

## Caracterização epidemiológica e fosfitos no manejo da podridão por *Aspergillus niger* em uva de mesa

Daniela Dambros<sup>1</sup>, Ana Leticia Rocha Monteiro<sup>1</sup>, Adriana Pereira de Melo<sup>1</sup>, Severina Rodrigues de Oliveira Lins<sup>2</sup>, Sonia Maria Alves de Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife-PE, Brasil. E-mail: d\_dambros@yahoo.com.br; leticiad2@hotmail.com; adrifito@gmail.com; oliveirasonia55@yahoo.com.br

<sup>2</sup> DeVry Brasil, Faculdade Boa Viagem, Rua Jean Emile Favre, 422, Ipsep, CEP 51200-060, Recife-PE, Brasil: E-mail: linsnina@hotmail.com

### RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar a influência de variáveis epidemiológicas sobre o desenvolvimento da podridão pós-colheita em uva de mesa causada por *Aspergillus niger* Tiegh. e o efeito de sais de fosfitos in vivo e in vitro. A concentração de inóculo ( $10^2$  a  $10^7$  conídios mL<sup>-1</sup>), período de molhamento (0, 12, 24, 36 e 48 h) e temperatura (2, 5, 10, 15, 20 e 25 °C) de dois isolados de *A. niger* foram avaliadas. No manejo pós-colheita, foram utilizados os fosfitos de cálcio, potássio, cobre, magnésio e zinco nas concentrações 0,3; 0,9; 1,25; 1,7 e 2 g L<sup>-1</sup> pela imersão dos cachos de uva. Após 12 e 24 h, as bagas foram feridas e inoculadas com o fungo. As condições favoráveis para o estabelecimento da doença são altas concentrações de inóculo ( $10^6$  e  $10^7$  conídios mL<sup>-1</sup>), período de molhamento de 48 h e temperatura em torno de 25 °C. Os fosfitos apresentam efeito direto sobre o fungo inibindo o crescimento micelial, principalmente o fosfito de zinco. Não há diferença significativa entre os sais para a germinação de conídios. Apenas o fosfito de cálcio é eficiente na redução da severidade da doença em bagