no controle do desenvolvimento de *C. musae*. Os resultados obtidos confirmam os dados das literaturas em que diferentes fontes de fosfito de cobre e de potássio apresentam capacidade de controlar diferentes fitopatógenos como: *Pythium*, *C. gloeosporioides*, *Monilinia fruticola* e *Colletotrichum tamarilloi* (Santos, Campos, Dallacosta & Mazaro 2018; Fontana et al., 2018; Ferraz et al., 2016; Rocha Sobrinho, 2016; Alexandre et al., 2014).

Fixando-se as fontes verifica-se que nos tratamentos utilizando FCu1 e FCu2 a partir da concentração de 1.0 mL.L⁻¹ mostraram-se tão eficientes quanto o fungicida imazalil apresentando 100 % de inibição do crescimento micelial do fungo (Tabela 1).

No tratamento utilizando o FK apenas a menor concentração apresentou efeito sobre *C. musae*. Entretanto Nojosa, Resende, Barguil & Moraes (2009) observaram efeito contrário uma vez que relatam em seus trabalhos que o fosfito de potássio inibe 62,26 %, o crescimento micelial de *Phoma costarricensis* Echandi em cafeeiro na maior concentração aplicada (10,00 mL.L⁻¹).

A inibição do desenvolvimento do patógeno pelos produtos à base de fosfitos possivelmente ocorre devido à ação direta do produto sobre o fungo, pela atuação no processo da fosforilação oxidativa como observado em oomicetos (MCGrath, 2004). A ação direta dos fosfitos sobre patógenos em condições *in vitro* pode ser verificada até mesmo em doses menores que a recomendada pelo fabricante. (Oliveira et al., 2016; Lopes, 2008).

Na comparação dos tratamentos pareados às testemunhas por meio de teste de Dunnett a 5% de probabilidade verifica-se que todas as fontes associadas a todas as concentrações reduziram o IVCM (Tabela 2).

Na comparação com o fungicida, verifica-se que FCu1 e FCu2 nas concentrações de 1,0 mL.L⁻¹, 1,5 mL.L⁻¹ e 2,0 mL.L⁻¹ não diferiram significativamente, o que demonstra que tais fontes associadas as referidas concentrações foram tão eficientes quanto o imazalil no controle do crescimento micelial do fungo.

Ao aumentar as concentrações dos fosfitos verificam-se melhores resultados como pode ser verificada em outros patossistemas (Lopes et al. 2017); Araújo, Stadnik, Borsato & Vadebenito-Sanhueza (2008), Araújo, Valdebenito-Sanhueza & Stadnik, (2010) Caixeta, Vieira & Canedo (2012).

Os fosfitos de cobre apresentam resultados diferentes de acordo com a espécie do fungo. Dantas et al. (2018) obtiveram controle do crescimento micelial de *Lasiodiplodia theobromae*, ao aplicar o fosfito de cobre na concentração de 2mL.L⁻¹, porém não foi obtido o mesmo controle ao aplicar em *Alternaria* sp., *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp.

Borin, Possenti, Rey, Bernardi & Mazaro (2017) constataram que o fosfito de cobre, demonstrou efeito positivo na redução de 52% a 76% e de 82% a 96% do crescimento radial dos isolados de *Fusarium verticillioides* e *F. graminearum*, respectivamente utilizando o fosfito de cobre ao se comparar com a testemunha.

Tabela 02 - Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), esporulação e germinação de *Colletotrichum musae*, submetidos a diferentes fosfitos em diferentes concentrações.

Tratamento		IVCM	Esporulação	Germinação (%)
Fontes de fosfito	Concentração			
FCu1	0.5	0.75 ^{XY}	41.50 ^{XY}	89.25 ^Y
	1.0	0.00 ^X	30.25 ^{XY}	39.50 ^{XY}
	1.5	0.00 ^X	0.00 ^X	3.25 ^X
	2.0	0.00 ^X	0.00 ^X	0.25 ^X
FCu2	0.5	1.50 ^{XY}	6.00 ^X	48.25 ^{XY}
	1.0	0.00 ^X	12.00 ^X	22.00 ^{XY}
	1.5	0.00 ^X	8.25 ^X	48.25 ^{XY}
	2.0	0.00 ^X	4.50 ^X	37.00 ^{XY}
FK	0.5	0.25 ^{XY}	10.00 ^X	96.50 ^Y
	1.0	0.75 ^{XY}	34.50 ^X	90.50 ^Y
	1.5	1.00 ^{XY}	46.25 ^{XY}	88.25 ^Y
	2.0	1.25 ^{X Y}	92.25 ^Y	91.00 ^Y
Ausência de fosfito		3.23	102.00	100.00
Imazalil		0.00	0.00	0.00

Médias de tratamentos seguidas da letra X e médias de tratamentos seguidas da letra Y diferem estatisticamente das testemunhas controle ausência de fosfito e imazalil, pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$) respectivamente.

O sucesso da aplicação dos fosfitos no controle do desenvolvimento do fungo ocorre devido a redução da respiração aeróbica, afetando a produção de ATP, a qual é a fonte de energia responsável pelo desenvolvimento do *C. musae* (Santos et al., 2018).

O FK não apresentou diferença significativa das concentrações testadas em relação a ambas testemunhas. Porém, existe variação na eficiência de controle com relação às doses de FK utilizados. No trabalho realizado por Oliveira et al. (2016), os autores verificaram que o fosfito de potássio na concentração de $3\mu\text{L.mL}^{-1}$ inibiu o crescimento micelial de *C. musae* em 91,8 % comparado a ausência de tratamento.

Os resultados obtidos por Spolti, Valdebenito-Sanhueza, Campos & Del Ponte (2015) discordam dos obtidos nesse experimento, os autores constataram que o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) apresentou relação de ordem quadrática inversa à concentração de fosfito de potássio no meio de cultura.

O efeito antiesporulante dos fosfitos em *C. musae* está representado na Tabela 3. Na concentração de $0,5\text{ mL.L}^{-1}$ as menores esporulações foram observadas ao se utilizar os FCu2 e FK. Na concentração de $1,0\text{ mL.L}^{-1}$ as três fontes de fosfito promoveram efeito semelhante. Nas concentrações de 1,5 e $2,0\text{ mL.L}^{-1}$ os FCu1 e FCu2 apresentaram maior redução na produção de conídios de *C. musae*.

Os esporos são unidades reprodutivas e infectivas dos fungos fitopatogênicos responsáveis por produzir propágulos que se disseminam e infectam a planta. Assim, quanto maior a inibição da formação de esporos, mais eficiente é o produto sendo essa característica muito importante no manejo do patógeno no campo (Caixeta et al., 2012; Simon, Schwan-Estrada, & Jardinetti 2016).

Tabela 03 - Produção de conídios de *Colletotrichum musae* submetidos a diferentes fontes de fosfito em diferentes concentrações.

Fontes de Fosfito	Concentrações			
	0.5 mL.L ⁻¹	1.0 mL.L ⁻¹	1.5 mL.L ⁻¹	2.0 mL.L ⁻¹
F Cu 1	41.50 bB	30.25 aAB	0.0 aA	0.0 aA
F Cu 2	6.00 aA	12.0 aA	8.25 aA	4.5 aA
F K	Concentrações			
	0.5 mg.L ⁻¹	1.0 mg.L ⁻¹	1.5 mg.L ⁻¹	2.0 mg.L ⁻¹
F K	10.0 aA	34.5 aAB	46.25 bB	92.25 bC
Ausência de fosfito	102.0			
Imazalil	0.0			
CV (%)	75.73			

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Médias de tratamentos seguidas da letra X e médias de tratamentos seguidas da letra Y diferem estatisticamente das testemunhas controle sem fosfito e Imazalil, pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$) respectivamente.

Na comparação dos tratamentos pareados às testemunhas verifica-se que apenas o tratamento utilizando FK na concentração de 1,5 e 2,0 mL.L⁻¹ não reduziu a esporulação (Tabela 2). Na comparação com o imazalil verifica-se que o FCu1 na concentração de 0,5 mL.L⁻¹ e FK nas concentrações de 1,5 e 2,0 mL.L⁻¹ diferiram deste tratamento, indicando que o fungicida foi mais efetivo no controle da produção de conídios do que esses tratamentos. Existem relatos de que alguns produtos podem servir de estímulo para o fungo reproduzir (Venturoso, Bacchi, & Gavassoni, 2011).

No FCu1, ao aumentar a concentração, verifica-se o controle de até 100% da esporulação, equiparando-se ao fungicida imazalil. Para o FCu2 verifica-se que desde a menor concentração aplicada não houve diferença significativa do imazalil, demonstrando que o FCu2 foi tão eficiente quanto o fungicida no controle dessa variável. É provável que a inibição da esporulação aconteça devido ao efeito fungistático que as concentrações mais elevadas do fosfito exercem sobre o crescimento micelial.

Para o tratamento FK constata-se que a maior redução na produção de conídios foi obtida nas menores concentrações. Provavelmente nessa formulação em altas concentrações ocorre um estímulo da esporulação uma vez que o fungo encontre maior dificuldade para se desenvolver. Tzortzakis & Economakis (2007) afirmam que a mudança do estado vegetativo para reprodutivo surge como uma estratégia de sobrevivência do microrganismo.

Simon et al. (2016), Caixeta et al. (2012), Lopes (2008); utilizando fontes similares de fosfito em diferentes fitopatógenos, verificaram redução na esporulação ao aplicar maiores concentrações do fosfito de potássio.

Para a germinação os resultados apresentados na Tabela 4 revelam que o FCu1 nas concentrações de 1,5 e 2,0 mL.L⁻¹ proporcionaram as maiores reduções da germinação de conídios de *C. musae*. Ao utilizar a formulação FCu2 a maior redução da germinação foi obtida na concentração de 1,0 mL.L⁻¹. O FK não apresentou diferença significativa entre as concentrações aplicadas. Verifica-se que apenas o FCu1 na concentração de 1,5 mL.L⁻¹ não diferiu da testemunha utilizando o fungicida, demonstrando a eficiência desse tratamento.

Fixando-se as concentrações utilizadas nos diferentes fosfitos é possível constatar que nas concentrações de 0,5 e 1,0 mL.L⁻¹ o FCu2 houve menores valores de conídios germinados. Na concentração de 1,5 e 2,0 mL.L⁻¹, o FCu1 promoveu maior redução na germinação dos conídios de *C. musae*.

Em todas as concentrações testadas no FCu2 foi observada diferença em relação ao tratamento controle sem utilização de fosfitos. Esse resultado demonstra a eficácia do FCu2 quando comparados à ausência de fosfito. Embora os resultados tenham sido superiores àqueles obtidos pela testemunha são considerados ainda insatisfatórios quando comparados ao controle químico.

Tabela 04 - Germinação de conídios de *Colletotrichum musae* sob diferentes fontes de fosfito em diferentes concentrações.

Fontes de Fosfito	Concentrações			
	0.5 mL.L ⁻¹	1.0 mL.L ⁻¹	1.5 mL.L ⁻¹	2.0 mL.L ⁻¹
F Cu 1	89.25 bC	39.5 bB	3.25 aA	0.25 aA
F Cu 2	48.25 aB	22.0 aA	48.25 bB	37.0 bB
F K	Concentrações			
	0.5 mg.L ⁻¹	1.0 mg.L ⁻¹	1.5 mg.L ⁻¹	2.0 mg.L ⁻¹
F K	96.5 bA	90.5 cA	88.25 cA	91.0 cA
Ausência de fosfito	100.0			
Imazalil	0.0			
CV (%)	13.15			

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Médias de tratamentos seguidas da letra X e médias de tratamentos seguidas da letra Y diferem estatisticamente das testemunhas controle sem fosfito e Imazalil, pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$) respectivamente.

FCu1 nas concentrações de 1,5 e 2,0 mL.L⁻¹ não diferiram estatisticamente do fungicida e apresentaram inibição de até 99,75%. (Tabela 2). Esse resultado demonstra que esses tratamentos apresentaram a mesma eficiência do fungicida no controle da germinação de *C. musae*. Ao se comparar com a testemunha- ausência de aplicação de fosfito constata-se que FK não diferiu significativamente em nenhuma das concentrações utilizadas, assim como o FCu1 na concentração de 0,5 mL.L⁻¹. Sendo essas formulações, nas concentrações testadas consideradas ineficientes no controle da germinação de *C. musae*.

Os fosfitos podem agir de forma direta inibindo a germinação do esporo fúngico, a penetração na planta, bloqueando o crescimento micelial e a produção de esporos. Indiretamente, estimulando o metabolismo envolvido na resistência induzida na planta, como na produção de lignina, fitoalexina e enzimas hidrolíticas (Brackmann, Giehl, Sestari, Weber, Pinto & Eisermann, 2008).

Diversos trabalhos utilizando fosfito de potássio relatam a eficiência no controle de fitopatógenos, sendo esses resultados diferentes aos obtidos nesse experimento. Testes realizados por Alexandre et al (2014) com fosfitos de K, Mg e Cu mostraram haver a inibição da germinação dos conídios de *C. gloeosporioides* mesmo em concentrações baixas (0,25; 0,5; 0,75 g.L⁻¹). Ribeiro Júnior et al. (2006) relatam que mesmo em doses reduzidas, o fosfito de potássio apresentou efeito tóxico na germinação de conídios de *Verticillium dahliae*. Essa tendência também foi verificada por Ogoshi et al. (2013), no controle na germinação de *C. gloeosporioides* de até 63,1 % com uso do fosfito de potássio na concentração de 10.0 mL.L⁻¹.

Os fosfitos têm demonstrado potencial de controle de fungos, tanto em condições *in vitro* como *in vivo*. Os resultados obtidos no trabalho possibilitam direcionar as pesquisas para o manejo alternativo de antracnose da banana com a utilização de produtos menos tóxicos.

4.0 Conclusões

Os fosfitos de cobre e potássio reduzem o crescimento micelial de *Colletotrichum musae*.

O FCu2 apresenta efeito semelhante ao fungicida a partir da concentração 0,5 mL.L⁻¹ no controle da produção de conídios de *C. musae*.

O FCu1 na concentração de 1,5 mL.L⁻¹ reduziu a germinação de *C. musae* como o fungicida.

Acknowledgments

The authors acknowledge the financial support from CAPES and FAPEMIG.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest related to this study.

5.0 Referências bibliográficas

AGROFIT. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 10/02/2019.

Alexandre, E. R.; Herculano, L. M.; Silva, da J. M. Oliveira, S. M. A. de. Fosfitos no manejo da antracnose do jiló. (2014). Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.49, n.12, p.930-938. DOI: 10.1590/S0100-204X201400120000.

Araújo, L.; Stadnik, M. J.; Borsato, L.; Vadebenito-Sanhueza, R. M. (2008). Fosfito de potássio e ulvana no controle da Macha foliar da gala em macieira. Tropical Plant Pathology, v.33, n.2, p.148-152.

Araújo, L.; Valdebenito-Sanhueza, R.M.; Stadnik, M.J. (2010). Avaliação de formulações de fosfito de potássio sobre *Colletotrichum gloeosporioides in vitro* e no controle pós-infeccional da mancha foliar de *Glomerella* em macieira. Tropical Plant Pathology, v. 35. N.1. 54-59.

Araújo, J. L.; Faquin, V.; Ávila, F. W.de & Pedroso, T. Q. (2013). Interação fosfito e fosfato no crescimento e na nutrição fosfatada do feijoeiro em solução nutritiva. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 37:482-490.

Bill, M.; Sivakumar, D.; Korsten, L., & Thompson, A. K. (2014). The efficacy of combined application of edible coatings and thymol oil in inducing resistance components in avocado (*Persea americana* Mill.) against anthracnose during post-harvest storage. *Crop Prot.*, 64, 159-167. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.06.015>.

Borin, R.C.; Possenti J. C.; Rey, M. dos S. R.; Bernardi, C.; Mazaro, S. M. (2017). Fosfitos associados a fungicidas para controle de doenças e sanidade de sementes de milho. Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science, Guarapuava-PR, v.10, n.1, p.83-92.(DOI): 10.5935/PAeT.V10.N1.09.

Brackmann, A.; Giehl, R.F.H.; Sestari, I.; Weber, A.; Pinto, J.A.V.; Eisermann, A.C. (2008). Controle de podridões em maçãs 'Fuji' Frigoconservadas com a aplicação de fosfitos e cloretos de benzalcônio em pré e pós-colheita. Revista da FZVA, Uruguaiana, v.15, n.2, 35-43.

Caixeta, A.O.; Vieira, B.S.; Canedo, E. J. (2012).Efeito do fosfito de potássio sobre fungos fitopatogênicos do feijoeiro. Revista do Centro Universitário de Patos de Minas. v.3.p.35-43.

Catão, H. C. R. M; Sales, N. L. de P.; Azevedo, D. M. Q.; Flávio, N. S. D. da S.; João Batista de Campos Menezes, J. B. de C.; Barbosa, L. V.; Martinez, R. A. S. (2013). Fungicides and alternative products in the mycelial growth and germination control of *Alternaria tomatophila*. IDESIA (Chile) Volumen 31, No 3, Septiembre-October.

Coelho, A. F. S.; Dias, M. S. de C.; Rodrigues, M. L. M.; & Leal, P. A. M. (2010). Controle Pós-Colheita da antracnose da banana 'Prata Anã' tratada com fungicidas e mantida sob refrigeração. Ciência e Agrotecnologia, 34(4), 1004-1008. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000400029>.

Cruz, M. J. da S.; Clemente, E.; Cruz, M. E. da S.; Mora, F.; Cossaro, L.; & Pelisson, N. (2010). Efeito dos compostos naturais bioativos na conservação pós-colheita de frutos de manga cv. Tommy Atkins. Ciência e Agrotecnologia, 34(2), 428-433. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000200022>.

Cunha Junior, L. C., Jacomino, A. P., Trevisan, M. J., Scarpere Filho, J. A. Altas concentrações de oxigênio favorecem a conservação de morango 'Oso grande'. (2011). Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 4, p. 1074-1083, Dezembro.

Dantas, A. M. de M.; Nascimento, S. R. de C.; Cruz, B. L. S. da; Silva, F. H. A. da, Ambrósio, M. M. de Q.; Senhor, R. F. Alternative control of post-harvest diseases in Tainung 1 papaya. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 48, n. 1, p. 29-35, Jan./Mar. 2018. (<http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632018v4850938>).

- Ferraz, D. M. M.; Blum, L. E. B.; Barreto, M. L. A.; Uesugi, C. H. Peixoto, J. R. & Cruz, A. F. (2016). Fosfito no controle da antracnose e qualidade pós-colheita de goiaba em cultivo convencional e orgânico. *Revista de Agricultura* v.91, n.3, p. 249 – 264.
- Fontana, D. C.; Kulczynski, S. M.; Trevisan, R.; Pinheiro, M. V. M.; Diel, M. I. & Pinheiro, M. O (2018). Manejo de controle de patógenos durante o desenvolvimento e na pós-colheita de frutos de pessegueiro. *Cultura Agronômica, Ilha Solteira*, v.27, n.1, p.124-140.
- Hirosse, E. H.; Creste, J. E.; Custódio, C. C. & Machado-Neto, N. B. In vitro growth of sweet potato fed with potassium phosphite. *Acta Scientiarum. Agronomy Maringá*, v. 34, n. 1, p. 85-91, Jan.-Mar., 2012. Doi: 10.4025/actasciagr.v34i1.10810.
- Lopes, L. F. Efeitos de aplicações pós-colheita de fosfitos, ácido acetilsalicílico e 1-metilciclopropeno sobre a antracnose do mamoeiro. 2008. 82 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.
- Lopes, L. F.; Cruz, A. F.; Barreto, M. L. A.; Vasconcelos, T. M. M. & Blum, L. E. B. (2018). Post-harvest treatment with Ca-phosphite reduces anthracnose without altering papaya fruit quality, *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 93:3, 272-278. DOI: 10.1080/14620316.2017.1361342.
- MCGrath, M.T. What are fungicides? The Plant Health Instructor. Disponível em: <<https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/Fungicides.aspx>> Acesso em Julho 2018.
- Negreiros, R. J. Z.; Salomão, L. C. C.; Pereira, O. L.; Cecon, P. R.; Siqueira, D. L. (2013). Controle da antracnose na pós-colheita de bananas 'Prata' com produtos alternativos aos agrotóxicos convencionais. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP*, v. 35, n. 1, p. 051-058. Março.
- Nojosa, G.B.A.; Resende, M.L.V., Barguil, B.M.; Moraes, S.R.G.; Vilas Boas, C.H. (2009). Effect of resistance inducers on coffee against *Phoma* leaf spot. *Summa Phytopathologica*. Botucatu. v.35, n.1, p.60-62.
- Ogoshi, C.; Abreu, M.S. de; Silva, B.M. da; Santos Neto, H.; Ribeiro Júnior, P.M.; Resende, M.L.V. de. (2013). Potassium phosphite: a promising product in the management of diseases caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in coffee plants. *Bioscience Journal*, v.29, p.1558 1565.
- Oliveira, E.S.; Viana, F.M.P.; Martins, M.V.V. (2016). Alternativas a fungicidas sintéticos no controle da antracnose da banana. *Summa Phytopathologica*, v.42, n.4, p.340-350.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <https://www.Rproject.org/>. (Acesso em 22/11/2018)
- Reis, E.M.; Casa, R.T.; Bianchin, V. (2011). Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. *Summa Phytopathologica*, v.37, n.3, p.85-91.
- Ribeiro Júnior, K. P. M.; Resende, M. L. V.; Pereira, R. B.; Cavalcanti, R. S.; Amaral, D. R.; Pádua, M. A. (2006). Effect of potassium phosphite on the induction of resistance in cocoa seedlings (*Theobroma cacao* L.) against *Verticillium dahliae*. *Ciência Agrotecnologia, Lavras*, v. 30, n. 4, p. 629-636, jul/ago.
- Rocha Sobrinho, G.G.; Rodrigues, G.B.; Santos, A.; Jesus Junior, W.C.; Novaes, Q.S.(2016). Efeito de fosfito de potássio no crescimento e na densidade micelial do *Fusarium solani* do maracujazeiro. *Summa Phytopathologica*, v.42, n.2, p.180-182. Doi:10.1590/0100-5405/2139.
- Rodrigues, M. L. M.; Mizobutsi, E. H.; Nacarath, I. R. F. F; Fernandes, M. B.; Mizobutsi, G. P.; Ribeiro, R. C. F.; Pinheiro, J. M. da S., Prates, P. J. L. & Lage, G. G. A. (2018). Essential Oils in the Control of Anthracnose on 'Prata Ana' Banana. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 10, No. 9; p116. <https://doi.org/10.5539/jas.v10>.
- Roma, R. C. C. Fosfito de potássio no controle de doenças pós-colheita em bagas de uva 'Itália' e possíveis mecanismos de ação à *Rhizopus stolonifer*. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 118 p. 2013.
- Santos, S. L. dos; Campos ,T. de; Dallacosta, N. L; Mazaro, S. M. (2018). Potencial de produtos à base de fosfitos no controle de *Pythium* sp. em condições in vitro. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, Guarapuava-PR*, v.11, n.1, p.105-110, jan-abr. DOI: 10.5935/PAeT.V11.N1.13.

Simon; J.M.; Schwan-Estrada, K.R.F.; Jardinetti, V.A.; Oliva, L.S.C.; Silva, J.B.; Scarabeli, I.G.R. (2016). Atividade fungitóxica de extratos vegetais e produtos comerciais contra *Diplocarpon rosae*. *Summa Phytopathologica*, v.42, n.4, p.351-356.

Spolti, P.; Valdebenito-Sanhueza, R. M.; Campos, A. D.; Del Ponte, E. M. (2015). Modo de ação de fosfitos de potássio no controle da podridão olho de boi em maçã. *Summa Phytopathologica*, v.41, n.1, p.42-48.

Töfoli J.G.; Mello, S.C.; Domingues R.J. ; Garcia Junior, O. (2012). Efeito do fosfito de potássio isolado e em mistura com fungicidas no controle da requeima do tomateiro. *Arquivos Instituto Biológico, São Paulo*, v.79, n.9, p. 201-208, abr./jun.

Tzortzakis, N. G.; Economakis, C. D. (2007). Antifungal activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus* L.) essential oil against key postharvest pathogens. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8 253–258.. DOI: 10.1016/j.ifset.2007.01.002.

Venturoso, L.R.; Bacchi, L.M.A. & Gavassoni, W.L. (2011). Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. *Summa Phytopathologica*, v.37, n.1, p.18-23.

Vilaplana, R.; Pazmiño, L.; Valencia-Chamorro, S. (2018). Control of anthracnose, caused by *Colletotrichum musae*, on postharvest organic banana by thyme oil. *Postharvest Biology and Technology* 138. 56–63 <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.12.008>

CAPÍTULO 2
CONTROLE DA ANTRACNOSE E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE
BANANA SUBMETIDA A FORMULAÇÕES DE FOSFITO APLICADAS NA PRÉ-
COLHEITA

(Artigo formatado de acordo normas da revista Journal of Agricultural Science)

CONTROLE DA ANTRACNOSE E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE BANANA SUBMETIDA A FORMULAÇÕES DE FOSFITO APLICADAS NA PRÉ-COLHEITA

Resumo - O objetivo do trabalho foi avaliar a intensidade de antracnose em banana 'Prata anã' com aplicação de três formulações de fosfito em dois intervalos de aplicação nos cachos da bananeira em desenvolvimento e avaliar as características físicas e químicas dos frutos. No campo, em adição ao manejo do produtor, foram avaliadas três formulações de fosfito: FCu1 (4% de Cu + 20% de P₂O₅), FCu2 (4% de Cu + 22% de P₂O₅) e FK (42 % de P₂O₅ + 27,7% de K₂O) pulverizados nos cachos da bananeira em diferentes frequências de aplicação: quatro e oito. Foram adotadas como testemunha água pura e ausência de aplicação. O experimento foi conduzido em blocos casualizados seguindo esquema fatorial 5 x 2 sendo 3 formulações de fosfito, água pura e sem aplicação e dois intervalos de aplicação. Os frutos foram colhidos, armazenados em câmara de refrigeração (25 ±1°C e 80 ±5% UR) e avaliados quanto à incidência e a severidade da antracnose bem como as características físicas e químicas. O FCu2 controlou a incidência da antracnose em até 38% e a severidade em 49,5 %. As frequências de aplicação dos fosfitos não interferem na intensidade da antracnose. A aplicação de fosfitos nos cachos de banana 'Prata anã' aumenta a perda de massa fresca. Para as demais características químicas e físicas, não houve diferença entre as formulações de fosfito e o número de aplicações.

Palavras-chave: *Colletotrichum musae*, severidade, *Musa* spp., fosfitos, tratamento.

Abstract - The objective of this work was to evaluate the anthracnose intensity in banana 'Prata anã' with application of three formulations of phosphite in two application intervals in bunches of the developing banana tree and to evaluate the physical and chemical characteristics of the fruits. In the field, in addition to the producer management, three phosphite formulations were evaluated: FCu1 (4% Cu + 20% P₂O₅), FCu2 (4% Cu + 22% P₂O₅) and FK (42% P₂O₅ + 27.7% K₂O) sprayed on banana curls at different application frequencies: four and eight. Pure water and no application were used as controls. The experiment was conducted in a randomized complete block design using a 5 x 2 factorial design, with three formulations of phosphite, pure water and no application and two application intervals. The fruits were collected, stored in a refrigeration chamber (25 ± 1 ° C and 80 ± 5% RH) and evaluated for incidence and severity of anthracnose as well as physical and chemical characteristics. FCu2 controlled the incidence of anthracnose by up to 38% and severity by 49.5%. Frequencies of application of phosphites do not interfere with the intensity of anthracnose. The application of phosphites in banana 'Banana' bananas increases the loss of fresh pasta. For the other chemical and physical characteristics, there was no difference between the phosphite formulations and the number of applications.

Keywords: *Colletotrichum musae*, severity, *Musa* spp., phosphites, treatment.

1.0 Introdução

Dentre as frutas produzidas no Brasil a banana (*Musa* spp.) ocupa lugar expressivo, sendo o país o quarto maior produtor mundial da fruta, produzindo 6.764.324 toneladas numa área cultivada de 469.711 mil hectares (FAO, 2018). No Brasil em 2018, os estados de São Paulo, Bahia, Minas Gerais e Santa Catarina foram os maiores produtores do País. Minas Gerais produziu nesse ano aproximadamente 11,8% da produção nacional da fruta (IBGE, 2018). Embora o Brasil esteja bem colocado entre os países produtores da fruta, a cadeia produtiva de banana apresenta elevado índice de perdas pós-colheita, o que limita a sua comercialização sob a forma "in natura" (Sousa, Feitosa &

Figueiredo, 2018). As perdas qualitativas e quantitativas correspondem a cerca de 20% entre a colheita, armazenamento, distribuição e venda (Vieira, 2016).

As perdas de frutas e hortaliças representam um custo alto ao setor varejista, girando em torno de 600 milhões de reais por ano, sendo que 86% das perdas de frutas e hortaliças ocorrem durante a exposição do produto para a venda, outros 9% acontecem no transporte e 5%, no armazenamento (Melo et al., 2013). Neste contexto, problemas fitossanitários constituem a maior ameaça para a cultura, tendo em vista a utilização generalizada das cultivares Prata e Maçã, suscetíveis à diversas doenças (Ledo, Silva Júnior, Ledo, Silva, 2008).

Várias podridões podem ocorrer na pós-colheita, porém o maior destaque é dado à antracnose, causada por *Colletotrichum musae* (Berk. & M.A. Curtis) Arx 1957. Os frutos infectados pelo fungo tornam-se pouco apresentáveis e inadequados à comercialização, uma vez que ocorre formação de lesões escuras e deprimidas na casca da banana, sobre as quais em condições de alta umidade, aparecem frutificações do fungo (Garcia & Costa, 2000).

O controle da antracnose em banana é um componente essencial da qualidade dos frutos após a colheita (Sagoua, Ducamp, Loiseau & Bellaire, 2011). O uso de fungicidas é o principal método de controle da antracnose em banana, porém devido à crescente demanda dos consumidores por frutos produzidos dentro de um manejo que se preocupe com o meio ambiente, a saúde dos aplicadores e consumidores, torna-se necessário buscar alternativas ao uso de fungicidas para o controle dos fitopatógenos. Dentre vários métodos de controle, o uso de fosfitos tem sido estudado por vários pesquisadores (Oliveira, Viana e Martins 2016; Dutra, Blum, Lopes & Cruz, 2018; Fontana et al., 2018). Isso se deve ao fato desses produtos além de possuírem efeito sobre as doenças, possuem também elevada porcentagem de fósforo em suas formulações, o que permite melhorar a nutrição, o crescimento e desenvolvimento das plantas (Brackmann et al., 2008).

Os fosfitos podem agir de forma direta, inibindo a germinação do esporo fúngico, a penetração na planta, inibindo o crescimento micelial e a esporulação. Indiretamente estimulam metabolismo envolvido na resistência induzida na planta, na produção de lignina, fitoalexina e enzimas hidrolíticas (Brackmann et al., 2008).

Os fosfitos demonstram ser eficientes no controle de doenças em vários patossistemas, tais como ferrugem e míldio da videira, ferrugem e oídio do trigo e eucalipto, míldio da soja, antracnose em goiabas e podridão em maçãs e pêssegos (Sônego & Garrido, (2005); Sautter, Storck, Rizzati, Mallmann & Brackmann, (2011); Pereira et al., (2010); Gomes, Demartelaere, Nascimento, Maciel & Wanderley (2016); Santos, Campos, Dallacosta & Mazaro, (2018); Silva, Resende, Souza, Pôssa & Silva Júnior, (2016).

Diante de várias evidências do potencial do uso de fosfitos no controle de doenças, o objetivo do trabalho foi avaliar formulações de fosfito associadas a diferentes intervalos de aplicação em pré-colheita sobre o desenvolvimento da antracnose em banana 'Prata anã' e o seu efeito nas características físicas e químicas dos frutos.

2.0 Material e métodos

O experimento foi conduzido em um plantio comercial de bananeiras 'Prata anã', com cinco anos de cultivo, no município de Nova Porteirinha - Minas Gerais. A propriedade está localizada a 15°41'21,4" de latitude sul e 43°16'23,3" de longitude oeste, com altitude média de 500 m. A precipitação pluvial média anual é de 800 mm, e o clima, baseado na classificação internacional de Köppen, do tipo Aw (tropical de savana) (ANTUNES, 1986).

As plantas utilizadas foram selecionadas após a emissão da segunda penca nos cachos. Os tratamentos consistiram de: FCu1 (4% de Cu + 20% de P₂O₅) – 1,5 mL.L⁻¹ de água, FCu2 (4% de Cu + 22% de P₂O₅) – 1,5 mL.L⁻¹ de água, FK (42 % de P₂O₅ + 27,7% de K₂O) – 1,5 gramas. L⁻¹ de água, água pura e ausência de aplicação.

Para o preparo das soluções foram feitas as diluições dos fosfitos em água e posteriormente colocados em um pulverizador manual costal, com capacidade para 20 litros, marca Jacto – XP20. As soluções foram pulverizadas sobre os cachos e as testemunhas foram pulverizadas somente com água pura e sem aplicação de tratamentos.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados seguindo esquema fatorial 5 x 2 sendo 3 formulações de fosfito: FCu1, Fcu2, FK, água pura e sem aplicação e duas frequências de aplicação. Os cachos que receberam 4 aplicações, o intervalo de aplicação foi de 15 em 15 dias e àqueles que receberam 8 aplicações, o intervalo foi de 30 em 30 dias. Foram utilizadas três repetições com duas plantas úteis por parcela.

Os cachos foram colhidos obedecendo aos critérios recomendados pelas normas do Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada (2006) para frutos da bananeira do subgrupo prata, cujo padrão de colheita é de 32 mm de diâmetro nos frutos da segunda penca para categoria de frutos de primeira.

Após a colheita foram selecionadas a segunda e a terceira penca de cada cacho das plantas e foram acondicionadas em caixas plásticas e transportadas até o laboratório de Patologia Pós-colheita da Unimontes. As pencas foram subdivididas em buques de 3 frutos cada, lavados em solução de detergente neutro (3 mL.L⁻¹) em seguida enxaguados e colocados sobre a bancada para secar.

Após a secagem, metade dos frutos foi inoculados com esporos de *C. musae* e a outra parte permaneceu sem a inoculação. Para realizar inoculação, a epiderme dos frutos foi perfurada utilizando uma agulha de 5 mm x 0,23mm. A seguir foi retirado o látex com o auxílio de algodão e na sequência, 5 µL da suspensão de esporos na concentração de 2,5 10⁵ esporos.mL⁻¹ foi depositada sobre a parte perfurada.

Os frutos que foram inoculados e os não inoculados foram identificados de acordo com o tratamento recebido no campo. Posteriormente foram armazenados em câmara refrigerada em temperatura de 25°C ± 1°C e umidade relativa de 85% por 12 dias.

A intensidade de antracnose nos frutos foi avaliada pela incidência e severidade. A incidência foi obtida pelo número de frutos doentes por repetição, sendo estes valores expresso em porcentagem por tratamento. Para a severidade utilizou-se a escala diagramática desenvolvida por Moraes et al. (2008) com severidade da doença variando de 0,5 a 64%. Os resultados foram usados para calcular a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) de acordo com a fórmula desenvolvida por Shaner & Finney (1977). As avaliações foram realizadas a cada três dias durante 12 dias. Após esse período, os frutos foram retirados da câmara refrigerada e submetidas às análises físicas e químicas. Foram realizadas as seguintes análises:

Perda de massa fresca: Cada buquê foi pesado em balança eletrônica GEHAKA, modelo BK6000, com capacidade para 6100g e precisão de 0,01g, no dia do armazenamento e após a retirada dos frutos da câmara frigorífica. A perda de massa fresca foi determinada pela diferença entre o peso inicial do buquê e o peso obtido do mesmo buquê após 12 dias de armazenamento. Os resultados foram expressos em %.

Sólidos solúveis (SS): A quantificação dos sólidos solúveis (SS) foi realizada após triturar a polpa pura em Mixer. Da polpa, foi retirada uma alíquota para leitura direta em refratômetro de bancada digital da marca Reichert (AR200), com compensação automática de temperatura. Após a leitura, o refratômetro forneceu os resultados em °brix, que corresponde a gramas de sacarose para 100 g de solução e pode ser, de modo geral, usado como gramas de sólidos solúveis por 100g de solução (CARVALHO *et al.*, 1990).

pH: A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada segundo a metodologia da Association of Official Analytical Chemistry – AOAC (1992). Pesaram-se 10g de amostra, que foi diluída em 90 mL de água destilada e homogeneizada em mixer. O pH foi medido por meio de um peagâmetro digital, calibrado com solução-tampão pH igual a 7 e solução-tampão pH igual a 4.

Acidez titulável (AT): A acidez titulável foi determinada por titulação volumétrica com solução de NaOH 0,1N pela metodologia da Association of Official Analytical Chemistry (AOAC, 1992). Foram pesados 10 g da polpa e diluídos em 90 mL de água destilada, homogeneizada com auxílio de um mini processador e adicionadas 3 gotas de fenolftaleína 1%, utilizada como indicador. A titulação com hidróxido de sódio foi realizada com agitação constante, até obter uma coloração rósea por 30 segundos no titulado. Os resultados foram expressos em g de ác. málico por 100g de polpa⁻¹.

Firmeza do fruto: A firmeza do fruto foi determinada com um penetrômetro de bancada analógico de frutas marca Brookfield, modelo CT3 10K. Foi mensurada pela força de penetração necessária para que uma ponteira de 4 mm de diâmetro penetre na região equatorial do fruto com casca, em uma profundidade de 8 mm. Os resultados foram expressos em Newton (N).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e por meio do teste F, verificada a significância das interações entre os fatores testados, com posterior desdobramento para os resultados significativos. Para as variáveis foram aplicados modelos mistos uma vez que nos dados existem fatores de efeitos. Para os tratamentos foi utilizado o teste de Tukey 5% e para as diferentes frequências de aplicação utilizou-se o teste de t de Student. No processamento da análise dos dados utilizou-se o *software* SISVAR (FERREIRA, 2008).

3.0 Resultados e discussão

A Área Abaixo da Curva do Progresso da Incidência da Antracnose (AACPI) não foi influenciada pela interação entre os fatores frequência de aplicação e formulações de fosfitos tanto para os frutos inoculados quanto para os não inoculados. Para ambos se verificou significância do efeito isolado das formulações de fosfito. Na Tabela 01 observam-se os resultados obtidos para os frutos não inoculados e inoculados.

Tabela 01 - Área abaixo da curva do progresso da incidência (AACPI) da antracnose em banana 'Prata anã' não inoculadas e não inoculadas com esporos de *Colletotrichum musae* e submetidas a diferentes fontes de fosfitos em diferentes frequências de aplicação.

Tratamentos	AACPI	
	Não inoculados	Inoculados
FCu1	250,00 a	297,50 a
FCu2	225,00 a	256,25 a
FK	355,00 b	377,30 b
Água	377,00 b	413,80 b
Testemunha	380,00 b	408,20 b
CV (%)	25,72	20,36

Médias seguidas por letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A incidência de frutos com infecções quiescentes de antracnose detectadas após a aplicação dos FCu1 e FCu2 foram reduzidas em até 34% e 41 % respectivamente para os frutos não inoculados e 38% e 28% para os inoculados .

Ao avaliar a incidência de antracnose em bananas tratadas com FK, os resultados obtidos não diferiram estatisticamente da testemunha. A utilização do FK no controle de doenças pós-colheita tem maior efeito sobre a severidade, sendo pouco eficientes na redução da incidência. Trabalho realizado como de Fischer, Palharini, Fileti, Nogueira Júnior & Parisi (2016) demonstra esse comportamento. Esses autores observaram 95,2% de incidência de antracnose em goiabas após oito dias de armazenamento com a utilização de FK.

Chitarra & Chitarra (2005) relatam que o K pode atuar em processos enzimáticos e na preservação da integridade o que poderão contribuir para formação de frutos mais resistentes a podridões. Entretanto esse fenômeno não foi verificado no patossistema *Colletotrichum musae* x frutos de bananeira 'Prata anã'.

O fosfito de potássio é um produto frequentemente utilizado no manejo de doenças de plantas inclusive em espécies arbóreas, sendo indicado no controle de oomycetos como *Pythium* spp. e *Phytophthora* spp. e de fungos causadores de podridões do colo, raiz, tronco e frutos (Mc Donald et al., 2001).

Para a AACPS da antracnose verificou-se significância apenas para o fator isolado formulação de fosfito tanto para os frutos não inoculados quanto para os inoculados (Tabela 03). O FCu2 foi a fonte de fosfito que promoveu maior redução da severidade da doença, inibindo em 46% e 49,5% a AACPS nos frutos não inoculados e inoculados respectivamente (Figura 01).

Tabela 03 - Área abaixo da curva do progresso da severidade (AACPS) da antracnose em banana 'Prata anã' inoculadas e não inoculadas com esporos de *C. musae* e submetidos a diferentes fontes de fosfitos em diferentes frequências de aplicação.

Tratamentos	AACPS	
	Não inoculada	Inoculada
FCu1	93,0 ab	137,0 ab
FCu2	74,0 a	96,33 a
FK	127,3 bc	170,0 bc
Água	137,3 c	184,83 c
Testemunha	137,0 c	191,0 c
CV (%)	34,33	30,42

Médias seguidas por letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A redução da severidade de antracnose nos frutos tratados com fosfito de cobre ocorreu devido a ação direta do cobre sobre o patógeno. O elemento (Cu) compõe muitos fungicidas e caldas utilizados no manejo integrado de doenças. De acordo com Matiello e Almeida (2006), fungicidas à base de cobre, além da boa eficiência, apresentam efeitos tônico-nutricionais, maior retenção foliar, aumento da produtividade e melhoria na qualidade final dos frutos.

O efeito benéfico da utilização do fosfito de cobre no controle de doenças tem sido observado em vários outros patossistemas. O resultado encontrado no presente trabalho vem confirmar os dados existentes na literatura. Melo et al. (2016) obtiveram a redução da incidência de *Fusarium guttiforme* em abacaxizeiro com aplicação de fosfito de cobre. Formulação semelhante foi avaliada em mamão por Dantas et al. (2018) no desenvolvimento de *Alternaria* sp., *C. gloeosporioides*, *Fusarium* sp., *Geotrichum* sp. e *Lasioidiplodia theobromae*; os autores verificaram a inibição do fungo durante 28 dias de armazenamento.

Não existem evidências de que as plantas se beneficiem do fosfito como fonte de fósforo. No entanto, alguns pesquisadores defendem a ideia de que os elementos que acompanham essa molécula nos produtos à base de fosfitos, como zinco (fosfito de zinco) poderiam atuar na nutrição, fornecendo esse elemento à planta (Dalio et al., 2012) que poderiam agir diretamente sobre o patógeno (Silva et al., 2016). Além disso, os micronutrientes funcionam como cofatores das enzimas envolvidas na síntese de compostos fenólicos (Silva et al., 2008).

A aplicação do FK proporcionou resultados estatisticamente semelhantes aos obtidos pela testemunha. A baixa eficiência do fosfito de potássio foi encontrada também por Ferraz et al. (2016) que verificaram que o fosfito de potássio apresentou menor controle da antracnose em goiaba ao se comparar com os fosfitos de Zn e Mg. De acordo

com Lopes, Cruz, Barreto, Vasconcelos & Blum (2017), o fosfito de potássio não tem efeito no controle da antracnose em mamão.

Os resultados encontrados na literatura sobre a utilização de fosfito de potássio no controle de doenças de plantas têm sido muito contraditórios. Oliveira et al. (2016) afirmaram que o fosfito de potássio inibiu 28% da antracnose em frutos de bananeira 'Prata anã', porém esse resultado é muito inferior à ação do fungicida. Dutra et al. (2018) constataram que diferentes fontes de fosfito de potássio foram efetivas na redução da severidade da antracnose em maracujá amarelo inoculados com *C. gloeosporioides*. Alexandre, Herculano, Silva & Oliveira (2014) constataram redução de 36,28% na incidência da antracnose em frutos de jiló inoculados com esporos de *C. tamarilloi* tratados com fosfito de potássio.

Na composição dos fosfitos a concentração de P_2O_5 também pode influenciar na atividade fungitóxica e fungistática dos produtos. Pereira et al. (2012) obtiveram redução na severidade do míldio em uvas 'Merlot' ao aplicar doses de fosfitos com maiores concentrações de P_2O_5 ($2,1 \text{ g L}^{-1}$ de P_2O_5). Entretanto no presente experimento o resultado obtido foi contrário ao encontrado por esses autores. O FCu2 apresenta 22% de P_2O_5 em sua composição, enquanto o FK apresenta 42% de P_2O_5 e a redução no desenvolvimento da antracnose foi superior pela aplicação do FCu2 ao se comparar com o FK.



Figura 01 - Banana 'Prata anã' submetida aos tratamentos: A- testemunha; B- FK: $1,5 \text{ mg. L}^{-1}$ C- FCu1: $1,5 \text{ mL L}^{-1}$; D- FCu2: $1,5 \text{ mL L}^{-1}$.

Características físicas e químicas

Ao analisar a perda de massa fresca dos frutos verificou-se a inexistência de interação entre os fatores concentrações e formulações de fosfito, nos frutos inoculados e não inoculados. Para ambos houve apenas efeito isolado das fontes de fosfito (Tabelas 5 e 6) ou frequência de aplicação (Tabela 7 e 8).

Tabela 05 - Perda de massa fresca (% PMF) de banana 'Prata anã' não inoculadas e inoculadas com esporos de *Colletotrichum musae* e submetidos a diferentes frequências de aplicação de FCu2.

Fonte de fosfito	PMF	
	Inoculadas	Não inoculadas
FCu1	7,3 b	7,01 b
FCu2	6,39 ab	6,23 ab
FK	6,5 ab	6,14 ab
Água	4,93 a	4,84 a
Testemunha	5,53 a	5,28 a
CV (%)	32,01	31,02

Médias seguidas por letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 06 - Perda de massa fresca (%) de banana 'Prata anã' não inoculadas e inoculadas com esporos de *Colletotrichum musae* e submetidos a diferentes frequências números de aplicação de fosfitos.

Número de aplicações	PMF	
	Inoculadas	Não inoculadas
4	5,34 a	5,50 a
8	6,47 b	6,75 b
CV (%)	31,02	32,01

Médias seguidas por letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de t a 5% de probabilidade.

As menores perdas de peso foram obtidas pelos tratamentos em que se aplicou somente água nos cachos e a testemunha. Esse resultado deve-se ao fato de que os fosfitos são sais e dessa forma podem atuar desidratando os frutos o que irá influenciar diretamente na PMF. Os tratamentos utilizando o FCu2 e FK não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos. A perda de massa fresca dos frutos está associada principalmente à perda de água ocasionada tanto pela transpiração como pela respiração das frutas, sendo esta perda superior quando as frutas são armazenadas em altas temperaturas e/ou baixa umidade relativa (Botrel et al., 2001). Essa perda de massa também é acentuada quanto maior o grau de amadurecimento da fruta, chegando a níveis demasiados na senescência da fruta, quando esta não se apresenta mais apta à comercialização. As análises físicas e químicas dos frutos no presente experimento foram realizadas no estágio 6 e 7 de maturação, em que os frutos apresentavam o máximo amadurecimento.

Esses resultados se assemelham aos obtidos por Araújo (2017) em experimento com goiaba, os autores verificaram que a menor PMF foi obtido na testemunha em relação aos frutos tratados com fosfito de Ca e K.

Os resultados obtidos para os frutos inoculados se assemelham aos não inoculados, tanto no efeito das fontes de fosfito como na frequência de aplicação. De acordo com o resultado da tabela 06 é possível afirmar que tanto nos frutos não inoculados quanto nos inoculados submetidos à aplicação dos fosfitos na frequência de 15 dias apresentou menor PMF. Os frutos submetidos à essa frequência de aplicação receberam o dobro de fosfitos ao final do experimento, dessa forma é possível que o fosfito tenha reduzido a velocidade da transpiração do fruto reduzindo a PMF.

Para os sólidos solúveis foi verificada significância apenas para a frequência de aplicação dos produtos (Tabela 07). É possível constatar que na frequência de 15 em 15 dias o teor de SS foi menor, mostrando que a “doçura” do fruto é menor ao se comparar com frutos aplicados de 30 em 30 dias. Alguns autores trabalhando com diferentes frutos relatam que o teor de SS não sofre alteração pela aplicação de fosfitos (Fisher, 2016, Lopes et al., 2017; Dambros et al. 2017).

Tabela 07 - Sólidos solúveis de banana ‘Prata anã’ não inoculados com esporos de *Colletotrichum musae* e submetidos a diferentes frequências de aplicação de fosfitos.

Frequência de aplicação	SS
4	24,31 b
8	24,69 a
CV (%)	3,04

Médias seguidas por letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de t, a 5% de probabilidade.

A banana é um fruto que apresenta alto teor de amido quando verde e, na medida em que amadurece, o amido é quebrado em açúcares para ser utilizado na respiração do fruto, elevando o teor de sólidos solúveis (Pimentel, Guimarães, Santos & Resende, 2010).

O atributo sólido solúvel é de grande importância tanto para o consumo *in natura* quanto para a indústria de alimentos. Segundo Paiva, Manica, Fioravanco & Kist (1997), valores elevados de sólidos solúveis na matéria-prima implicam menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, menor gasto de energia e maior rendimento do produto, resultando em maior economia no processamento. Os teores de sólidos solúveis são também importantes na determinação da qualidade da fruta, como indicador do teor de açúcares juntamente com ácidos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas (Stover & Simmonds, 1987; Lobo, Gonzales, Peña, Marrero, 2005).

Para as variáveis pH e acidez titulável (AT) em frutos não inoculados não se verificou interação entre os fatores testados. Foi verificada significância apenas para as frequências de aplicações dos produtos (Tabelas 8 e 9 respectivamente). Observa-se que nos cachos submetidos à aplicação de 15 dias o pH se manteve um pouco mais elevado do que os submetidos a aplicação de 30 dias (Tabela 8). Consequentemente a menor AT foi obtida pela aplicação nos cachos de 15 em 15 dias (Tabela 9).

Durante o amadurecimento da banana o pH do fruto diminui devido às transformações químicas que ocorrem, sendo observado por outros autores em frutos maduros valores de 4,2 a 5,0 variando com o tratamento utilizado (Siqueira, Almeida, Serpa, Batista, Mizobutsi (2017); Siqueira et al, (2010); Siqueira et al, (2017). A acidez titulável tende a aumentar, provavelmente porque os ácidos orgânicos acumulados começam a ser utilizados na respiração, o que diminui a acidez e eleva o pH (Pinheiro, 2018). Observa-se que o comportamento do pH e acidez titulável em banana é inversamente proporcional.

Tabela 8- pH de banana ‘Prata anã’ não inoculados com esporos de *Colletotrichum musae* e submetidos a diferentes frequências de aplicação de fosfitos.

Frequência de aplicação	pH
4	4,81 a
8	4,75 b
CV (%)	2,16

Médias seguidas por letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de t, a 5% de probabilidade.

Tabela 9- Acidez Titulável de banana ‘Prata anã’ não inoculados com esporos de *Colletotrichum musae* e submetidos a diferentes frequências de aplicação de fosfitos.

Frequência de aplicação	AT
4	0,48 b
8	0,53 a
CV (%)	9,68

Médias seguidas por letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de t, a 5% de probabilidade.

A acidez titulável variou em média de 0,48 a 0,53g de ácido málico.100 g de polpa⁻¹ entre as duas frequências de aplicação (Tabela 9). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por outros autores, Castricini, Santos, Deliza, Coelho & Rodrigues (2015) encontraram 0,47 (mg ac málico.100 g polpa) em frutos de bananeira ‘Prata anã’ no estágio de maturação 6. Oliveira et al (2016) obteve 0.54 (mg ac málico.100 g polpa) em banana ‘Prata anã’ ao longo dos dias de armazenamento. Oliveira, Donato, Mizobutsi, Silva & Mizobutsi (2013) encontraram 0,54 (mg ac málico.100 g polpa) em banana ‘Prata anã’ e BRS Platina.

Resultados de pesquisa associando a influencia de fosfitos na AT em frutos foram encontrados por Pereira et al (2012) trabalhando com uvas ‘Merlot’ tratadas com fosfito de potássio. Os autores observaram que o teor de sólidos solúveis, pH e acidez titulável do mosto não modificou pela aplicação de fosfitos de potássio nos frutos, entretanto foi verificado que eles foram superiores à testemunha. Pereira et al. (2010) também não constataram diferenças na qualidade analítica de bagas tratadas com fosfitos. Amaral et al (2017) constataram que fosfitos de cálcio e de potássio não influenciaram na acidez titulável em mamão.

A acidez é atribuída aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, os teores ácidos orgânicos na maioria dos frutos diminuem com a maturação (Chitarra e Chitarra, 2005). Em banana, de acordo com Pinheiro (2018), a acidez dos frutos aumentam durante a maturação sendo os ácidos orgânicos málico, cítrico e oxálico os principais encontrados na polpa. Com o avanço do amadurecimento e senescência, a acidez diminui, presumivelmente devido à utilização como substratos respiratórios.

No pH dos frutos não inoculados foi verificada interação significativa entre as fontes de fosfito e a frequência de aplicação (Tabela 10).

Observou-se que as frequências de aplicação não influenciaram no pH dos frutos. Ao analisar as formulações de fosfito, verificou-se que ao aplicar o FK nos cachos na frequência de 30 em 30 dias o pH dos frutos se manteve maior. Possivelmente ocorreu uma redução no amadurecimento dos frutos, pois em frutos verdes o pH encontrado na polpa é maior.

Fernandes et al. (2019) encontraram valores de pH de 5,5 em frutos colhidos em estágio pré-climatérico e após o amadurecimento dos frutos houve redução para 4,3. Santos, Aguiar, Rodrigues, Mizobutsi & Pinheiro (2018) constataram variação de pH de 5,38 a 4,78 ao longo do amadurecimento de banana ‘Prata anã’.

Tabela 10 - pH de banana ‘Prata anã’ não inoculados com esporos de *Colletotrichum musae* e submetidos a diferentes frequências de aplicação de fosfitos nos cachos em pré colheita.

Formulações de fosfito	Frequência de aplicação dos fosfitos (dias)	
	4	8
FCu1	4,77 aA	4,72 aA
FCu2	4,71 aA	4,80 aA
FK	4,64 aB	4,76 aA
Água	4,78 aA	4,68 aA
Testemunha	4,77 aA	4,66 aA
CV (%)	2,53	

Médias seguidas por letras diferentes minúscula nas colunas e maiúscula na linha diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.0 Conclusões

O fosfito de cobre 2 (4% de Cu + 22% de P₂O₅) reduz significativamente a incidência e severidade da antracnose tanto em frutos inoculados como em não inoculados.

As frequências de aplicação dos fosfitos não interferem na intensidade da antracnose.

A aplicação de fosfitos nos cachos de banana ‘Prata anã’ aumenta a perda de massa fresca.

As formulações de fosfito e o número de aplicação não alteram as características físicas e químicas dos frutos.

Acknowledgments

The authors acknowledge the financial support from CAPES and FAPEMIG.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest related to this study.

5.0 Referências bibliográficas

Alexandre, E. R.; Herculano, L. M.; Silva, da J. M. Oliveira, S. M. A. de. Fosfitos no manejo da antracnose do jiló. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.49, n.12, p.930-938, dez. 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X201400120000.

Amaral, D. D.; Monteiro, A. L. R.; Silva da, E. I.; Lins, S. R. O. de; Oliveira, S. M. A. de. Frequency of quiescent fungi and post-harvest alternative management of stem end rot in Papaya. Revista Caatinga, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 786 – 793, jul. – set., 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n327rc>

Antunes, F. Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais: Climatologia agrícola. Informe Agropecuário, v.12, p.9-13, 1986.

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. Official methods of analysis of the association of official chemistry, Washington: AOAC, 1992. p. 1115.

ARAÚJO, M. B. Influência de fosfitos, hidrotermia e película de amido na qualidade pós-colheita de goiabas. 2017. 31f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UNB, Brasília-DF, 2017.

Brackmann, A.; Giehl, R. F. H.; Sestari, I.; Webe, A.; Pinto, J. A. V.; Eisermann, A. C. Rot control on cold stored ‘Fuji’ apples with pre and postharvest treatments with phosphites and benzalkonium chloride. Revista da FZVA. Uruguaiana, v.15, n.2, p.35-43. 2008.

Botrel, N.; Silva, O. F.; Bittencourt, A. M. Banana Pós-colheita: procedimentos pós-colheita. Brasília-DF: Embrapa Frutas do Brasil, 2001.

Carvalho, C. R. L. *et al.* Análises químicas de alimentos. Campinas: ITAL, 1990. 121p.

Castricini, A.; Santos, L. O.; Deliza, R.; Coelho, E. F.; Rodrigues, M. G. V. Caracterização pós-colheita e sensorial de genótipos de bananeiras tipo Prata. Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 37, n. 1, p. 027-037 Março 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-058/14>.

Chitarra, M. I. F.; Chitarra, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

Dalio, R. J. D. et al. O triplo modo de ação dos fosfitos em plantas. Revisão Anual de Patologia de Plantas, v. 20, n. 1, p. 206-243, 2012.

Dantas, A. M. de M.; Nascimento, S. R. de C.; Cruz, B. L. S. da; Silva, F. H. A. da, Ambrósio, M. M. de Q.; Senhor, R. F. Alternative control of post-harvest diseases in Tainung 1 papaya. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 48, n. 1, p. 29-35, Jan./Mar. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632018v4850938>.

Dutra, J. B.; Blum, L. E. B.; Lopes, L. F.; Cruz, A. F.; Uesugi, C. H. Use of hot water, combination of hot water and phosphite, and IMCP as post harvest treatments for passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) reduces anthracnose and does not alter fruit quality. Horticulture, Environment, and Biotechnology (2018) 59:847–856. <https://doi.org/10.1007/s13580-018-0092-1>.

F.A.O. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT – Crops. Production quantities of Bananas by country (2016). Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

Fernandes, M. B.; Mizobutsi, E. H; Rodrigues, M. L. M.; Ribeiro, R. C. F.; Mizobutsi, G. P.; Pinho, D. B. Bagging time of ‘Prata-anã’ banana regarding anthracnose control. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, 2019, v. 41, n. 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452019066>.

Fischer, I. H.; Palharini, M. C. A.; Fileti, M. de S.; Nogueira Júnior, A. F.; Parisi, M. C. M. Tratamentos alternativos no controle da antracnose e sobre a qualidade de goiabas ‘Pedro Sato’. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 42, n. 4, p. 333-339, 2016. DOI 10.1590/0100-5405/2077.

Ferraz, D. M. M.; Blum, L. E. B.; Barreto, M. L. A.; Uesugi, C. H. Peixoto, J. R. & Cruz, A. F. Fosfito no controle da antracnose e qualidade pós-colheita de goiaba em cultivo convencional e orgânico. Revista de Agricultura v.91, n.3, p. 249 - 264, 2016.

Ferreira, D. F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

Fontana, D. C.; Kulczynski, S. M.; Trevisan, R.; Pinheiro, M. V. M.; Diel, M. I. & Pinheiro, M. O (2018). Manejo de controle de patógenos durante o desenvolvimento e na pós-colheita de frutos de pessegueiro. Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.27, n.1, p.124-140.

Garcia, A., Costa, J. N. M. Principais doenças fúngicas da bananeira em Rondônia: sintomatologia e controle. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 2000.

Gomes, R. dos S.S.; Demartelaere, A.C.F.; Nascimento, L.C. do; Maciel, W.O.; Wanderley, D.B.N. da S. Bioatividade de indutores de resistência no manejo da antracnose da goiabeira (*Psidium guajava* L.). *Summa Phytopathologica*, v.42, p.149-154, 2016. DOI: 10.1590/0100-5405/2103.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1618#resultado>>. Acesso em: 05 jan. 2019.

Ledo, A. da S.; Silva Júnior, J.F. da; Ledo, C.A. da S.; Silva, S. de O. Avaliação de genótipos de bananeira na região do Baixo São Francisco, Sergipe. Revista Brasileira de Fruticultura, v.30, p.691-695, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452008000300022>.

Lopes, L. F.; Cruz, A. F.; Barreto, M. L. de A.; Vasconcelos, T. M. M.; Blum, L. E.B. Post-harvest treatment with Calcium phosphite reduces anthracnose without altering papaya fruit quality. THE JOURNAL OF HORTICULTURAL SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY, 2017. <https://doi.org/10.1080/14620316.2017.1361342>

Lobo, M. G. Gonzales, M.; Peña, A.; Marrero, A. Effects of ethylene exposure temperature on shelf life, compositions and quality of artificially ripened bananas (*Musa acuminata* AAA, cv. 'Dwarf Cavendish') Food Science and Technology International, London, v. 11, n. 2, p. 99-105, 2005. DOI: 10.1177/1082013205052568.

Matiello, J. B.; Almeida, S. R. A ferrugem do cafeeiro no Brasil e seu controle. Varginha: MAPA/PROCAFÈ, 2006. 104 p.

McDonald, A. Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture, and influence on the plant phosphate starvation response. 2001. J Plant Nutr 24:1505–1519.

Melo, L. G. L., Silva, E. K. C., Campos Neto J. R. M., Lins, S. R. O., Rodrigues, A. A. C., Oliveira, S. M. A. Indutores de resistência abióticos no controle da fusariose do abacaxi. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2016, v.51,n.10, p.1703-1709. DOI: 10.1590/S0100-204X2016001000001.

Moraes, W. S.; Zambolim, L.; Lima, J. D. Quimioterapia de banana 'Prata anã' no controle de podridões pós-colheita. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, v. 75, n. 1, p. 79-84, 2008. DOI: 10.1590/S0100-41582005000600006.

Oliveira, C. G. de, Donato, S. L. R., Mizobutsi, G. P., Silva, J. M., Mizobutsi, E. H. Características pós-colheita de bananas 'Prata-anã' e 'BRS platina' armazenadas sob refrigeração. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 3, p. 891-897, Setembro, 2013.

Oliveira, E.S.; Viana, F.M.P.; Martins, M.V.V. Alternativas a fungicidas sintéticos no controle da antracnose da banana. Summa Phytopathologica, v.42, n.4, p.340-350, 2016.

Paiva, M.C.; Manica, I.; Fioravanco, J. C.; Kist, H. Caracterização química dos frutos de quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, v.19, n.1, p.57-63, 1997.

PBMH & PIF - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA & PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS. Normas de Classificação de Banana. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29)

Pereira, V. F.; Resende, M. L. V.; Monteiro, A. C. A.; Ribeiro Júnior, P. M.; Albuquerque, M. de.; Regina, M. A. de.; Medeiros, F.C.L. Produtos alternativos na proteção da videira contra o míldio Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.45, n.1, p.25-31, jan. 2010.

Pereira, V. F.; Resende, M. L. V. de.; Ribeiro Júnior, P. M.; Regina, M. A.; Mota, R. V. da.; Vitorino, L.R. R. Fosfito de potássio no controle do míldio da videira e características físicoquímicas de uvas Merlot. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.47, n.11, p.1581-1588, nov. 2012.

Pimentel, R. M. de A.; Guimarães, F. N.; Santos, V. M.; Resende, J. C. F. de. Qualidade pós-colheita dos genótipos de banana PA42-44 e Prata-Anã cultivados no norte de Minas Gerais. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.32, n.22, p.407-413, 2010.

Pinheiro, J. M. da S. Avaliação do tratamento hidrotérmico na qualidade e conservação pós-colheita da banana 'Prata-Anã'. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2018. 182 p.

Sagoua, W., Ducamp, M. N., Loiseau, G., Bellaire, L. de L. Effect of Lactoperoxidase System on *C. musae*. Food Technol. Biotechnol. 49 (2) 244–248 (2011).

Sautter, C.K.; Storck, L.; Rizzati, M.R.; Mallmann, C.A.; Brackmann, A. Síntese de trans-resveratrol e controle de podridão em maçãs com uso de elicitores em pós-colheita. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.1097-1103, 2008. DOI: 10.1590/S0100-204X2008000900001.

Santos, T. C., Aguiar, F. S., Rodrigues, M. L. M., Mizobutsi, G. P., Pinheiro, J. M. S. Quality of bananas harvested at different development stages and subjected to cold storage. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 48, n. 2, p. 90-97, Apr./Jun. 2018.

Santos, S. L. dos; Campos, T. de; Dallacosta, N. L.; Mazaro, S. M. Potencial de produtos à base de fosfitos no controle de *Pythium* sp. em condições *in vitro*. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, Guarapuava-PR, v.11, n.1, p.105-110, jan-abr., 2018. DOI: 10.5935/PAeT.V11.N1.13.

Silva, A. C. da, Resende M. L. V., Souza, P. E., Pôssa, K. F. & da Silva Júnior, M. B. Extrato vegetal, fosfito e sulfato de zinco no controle do oídio em eucalipto. Revista Ciência Agronômica, v. 47, n. 1, p. 93-100, jan-mar, 2016. DOI: 10.5935/1806-6690.20160011.

Silva, I. L. S. S.; Resende, M. L. V.; Ribeiro Júnior, P. M.; Costa, J.C. B.; Camilo, F. R. J. C. B. & Salgado, S. M. L. Efeito de nutrientes combinados com indutores de resistência na proteção contra a vassoura-de-bruxa no cacauzeiro. Ciência Agrotecnológica, Lavras, v. 32, n. 1, p. 61-67, jan./fev., 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000100009>.

Shaner G & Finney RF (1977). The effects of nitrogen fertilization on the expression of show-mildwing in knox wheat. Phytopathology, 67:1051-1055.

Siqueira, C. L.; Rodrigues, M. L. M.; Mizobutsi, G. P.; Santos, P. G. S. dos.; Mota, W. F.; Mizobutsi, E. H.; Oliveira, G. B. O. Características físico-químicas, análise sensorial e conservação de frutos de cultivares de bananeira resistentes à Sigatoka-negra. Revista Ceres, Viçosa, v. 57, n.5, p. 673-678, set/out, 2010.

Siqueira, C. L.; Almeida de, H. J.; Serpa, M. F. P.; Batista, P. S. C.; Mizobutsi, G. P. Atmosfera modificada associada à refrigeração na conservação de frutos de bananas resistentes à Sigatoka Negra. Revista Ciência Agronômica, v. 48, n. 4, p. 614-624, out-dez, 2017. DOI: 10.5935/1806-6690.20170071.

Siqueira, C. L.; Lopes, O. P.; Batista, P. S. C.; Rodrigues, M. L. M.; Serpa, M. F. P.; Mizobutsi, G. P.; Mota, W. F. da. Atmosfera modificada e refrigeração na conservação pós-colheita de bananas 'Tropical' e 'Thap Maeo'. Nativa, Sinop, v.5, n.3, p.157-162, 2017.

Sônego, O.R.; Garrido, L. da R. Avaliação da eficácia de algumas marcas comerciais de fosfito de potássio e de fosfonato de potássio no controle do míldio da videira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 13p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 60).

Stover, R.H; Simmonds, N.W. Bananas. 3rd ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1987.

SOUSA, S., de F., FEITOSA, R. M., FIGUEIRÊDO, R. M. F. Aplicação de diferentes revestimentos na conservação pós-colheita da banana cv. Prata. Nativa, Sinop, v. 6, n. 6, p. 563-568, nov./dez. 2018. Pesquisas Agrárias e Ambientais. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i6.5583>.

Vieira, L. M. Banana. Síntese anual da agricultura de Santa Catarina - 2010-2011. Disponível em: <http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/Informativos/Banana/Banana_sintese_2011.pdf> Acesso em: 06/05/2019.

CAPÍTULO 3
APLICAÇÃO DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE FOSFITO EM PÓS-COLHEITA
DE BANANA ‘PRATA ANÃ’ NO CONTROLE DE ANTRACNOSE
(Artigo formatado de acordo normas da revista Journal of Agricultural Science)

APLICAÇÃO DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE FOSFITO EM PÓS-COLHEITA DE BANANA 'PRATA ANÃ' NO CONTROLE DE ANTRACNOSE

Resumo - Objetivou-se com o presente estudo determinar a melhor fonte e concentração de fosfito no controle da antracnose e seus efeitos nas características físicas e químicas em banana 'Prata-anã'. Buquês de banana 'Prata-anã' foram imersos nas soluções contendo as diferentes formulações de fosfito de cobre FCu1 (4% de Cu + 20% de P₂O₅), FCu2 (4% de Cu + 22% de P₂O₅) nas concentrações 0.5; 1.0, 1.5 e 2.0 mL L⁻¹ e fosfito de potássio FK (42 % de P₂O₅ + 27,7% de K₂O) nas concentrações 0.5; 1.0, 1.5 e 2.0 mg L⁻¹. As testemunhas consistiram da aplicação de água pura e aplicação do Imazalil (0,5 mL L⁻¹). Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram armazenados em câmara de refrigeração (25 ±1°C e 80 ±5% UR) por 12 dias. Posteriormente, foram avaliados a incidência e a severidade da antracnose a cada três dias. As características físicas e químicas dos frutos foram avaliadas no dia da retirada dos frutos da câmara. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os dados quantitativos foram avaliados por regressão e os qualitativos foram comparados pelo teste de Tukey. Os resultados demonstraram que a menor AACPS da antracnose foi obtida na concentração de 1.18 mL L⁻¹ reduzindo em 32,5% a severidade da doença nas fontes FCu1, Fcu2 e FK. Para AACPI a concentração de 1,21 mL L⁻¹ apresentou 24.7% de redução no sintoma da antracnose em todas as fontes de fosfito testadas. Para as características físicas e químicas não houve diferença entre as fontes e concentrações de fosfito utilizadas.

Palavras-chave: *Musa* spp., doença, *Colletotrichum musae*.

Abstract -The objective of this study was to determine the best source and concentration of phosphite in anthracnose control and its effects on the physical and chemical characteristics of 'Prata-anã' banana. Banana 'Banana' bouquets were immersed in solutions containing the different formulations of copper phosphide FCu1 (4% Cu + 20% P₂O₅), FCu2 (4% Cu + 22% P₂O₅) at concentrations 0.5; 1.0, 1.5 and 2.0 mL L⁻¹ and potassium phosphite FK (42% of P₂O₅ + 27.7% of K₂O) in concentrations 0.5; 1.0, 1.5 and 2.0 mg L⁻¹. The controls consisted of application of pure water and application of Imazalil (0.5 mL L⁻¹). After application of the treatments, the fruits were stored in a refrigeration chamber (25 ± 1 ° C and 80 ± 5% RH) for 12 days. Subsequently, the incidence and severity of anthracnose were evaluated every three days. The physical and chemical characteristics of the fruits were evaluated on the day of fruit removal from the chamber. The experimental design was completely randomized. The quantitative data were evaluated by regression and the qualitative data were compared by the Tukey test. The results showed that the lowest AACPS of the anthracnose was obtained in the concentration of 1.18 mL L⁻¹ reducing the severity of the disease in the FCu1, Fcu2 and FK sources by 32.5%. For AACPI the concentration of 1.21 mL L⁻¹ presented a 24.7% reduction in the anthracnose symptom in all tested phosphite sources. For the physical and chemical characteristics there was no difference between the sources and concentrations of phosphite used.

Keywords: *Musa* spp., disease, *Colletotrichum musae*

1.0 Introdução

A bananicultura se destaca na fruticultura brasileira como uma das culturas mais produzidas e consumidas em todas as regiões do país (IBGE, 2018). Em 2018, a área de banana cultivada no Brasil foi de 469.711 hectares produzindo 6.764.324 toneladas da fruta (FAO, 2018). Apesar da sua grande produção e consumo, a banana possui

elevado índice de perdas pós-colheita, o que limita a sua comercialização sob a forma “*in natura*” (Sousa, Feitosa & Figueirêdo, 2018).

Dentre as causas das perdas da banana em pós-colheita destaca-se a ocorrência de antracnose. A doença é causada pelo fungo *Colletotrichum musae* (Berk & Curtis) von Arx. Ossintomas observados são lesões escuras e deprimidas, que com o progresso da doença e em condições ambientais favoráveis como alta umidade e, cobrem-se de frutificação rósea.

O controle de *C. musae* em pós-colheita é realizado por meio da redução na temperatura de armazenamento (Silva et al., 2008), uso de fungicidas químicos, sendo tiabendazol e imazalil os únicos registrados para a cultura em pós-colheita (AGROFIT, 2018) e uso de extratos e óleos essenciais derivados de plantas com potencial antifúngico (Rodrigues et al, 2018; Oliveira, Viana & Martins, 2016; Silva et al., 2008).

O uso de defensivos agrícolas para o controle de pragas e doenças de plantas ainda é o método mais utilizado na fruticultura convencional. O uso indiscriminado desses produtos em curto prazo tem efeito benéfico para os produtores, no entanto, em longo prazo pode selecionar populações resistentes de patógenos, além de ocasionar problemas ambientais e contaminação de alimentos. (Borsoi, Santos, Taffarel, Gonçalves Júnior, 2014; Bettiol, 2011).

Para o controle de fitopatógenos em pós-colheitas, alguns métodos alternativos vêm sendo pesquisados. Os fosfitos são substâncias menos tóxicas que os fungicidas tradicionalmente utilizados (Pereira 2012; Spolti, Valdebenito-Sanhueza, Campos, Del Ponte, 2015). Essa substância pode inibir o crescimento micelial e a esporulação do patógeno (Lobato et al. 2010) e/ou induzir os mecanismos de defesa das plantas (Jackson et al. 2000). O efeito fungicida e fungistático dos sais de potássio foram demonstrados em diversos patossistemas (Dutra et al., 2018; Spolti et al, 2015, Lopes, Cruz, Barreto, Vasconcelos & Blum, 2017, Fischer et al. 2016). Entretanto, não existe na literatura trabalhos relacionados ao fosfito de cobre no controle da antracnose em banana.

Devido as evidências do potencial dos fosfitos no controle de fitopatógenos, objetivou-se com o presente estudo determinar a melhor formulação e concentração de fosfito no controle da antracnose da banana ‘Prata anã’ e seus efeitos nas características físicas e químicas dos frutos.

2.0 Material e métodos

Os frutos utilizados nos ensaios foram colhidos em um plantio comercial de banana ‘Prata anã’ no município de Nova Porteirinha - Minas Gerais, a 15°41’21,4’’ de latitude sul e 43°16’23,3’’ de longitude oeste, com altitude média de 500 m, precipitação pluvial média anual de 800 mm, e o clima, baseado na classificação internacional de Köppen, do tipo Aw (tropical de savana) (ANTUNES, 1986).

Os cachos foram colhidos em estádio pré-climatérico, segundo a escala de Von Loesecke (PBMH e PIF, 2006). Foram selecionadas a segunda e terceira penca de cada cacho para uniformização dos frutos. As pencas foram acondicionadas em caixas plásticas e transportadas até o Laboratório de Patologia Pós-colheita. Posteriormente foram subdivididas em buquês de três frutos, lavados em solução de detergente neutro e água (3 mL.L⁻¹). Em seguida foram enxaguados e colocados sobre a bancada e secas ao ar.

Os frutos foram inoculados com uma suspensão de esporos, na concentração de 2,5x10⁵ esporos.mL⁻¹, utilizando uma bomba de micropintura até o ponto de escorrimento. Para o preparo da suspensão de conídios foi realizado o isolamento de *C. musae* utilizando-se frutos de bananeira ‘Prata anã’ exibindo sintomas de antracnose. Das lesões existentes nos frutos foram retirados fragmentos de tecido da região de transição entre a parte sadia e a parte doente. Posteriormente, procedeu-se ao isolamento indireto. Os fragmentos foram desinfestados superficialmente em uma solução de hipoclorito de sódio a 1%, durante 2 minutos e, em seguida, lavados, em duas porções consecutivas, de água destilada e esterilizada. Logo após, os fragmentos foram plaqueados em meio Agar-água e incubados a 25°C com

fotoperíodo de 12 horas. Após o surgimento das primeiras hifas, estas foram transferidas para o meio de cultura batata-dextrose-água (BDA) e, incubados a 25 ± 2 °C, com fotoperíodo de 12 horas.

Após o crescimento micelial ter atingido toda a placa, foram adicionados em cada placa 70 mL de água destilada esterilizada. A seguir, utilizando-se alça de Drigalski, procedeu-se à raspagem das colônias para a liberação dos conídios. Após a filtragem da suspensão em dupla camada de gaze esterilizada, completou-se o volume da solução até 70 mL novamente. Foi retirada uma gota de cada suspensão colocada em câmara de Newbauer onde se realizou a contagem do número de conídios no campo C com utilização de microscópio e contador de esporos. A concentração da suspensão aplicada nos frutos foi ajustada para de $2,5 \times 10^5$ esporos.mL⁻¹.

Após a inoculação os frutos foram mantidos em câmara úmida (umidade relativa 95%) por 15 horas. Após retirar os buquês da câmara úmida, foram imersos nas soluções contendo os tratamentos durante cinco minutos. Os tratamentos consistiram da diluição em água de fosfito de cobre FCu1 (4% de Cu + 20% de P₂O₅) e FCu2 (4% de Cu + 22% de P₂O₅) nas concentrações 0,5; 1,0, 1,5 e 2,0 mL L⁻¹ e de fosfito de potássio FK (42 % de P₂O₅ + 27,7% de K₂O) nas concentrações de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 mg. L⁻¹. Em seguida foram colocados para secar sobre a bancada. As testemunhas consistiram da imersão dos frutos em água pura e na solução de imazalil na concentração de 0,5 mL L⁻¹. Posteriormente os frutos foram levados até a câmara refrigerada em temperatura de $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $80 \pm 5\%$ onde permaneceram por 12 dias.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com três formulações de fosfito (FCu1, FCu2 e FK), quatro concentrações (0,5; 1,0, 1,5 e 2,0 mL L⁻¹ e mg. L⁻¹) e as testemunhas (bananas tratadas somente com água e bananas tratadas com o fungicida imazalil (0,5 mL L⁻¹) respectivamente). Foram utilizadas quatro repetições, sendo cada repetição constituída de um buquê de três frutos.

A intensidade de antracnose nos frutos foi avaliada pela incidência e severidade. A incidência foi obtida pelo número de frutos doentes por repetição, sendo estes valores expressos em porcentagem por tratamento. Para a variável severidade utilizou-se a escala diagramática desenvolvida por Moraes et al. (2008) com severidade da doença variando de 0,5 a 64%. Os resultados foram utilizados para o cálculo das áreas abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) de acordo com a fórmula desenvolvida por Shaner & Finney (1977). As avaliações foram realizadas a cada três dias durante o período de 12 dias.

Ao término da avaliação da intensidade de antracnose, os frutos foram retirados da câmara refrigerada e submetidos às análises físicas e químicas. As variáveis analisadas foram:

Perda de massa fresca: Cada buquê foi pesado em balança eletrônica GEHAKA, modelo BK6000, com capacidade para 6100g e precisão de 0,01g, no dia do armazenamento e no dia em que os frutos foram retirados da câmara frigorífica. A perda de massa fresca foi determinada pela diferença entre o peso inicial e o peso final dos frutos. Os resultados foram expressos em gramas de perda de massa fresca.

Sólidos solúveis (SS): A quantificação dos sólidos solúveis (SS) foi realizada após triturar a polpa pura em Mixer. Da polpa, foi retirada uma alíquota para leitura direta em refratômetro de bancada digital da marca Reichert (AR200), com compensação automática de temperatura. Após a leitura, o refratômetro forneceu os resultados em °brix, que correspondem a gramas de sacarose para 100 g de solução e podem ser, de modo geral, usados como gramas de sólidos solúveis por 100g de solução (CARVALHO *et al.*, 1990).

pH: A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada segundo a metodologia da Association of Official Analytical Chemistry – AOAC (1992). Pesaram-se 10g de amostra, que foi diluída em 90 mL de água destilada e homogeneizada em mixer. O pH foi medido por meio de um peagômetro digital, calibrado com solução-tampão pH igual a 7 e solução-tampão pH igual a 4.

Acidez titulável (AT): A acidez titulável foi determinada por titulação volumétrica com solução de NaOH 0,1N pela metodologia da Association of Official Analytical Chemistry (AOAC, 1992). Foram pesados 10 g da polpa e diluídos em 90 mL de água destilada, homogeneizada com auxílio de um mini processador e adicionadas 3 gotas de fenolftaleína 1%, utilizada como indicador. A titulação com hidróxido de sódio foi realizada com agitação constante, até obter uma coloração rósea por 30 segundos no titulado. Os resultados foram expressos em g de ác. málico por 100g de polpa⁻¹.

Firmeza do fruto com casca: A firmeza do fruto foi determinada com um penetrômetro de bancada analógico de frutas marca Brookfield, modelo CT3 10K. Foi mensurada pela força de penetração necessária para que uma ponteira de 4 mm de diâmetro penetre na região equatorial do fruto com casca, em uma profundidade de 8 mm. Os resultados foram expressos em Newton (N).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e por meio do teste F verificou-se a significância das interações entre os fatores testados, com posterior desdobramento para os resultados significativos. Foi realizada análise de regressão para o fator quantitativo (concentração), sendo os modelos de regressão selecionados com base na significância dos coeficientes de regressão pelo teste t, no coeficiente de determinação e no comportamento biológico. Também foi realizado o teste de Tukey para os dados qualitativos ($p < 0,05$) e o teste de Dunnett a ($p < 0,05$) para comparar os dados da testemunha (frutos imersos em água e frutos tratados com imazalil). As análises foram realizadas no utilizando o software R (R CORE TEAM, 2016).

3.0 Resultados e discussão

A tabela 01 apresenta os resultados dos tratamentos com as formulações de fosfito comparados às duas testemunhas por meio de teste de Dunnett a 5% de probabilidade para as variáveis físicas, químicas e avaliação da intensidade da doença.

Tabela 01. Médias de tratamentos comparados pelo teste de Dunnett para as variáveis: perda de massa fresca (PMF), pH, acidez titulável (AT), firmeza (FIR), sólidos solúveis (SS), AACPS, AACPI, das bananas ‘Prata anã’, tratadas em pós-colheita com diferentes formulações e diferentes concentrações de fosfito.

TRATAMENTO		PMF g	pH	AT g ácido málico 100g polpa ⁻¹	FIR N	SS ° Brix	AACPS	AACPI
FCu1	0.5	2.73 ^A	4.99	0.23	8.21	20.55	222.75 ^B	322.50
	1.0	5.07	5.06	0.22	5.64	23.18	261.00 ^B	335.25
	1.5	5.48	4.93	0.23	6.37	23.73	186.00	260.63
	2.0	7.60 ^B	4.91	0.23	5.64	23.90	274.88 ^B	348.00
FCu2	0.5	7.09	5.13	0.27	7.35	22.63	220.50 ^B	297.75
	1.0	6.39	4.94	0.25	6.13	23.70	250.88 ^B	298.50
	1.5	3.92	4.77	0.23	6.37	22.65	172.50	235.88
	2.0	8.83 ^B	5.14	0.30 ^A	4.17	22.53	309.00 ^B	360.00
FK	0.5	7.02	5.54 ^B	0.20	4.66	21.90	313.50 ^B	372.75
	1.0	7.64 ^B	5.22	0.20	5.64	22.50	247.50 ^B	330.00
	1.5	6.26	4.98	0.29 ^A	7.11	22.48	147.38	220.50
	2.0	7.87 ^B	5.28	0.19	4.41	20.95	360.00 ^B	420.00 ^B
Água		7.08	5.13	0.19	5.15	22.15	282.00	316.50
Imazalil		3.26	4.96	0.23	7.84	21.93	54.00	204.00

Médias de tratamentos seguidas da letra A e da letra B diferem estatisticamente das testemunhas água e imazalil pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$), respectivamente.

Somente a concentração de 1,5 mL L⁻¹ das formulações avaliadas foi capaz de reduzir a severidade de antracnose em banana, uma vez que os resultados obtidos nessa concentração não diferiram da testemunha utilizando o fungicida imazalil, entretanto os tratamentos também não diferiram da testemunha utilizando água, o que demonstra que para a severidade as formulações e concentrações testadas não foram eficientes no controle da severidade da antracnose. Segundo Blum et al. (2007) o controle das doenças através da aplicação de fosfitos resultaria de uma ação mista envolvendo a fungistase e também a ativação do sistema de defesa da planta através de fitoalexinas. No presente experimento o modo de ação dos fosfitos nos frutos provavelmente foi através do efeito direto no patógeno, uma vez a aplicação dos fosfitos foi em pós-colheita após a inoculação do *C. musae*.

Resultados encontrados por Oliveira, Viana e Martins (2016) mostram que ao aplicar 300µL de fosfito de potássio em banana, o controle obtido foi 28% de inibição da antracnose, enquanto o fungicida utilizado controlou 100% da doença.

Analisando-se a variável incidência de antracnose (tabela 1), é possível constatar que apenas a concentração de 2 mg. L⁻¹ do FK não controlou a doença apresentando diferença estatística da testemunha utilizando o imazalil. Os resultados obtidos no ensaio com FK foi contrário aos relatados na literatura, pois, a eficiência de FK no controle da incidência de doença foi verificada em outros patossistemas. Spolti et al (2015) observaram redução de 35% na podridão de olho de boi em frutos de macieira pela aplicação dos fosfitos de potássio no período final de maturação. Entretanto, resultados obtidos por Fisher et al. (2016) confirmam que a incidência de antracnose em frutos de abacateiro foi de 62,1% quando tratados com fosfito de potássio enquanto o fungicida apresentou 51,3% de incidência.

Os resultados obtidos na caracterização física e química dos frutos estão apresentados na tabela 01. Para perda de massa fresca (PMF) verifica-se que em todas as fontes de fosfito na concentração de 2,0 mL.L⁻¹ e no FK na concentração de 1,0 mg. L⁻¹ apresentaram diferença do tratamento em que se aplicou o imazalil pelo teste de Dunnett (p < 0,05). Esse resultado indica que nos frutos tratados com as diferentes formulações de fosfitos a perda de massa fresca foi superior aos tratados com o fungicida. Os fosfitos apresentam-se como um sal e dessa forma através do processo de desidratação osmótica nos frutos tratados com as diferentes formulações pode ter ocorrido maior perda de água quando comparados a testemunha. No FCu1 na concentração de 0,5 mL.L⁻¹ foi verificada diferença da testemunha absoluta indicando que a PMF foi reduzida ao aplicar esse tratamento.

Para a variável pH apenas o FK na concentração de 0,5 mL.L⁻¹ apresentou diferença dos frutos tratados com o Imazalil. Entretanto, ao avaliar a acidez titulável apresentou diferença da testemunha em que se aplicou água pura nas concentrações de 2,0 mL.L⁻¹ no FCu2 e 1,5 mg L⁻¹ no FK.

Ao analisar as variáveis firmeza e sólidos solúveis não se observou diferença estatística dos tratamentos ao comparar com as testemunhas.

Para a AACPS não foi verificada interação entre as fontes de fosfito e as concentrações utilizadas. Verificou-se significância apenas para as diferentes concentrações (Figura 01).

Nas concentrações aplicadas verificou-se que houve um decréscimo na severidade da doença seguido de um aumento após a utilização de concentrações maiores. Em todas as fontes de fosfito utilizadas no ensaio, a concentração em que se obteve menor severidade foi 1,18 mL L⁻¹ apresentando AACPS de 201 (Figura 01).

Efeito semelhante aos obtidos neste experimento foi observado por Ferraz et al. (2016) trabalhando com fosfito de potássio no controle da antracnose em goiabas. Os autores verificaram que as doses de 1,0 e 1,5 mL.L⁻¹ do FK foram mais eficientes na redução do diâmetro das lesões causadas por *Colletotrichum gloeosporioides* ao se comparar a com a dose de 2,0 mL L⁻¹.

O aumento no controle de fitopatógenos com o aumento das doses foi observado por vários autores. Amaral, Silva, Lins & Oliveira (2017) verificaram que ao aumentar as doses dos fosfitos de cálcio, potássio, amônio e a

associação do fosfito de cálcio com o fosfito de boro houve maior redução da severidade de antracnose em mamão cv. Sunrise Solo. O mesmo resultado foi observado por Pereira et al. (2012) ao trabalhar com duas formulações de fosfito de potássio sobre o míldio da videira.

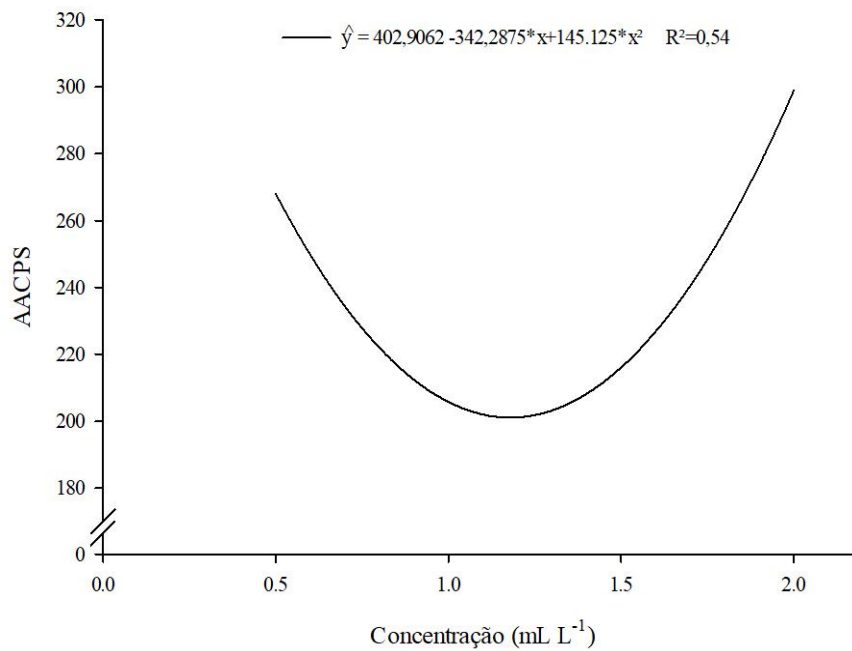


Figura 01- Área abaixo da curva do progresso da severidade (AACPS) de antracnose em banana ‘Prata anã’ submetidas a diferentes formulações de fosfito em diferentes concentrações.

Para a incidência da antracnose, assim como na AACPS foi observado significância apenas para as concentrações testadas (Figura 02). Constatou-se que houve redução com posterior aumento em função do incremento das concentrações aplicadas. Observou-se que o menor valor de AACPI encontrado foi 270 em frutos submetidos à concentração de 1,21 mL.L⁻¹ (Figuras 03, 04 e 05).

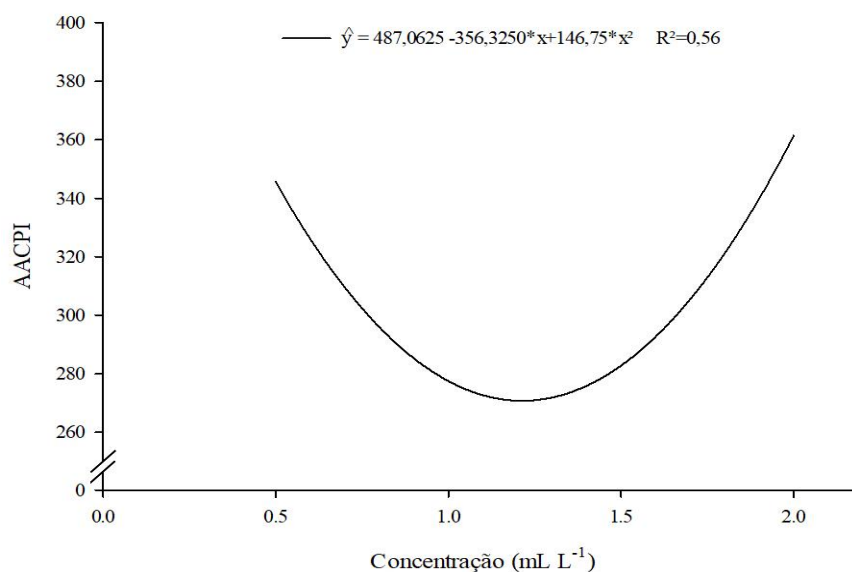


Figura 02- Área abaixo da curva do progresso da incidência (AACPI) de antracnose em banana ‘Prata anã’ submetidas a diferentes formulações de fosfito em diferentes concentrações.

Resultados encontrados por Alexandre et al. (2014) discordam desse experimento. Os autores verificaram que o aumento da concentração de fosfitos de cálcio, potássio, magnésio, zinco e cobre reduzem a incidência de antracnose oriunda de infecções quiescentes vindas do campo em frutos de jiló. Blum et al. (2007) afirmam que ao aumentar as doses de fosfito de potássio e de cálcio a incidência de mofo azul em maçãs foi reduzida.

A incidência de patógenos varia de acordo com as épocas de desenvolvimento dos frutos e as condições de armazenamento, sendo assim importante identificar o momento ideal de controle (Sautter, 2011). Dessa forma, mesmo desconhecendo totalmente o modo de ação dos fosfitos Araújo et al. (2018) recomenda que a aplicação do fosfito deve ser realizada durante todo o ciclo da planta.

Spolti (2015) testou a associação do fosfito de potássio com fungicida no controle da incidência da podridão do olho de boi em maçãs e verificaram que quando o tratamento foi aplicado 24 horas antes de colher os frutos não houve controle no momento da colheita. No entanto, após 3 meses de conservação foi verificado 40% de redução da incidência da doença, enquanto a testemunha apresentou 30%.



Figura 03- Banana ‘Prata anã’ submetidas à aplicação pós colheita de FCu1 e avaliados a 12 dias após a aplicação dos tratamentos.



Figura 04- Banana ‘Prata anã’ submetidas à aplicação pós colheita de FCu2 e avaliados a 12 dias após a aplicação dos tratamentos.



Figura 05 - Banana ‘Prata anã’ submetidas à aplicação pós colheita de FK e avaliados a 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

Para a perda de matéria fresca houve efeito isolado das fontes de fosfito. Não obteve-se interação entre os fatores testados (Tabela 03). A PMF dos frutos foi superior no tratamento em que se aplicou o FK. Essa perda ocorre devido a eliminação de água no processo de transpiração causada pela diferença de vapor entre o fruto e o ar ambiente (Souza, 2000).

Corroborando o resultado deste experimento Ferraz et al. (2016) verificaram que em frutos de goiabeira o fosfito de potássio e de zinco proporcionaram perda de matéria fresca superior às demais fontes (cálcio, zinco, magnésio e potássio). Entretanto Lopes (2017) trabalhando com mamão constatou que não houve diferença entre fontes de fosfito (Mg, K, Ca, Zn) para a perda de massa fresca.

Santos et al. (2006) citam que a perda de massa, torna-se um fator importante a ser levado em consideração, por estar diretamente ligada ao aspecto comercial dos frutos, que são comercializados em função do peso.

Tabela 02 - Valores de perda de massa fresca (PMF) em frutos submetidos a diferentes formulações de fosfito.

Fontes de fosfito	PMF (%)
FCu1	5,22 a
FCu2	6,55 ab
FK	7,20 b

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% significância.

A perda de massa fresca dos frutos apresentou efeito isolado também nas diferentes concentrações de fosfito aplicadas. Foi verificado que ao aumentar as concentrações dos fosfitos a perda de massa fresca dos frutos aumenta linearmente (Figura 06). A taxa de água que pode ser perdida sem haver deterioração no fruto é variável para cada espécie, entretanto não deve ultrapassar os 10% (Chitarra e Chitarra, 2005). Considerando essa afirmativa os valores encontrados nesse estudo estão dentro dos padrões exigidos para não haver deterioração dos frutos.

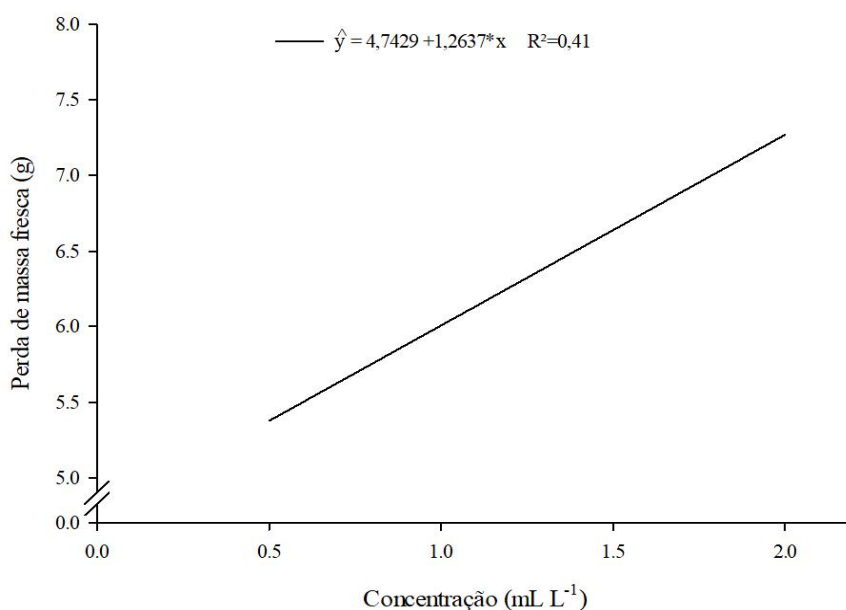


Figura 06- Perda de massa fresca (g) da banana 'Prataañ' submetida a diferentes formulações de fosfito em diferentes concentrações.

Os resultados obtidos por Dutra et al. (2018) afirmam que a concentração dos fosfitos não interferiu na PMF em maracujá submetidos aos fosfitos de zinco e potássio uma vez que não foi verificado diferença nos tratamentos submetidos às concentrações de 1,5 e 2,5 mL.L⁻¹.

A água se encontra em maiores proporções em frutos verdes que com o amadurecimento os níveis tendem a reduzir com aumento da transpiração (Lucena, 2004). As avaliações pós-colheita foram realizadas no último dia de armazenamento, assim os frutos já se encontravam no máximo amadurecimento. A perda de massa é comum durante o armazenamento de frutas e hortaliças, que ocorre pelo consumo de nutrientes no próprio metabolismo do produto e principalmente pela perda de água ocasionada pelos processos transpiratórios e devido à diferença de pressão de vapor entre o produto e o ambiente (Sarmiento et al, 2015).

Para a variável pH houve efeito isolado das fontes de fosfito (Tabela 03) e das concentrações aplicadas (Figura 04). Não foi verificado interação entre os fatores testados (Tabela 03).

Tabela 03 - Valores de pH em frutos submetidos a diferentes formulações de fosfito.

Fontes de fosfito	pH
FCu1	4,97 a
FCu2	4,99 a
FK	5,26 b

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% significância.

Observa-se uma variação de 4,97 a 5,26 no pH dos frutos (Tabela 03). Esses valores discordam dos obtidos por Fernandes, Leal, Sanches (2010) e com Bleinroth (1995), que citam que o pH da banana madura varia de 4,2 e 4,7 dependendo do cultivar. A aplicação de FK apresentou maior pH nos frutos ao final do experimento.

Resultados observados por Pereira et al. (2012) demonstram que duas fontes de fosfito de potássio não influenciaram no pH de uvas 'Merlot' em duas safras analisadas. Ferraz et al. (2016) afirmam que dentre os fosfitos testado (cálcio, zinco, magnésio e potássio) apenas o fosfito de zinco elevou o pH de goiabas de 4,3 para 4,6.

Observou-se um decréscimo do pH com posterior aumento ao elevar as concentrações das formulações de fosfito aplicadas (Figura 07).

Na concentração de 1,39 foi obtido o menor valor de pH de 4,95, a partir dessa concentração houve incremento do pH para 5,1 ao aplicar a concentração de 2 mL.L⁻¹. Esse resultado corrobora com a acidez titulável, já que estas variáveis apresentam comportamentos inversos.

Os valores obtidos nesse estudo são diferentes dos obtidos por diversos autores. O pH obtido para banana madura varia entre 4,13 a 4,98 (Santos, Aguiar, Rodrigues, Mizobutsi, & Pinheiro, 2018; Sousa, 2018; Siqueira et al., 2017, Siqueira et al. 2010).

O comportamento do pH em outros frutos é diferente ao da banana. Na maioria dos frutos durante o amadurecimento a concentração de ácidos diminui em decorrência do seu uso como substrato no processo respiratório ou de sua conversão em açúcar (Kader *et al.* 2002). Como a banana é rica em reservas de amido e de carboidrato, que são utilizados nos processos metabólicos da respiração, não ocorre utilização desses compostos no amadurecimento, o que provoca o seu acúmulo (Chitarra & Chitarra, 2005).

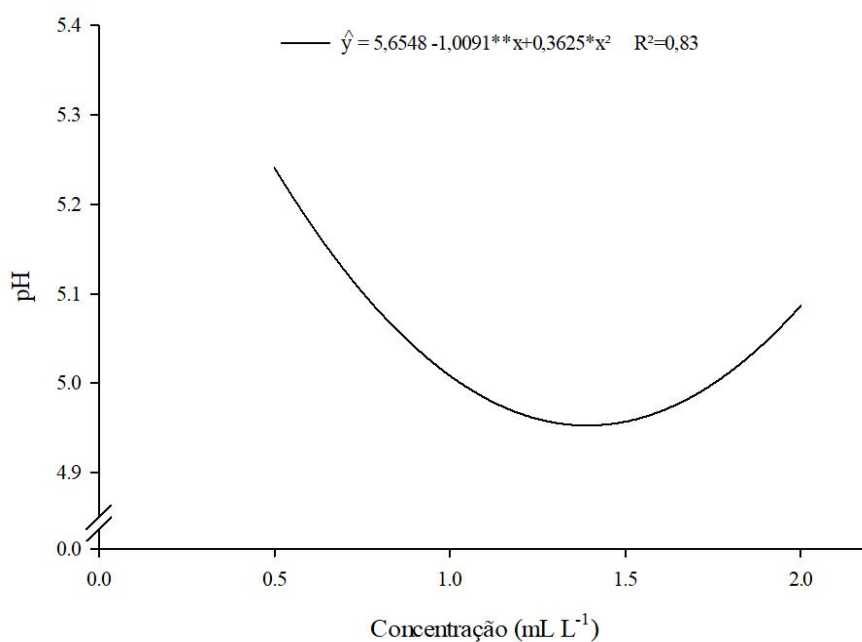


Figura 07- Valores de pH de polpa de banana 'Prata anã' submetidos a diferentes formulações de fosfito em diferentes concentrações.

A acidez titulável apresentou interação entre as doses e as fontes de fosfito testadas (Figura 08). Verifica-se um aumento com posterior declínio ao aumentar a concentração da fonte de fosfito FK, para as outras fontes, a acidez apresentou média de 0,23 e 0,26 para FCu1 e FCu2, respectivamente.

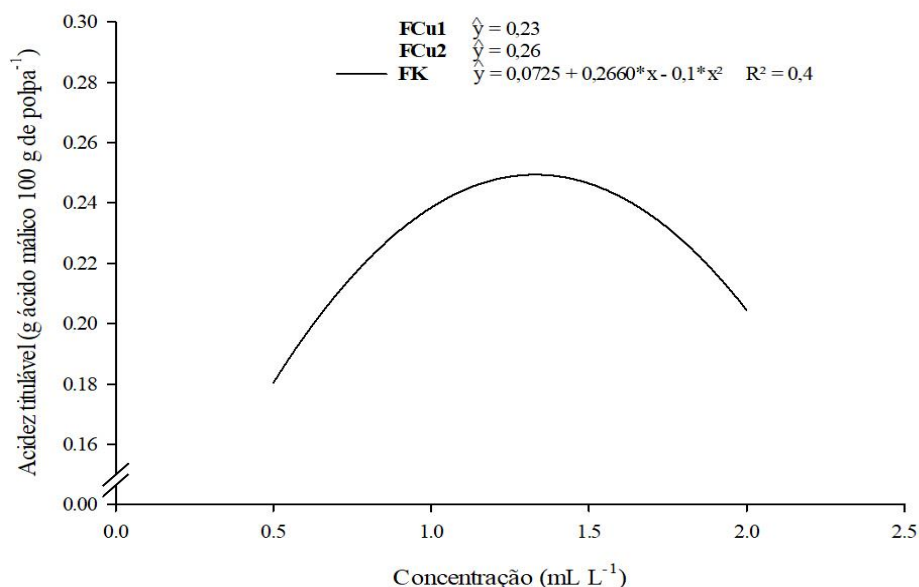


Figura 08- Acidez titulável (g de ácido málico 100g de polpa⁻¹) de banana 'Prata anã' submetidas a diferentes formulações de fosfito em diferentes concentrações.

De acordo com Pimentel *et al.* (2010), a acidez dos frutos pode diminuir ou aumentar, dependendo da espécie em questão e os ácidos orgânicos são utilizados na respiração para a produção de ATP. Isso resulta na diminuição da

acidez dos frutos, como também o próprio processo respiratório produz ácidos orgânicos que podem acumular-se no fruto, ocasionando um leve aumento da acidez dos mesmos. O declínio na AT observado neste experimento pode estar associado ao nível de maturação dos frutos uma vez que os mesmos já se encontravam no estágio 7 na época em que foram feitas as análises.

Na banana, ao contrário da maioria dos frutos, acidez titulável aumenta durante o período de armazenamento e maturação do fruto (Alencar et al., 2010).

Para frutos de mamoeiro Amaral et al. (2017) verificaram que tanto as doses (0.30 a 1.5 g.L⁻¹) quanto as formulações de fosfito utilizadas (Ca, K, amônio) não influenciaram a acidez titulável dos frutos.

A aceitação da banana pelos consumidores é significativamente influenciada por sua composição química, principalmente pelos ácidos, açúcares e compostos fenólicos (Bolfarini 2018). De acordo com Souza et al. (2013) o mercado consumidor apresentou menor preferência de consumo para os frutos que apresentaram a maior porcentagem de acidez.

Analisando os sólidos solúveis constatou-se que houve interação significativa entre as doses e as formulações de fosfito testadas (Figura 09). Verifica-se aumento com posterior declínio ao aumentar a concentração da fonte de fosfito FCu1. Para as demais formulações, a acidez apresentou média de 22,88 e 21,96 para FCu2 e FK, respectivamente.

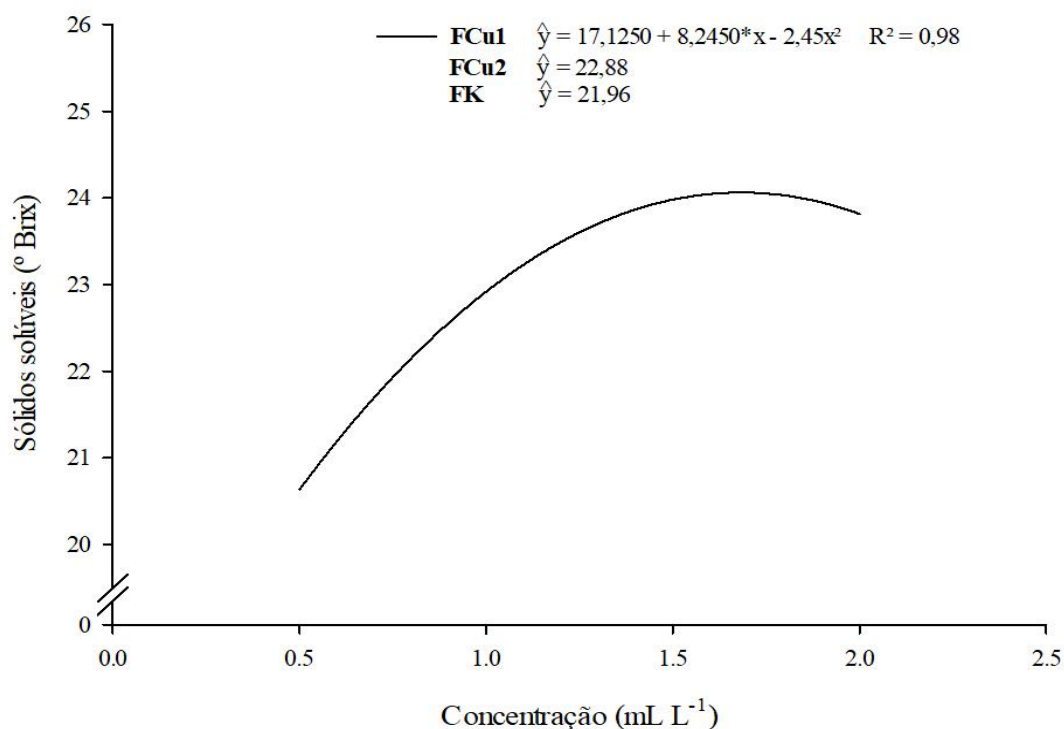


Figura 09- Valores de sólidos solúveis da polpa da banana ‘Prata anã’ submetidos a diferentes formulações de fosfito em diferentes concentrações.

Os sólidos solúveis indicam a quantidade dos sólidos que se encontram dissolvidos na polpa das frutas, que são constituídos principalmente por açúcares. O seu teor varia conforme a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima (Chitarra & Chitarra, 2005).

Durante o amadurecimento ocorre o aumento de SS em decorrência da transformação dos polissacarídeos insolúveis em açúcares solúveis (Bleinroth, 1995; Chitarra; Chitarra 2005). Quando verde, a banana é um fruto que

apresenta alto teor de amido e à medida que amadurece, o amido é quebrado em açúcares para ser utilizado na respiração do fruto, elevando o teor de sólidos solúveis (Pimentel *et al.*, 2010).

O efeito de diferentes fontes de fosfitos em diferentes concentrações foi verificado em mamão por Amaral *et al.*, (2017). Os autores confirmaram que o teor de SS dos frutos tratados com os fosfitos de Ca, K, amônio e fosfito de Ca+B em diferentes concentrações aumentou quando comparados ao tratamento controle.

Efeito similar ao obtido neste experimento foi encontrado por Lopes *et al.* (2017) aplicando fosfitos de Mg, K, Ca, Zn em mamão. Os autores constataram que o teor de sólidos solúveis não foi influenciado pelos fosfitos. Resultado semelhante foi constatado por Fontana *et al.* (2018), os autores verificaram que a aplicação de 2,0 mL L⁻¹ de fosfito de potássio em pêssego não influenciou o teor de SS.

4.0 Conclusões

A menor severidade da antracnose foi obtida na concentração de 1,18 mL L⁻¹ nas fontes FCu1, Fcu2 e FK.

A menor incidência foi obtida na concentração de 1,21 mL L⁻¹ em todas as fontes de fosfito testadas.

As duas fontes de fosfito de cobre promovem menores perdas de massa fresca nos frutos.

Para as características físicas e químicas não houve diferença significativa entre as fontes e concentrações de fosfito utilizadas.

Acknowledgments

The authors acknowledge the financial support from CAPES and FAPEMIG.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest related to this study.

5.0 Referências bibliográficas

Agrofit. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 10/02/2019.

Alencar, F. M. A.; Silva, M. M.; Lima, M. A. C.; Silva, G. G. B.; Castro, F. Evolução da maturação e determinação do ponto de colheita de banana nas condições de cultivo da região do submédio do vale do São Francisco. 2010. Disponível em: Acesso em: 10/02/ 2019.

Alexandre, E. R.; Herculano, L. M.; Silva, da J. M. Oliveira, S. M. A. de. Fosfitos no manejo da antracnose do jiló. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.49, n.12, p.930-938, dez. 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X201400120000.

Amaral, D. D., Monteiro, A. L. R., Silva da, E. I., Lins, S. R. O. de, Oliveira, S. M. A. de. Frequency of quiescent fungi and post-harvest alternative management of stem end rot in Papaya1. Revista Caatinga, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 786 – 793, jul. – set., 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n327rc>.

Antunes, F. Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais: Climatologia agrícola. Informe Agropecuário, v.12, p.9-13, 1986.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. Official methods of analysis of the association of official chemistry, Washington: AOAC, 1992. p. 1115.

Araújo, L.; Stadnik, M. J.; Borsato, L.; Vadebenito-Sanhueza, R. M. (2008). Fosfito de potássio e ulvana no controle da Macha foliar da gala em macieira. Tropical Plant Pathology, v.33, n.2, p.148-152.

Bettiol, W. (2011). Biopesticide Use and Research in Brazil. *Outlooks on Pest Management*, 22(6), 280–283. doi:10.1564/22dec10.

Bleinroth, E. W. Matéria-prima. In: Medina, J. C.; Bleinroth, E. W.; Martin, Z. J. de.; Moreti, V. A. *Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos*. 2. ed. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1995. p.133-196.

Blum, L.E.B.; Amarante, C.V.T. do; Dezanet, A.; Lima, E.B. de; Hack Neto, H.; Ávila, R.D.; Siega, V. Fosfitos aplicados em pós-colheita reduzem o mofo-azul em maçãs 'Fuji' e 'Gala'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.29, p.265-268, 2007. DOI: 10.1590/S0100-29452007000200015.

Bolfarini, A. C. B. Crescimento, produção, aspectos físico-químicos dos frutos e nutrição mineral da bananeira 'FHIA 18' em função da aplicação de fósforo. Botucatu: [s.n.], 2018. 128 p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2018.

Borsoi, A., Santos, P. R. R., Taffarel, L. E., Gonçalves Júnior, A. C. Agrotóxicos: histórico, atualidades e meio ambiente. *Acta Iguazu*, Cascavel, v.3, n.1, p. 86-100, 2014

Carvalho, C. R. L. *et al.* Análises químicas de alimentos. Campinas: ITAL, 1990. 121p.

Chitarra, M. I. F.; Chitarra, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

Dutra, J. B., Blum, L. E. B., Lopes, L. F., Cruz, A. F., Uesugi, C. H. Use of hot water, combination of hot water and phosphite, and 1-MCP as post-harvest treatments for passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) reduces anthracnose and does not alter fruit quality. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* (2018) 59:847–856. <https://doi.org/10.1007/s13580-018-0092-1>

F.A.O. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT – Crops. Production quantities of Bananas by country (2016). Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

Fernandes, E. G., Leal, P. A. M., Sanches, J. Tecnologia de pós-colheita climatização e armazenamento refrigerado na qualidade pós-colheita de bananas 'Nanicão'. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 3, p735-744, 2010.

Ferraz, D. M. M.; Blum, L. E. B.; Barreto, M. L. A.; Uesugi, C. H. Peixoto, J. R. & Cruz, A. F. Fosfito no controle da antracnose e qualidade pós-colheita de goiaba em cultivo convencional e orgânico. *Revista de Agricultura* v.91, n.3, p. 249 - 264, 2016.

Fischer, I. H., Palharini, M. C. A., Fileti, M. de S., Nogueira Júnior, A. F., Parisi, M. C. M. Tratamentos alternativos no controle da antracnose e sobre a qualidade de goiabas 'Pedro Sato'. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 42, n. 4, p. 333-339, 2016. DOI 10.1590/0100-5405/2077.

Fontana, D. C.; Kulczynski, S. M.; Trevisan, R.; Pinheiro, M. V. M.; Diel, M. I. & Pinheiro, M. O Manejo de controle de patógenos durante o desenvolvimento e na pós-colheita de frutos de pessegueiro. *Cultura Agrônômica, Ilha Solteira*, v.27, n.1, p.124-140, 2018.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1618#resultado>>. Acesso em: 05 jan. 2019.

Jackson, T. J.; Burgess, T.; Colquhoun, I. et al. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Pathology*, Edinburgh, v. 49, p.147-154, 2000.

KADER, A. A. (Ed.). *Postharvest technology of horticultural crops*. Oakland: Divisão of Agricultural and Natural Resources. 2nded. California: University of California, 1992. 296p.

Lobato, M.C.; Olivieri, F.P.; Daleo, G.R.; Andreu, A.B. Antimicrobial activity of phosphites against diferente potato pathogens. *Journal of Plant Disease and Protection*, v. 117, n. 3, p. 102-109, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03356343>.

- Lopes, L. F., Cruz, A. F., Barreto, M. L. de A., Vasconcelos, T. M. M., Blum, L. E.B. Post-harvest treatment with Calcium phosphite reduces anthracnose without altering papaya fruit quality. THE JOURNAL OF HORTICULTURAL SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY, 2017. <https://doi.org/10.1080/14620316.2017.1361342>.
- Lucena, C. C. de, Silva, A. C. da, Silva, A. C., Feitosa, O., Almeida, F. F. D., Coneglian, R. C., Vasconcellos, M. A. S. Efeito da película de amido na conservação pós-colheita de frutos de banana cv. "Nanicão". Agronomia, v.38, n.º.2, p. 34 - 37, 2004.
- Moraes, W. S.; Zambolim, L.; Lima, J. D. Quimioterapia de banana 'Prata anã' no controle de podridões pós-colheita. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, v. 75, n. 1, p. 79-84, 2008. DOI: 10.1590/S0100-41582005000600006.
- Rodrigues, M. L. M., Mizobutsi, E. H., Nacarath, I. R. F. F, Fernandes, M. B., Mizobutsi, G. P. Ribeiro, R. C. F., Pinheiro, J. M. da S., Prates, P. J. L. & Lage, G. G. A. (2018). Essential oils in the control of anthracnose on 'Prata Ana' banana. Journal of Agricultural Science; Vol. 10, No. 9; p116. <https://doi.org/10.5539/jas.v10>.
- Santos, T. C., Aguiar, F. S., Rodrigues, M. L. M., Mizobutsi, G. P., Pinheiro, J. M. S. Quality of bananas harvested at diferente development stages and subjected to cold storage. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 48, n. 2, p. 90-97, Apr./Jun. 2018.
- Santos, S. L. dos; Campos, T. de; Dallacosta, N. L; Mazaro, S. M. (2018). Potencial de produtos à base de fosfitos no controle de *Pythium* sp. em condições in vitro. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, Guarapuava-PR, v.11, n.1, p.105-110, jan-abr. DOI: 10.5935/PAeT.V11.N1.13.
- Santos, C. M. S., Vilas Boas, E. V. B., Botrel, N., Pinheiro, A. C. M. Influência da atmosfera controlada sobre a vida pós-colheita e qualidade de banana 'Prata Anã'. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n. 2, p. 317- 322, 2006.
- Sarmiento, D. H. A., Souza, P. A., Sarmiento, J. D. A., Freitas, R. V. S., Salgado Filho, M. Armazenamento de banana 'Prata Catarina' sob temperatura ambiente recobertas com fécula de mandioca e PVC. Revista Caatinga, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 235 – 241, abr. – jun., 2015.
- Shaner G & Finney RF (1977) The effects of nitrogen fertilization on the expression of show-mildwing in knox wheat. *Phytopathology*, 67:1051-1055.
- Silva, I. L. S. S., Resende, M. L. V., Ribeiro Júnior, P. M., Costa, J.C. B., Camilo, F. R., J. C. B. & Salgado, S. M. L. Efeito de nutrientes combinados com indutores de resistência na proteção contra a vassoura-de-bruxa no cacauero. *Ciência Agroecológica*. Lavras, v. 32, n. 1, p. 61-67, jan./fev., 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000100009>.
- Sousa, S. de F., Feitosa, R. M., Figueiredo, R. M. F.de. Aplicação de diferentes revestimentos na conservação pós-colheita da banana cv. Prata. *Nativa*, Sinop, v. 6, n. 6, p. 563-568, nov./dez. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i6.5583>.
- SOUZA, K.C.M. Aspectos tecnológicos e ergonômicos da colheita e pós-colheita da banana (*Musa cavendishii*): um estudo de caso na região do Vale do Ribeira. 2000. 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- Oliveira, E.S.; Viana, F.M.P.; Martins, M.V.V. Alternativas a Fungicidas Sintéticos no Controle da Antracnose da Banana. *Summa Phytopathologica*, v.42, n.4, p.340-350, 2016.
- PBMH & PIF - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA & PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS. Normas de Classificação de Banana. São Paulo: CEAGESP, 2006.
- Pereira, V. F., Resende, M. L. V., Monteiro, A. C. A., Ribeiro Júnior, P. M., Albuquerque, M. de, Regina, M. A. de, Medeiros, F. C.L. Produtos alternativos na proteção da videira contra o míldio Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.45, n.1, p.25-31, jan. 2010.
- Pereira, V. F., Resende, M. L. V. de, Ribeiro Júnior, P. M., Regina, M. A., Mota R. V. da, Vitorino, L.R. R. Fosfito de potássio no controle do míldio da videira e características físico-químicas de uvas Merlot. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.47, n.11, p.1581-1588, nov. 2012.

Pimentel, R. M. de A.; Guimarães, F. N.; Santos, V. M.; Resende, J. C. F. de. Qualidade pós-colheita dos genótipos de banana PA42-44 e Prata-Anã cultivados no norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.32, n.22, p.407-413, 2010.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <https://www.Rproject.org/>. (Acesso em 22/11/2018)

Sautter, C.K.; Storck, L.; Rizzati, M.R.; Mallmann, C.A.; Brackmann, A. Síntese de trans-resveratrol e controle de podridão em maçãs com uso de elicitores em pós-colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.1097-1103, 2008. DOI: 10.1590/S0100-204X2008000900001.

Siqueira, C. L., Rodrigues, M. L. M., Mizobutsi, G. P., Santos, P. G. S. dos, Mota, W. F., Mizobutsi, E. H., Oliveira, G. B. O. Características físico-químicas, análise sensorial e conservação de frutos de cultivares de bananeira resistentes à Sigatoka-negra. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 57, n.5, p. 673-678, set/out, 2010.

Siqueira, C. L., Lopes, O. P., Batista, P. S. C., Rodrigues, M. L. M., Serpa, M. F. P., Mizobutsi, G. P., Mota, W. F. da. Atmosfera modificada e refrigeração na conservação pós-colheita de bananas 'Tropical' e 'Thap Maeo'. *Nativa*, Sinop, v.5, n.3, p.157-162, 2017.

Spolti, P.; Valdebenito-Sanhueza, R. M.; Campos, A. D.; Del Ponte, E. M. (2015). Modo de ação de fosfitos de potássio no controle da podridão olho de boi em maçã. *Summa Phytopathologica*, v.41, n.1, p.42-48.

CONCLUSÕES GERAIS

A aplicação *in vitro* de fosfitos apresentam efeito fungistático no crescimento micelial, esporulação e germinação obtendo controle de até 100% do desenvolvimento de *Colletotrichum musae*.

O FCu2 reduz a incidência da antracnose em até 38% e a severidade 49,5 % quando aplicado nos cachos.

As frequências de aplicação dos fosfitos não interfere na intensidade da antracnose.

A aplicação de fosfitos nos cachos de banana 'Prata anã' aumenta a perda de massa fresca dos frutos.

As formulações de fosfito e as frequências de aplicação testadas não interferem nas variáveis químicas e físicas dos frutos de bananeira "Prata anã".

A menor severidade da antracnose é obtida na concentração de 1.18 mL. L⁻¹ nas fontes FCu1, Fcu2 e FK quando aplicados após a colheita dos frutos.

A menor incidência é obtida na concentração de 1,21 mL. L⁻¹ em todas as fontes de fosfito testadas.

As duas fontes de fosfito de cobre promovem menores perdas de massa fresca nos frutos.

Para as características físicas e químicas não há diferença entre as fontes e concentrações de fosfito utilizadas.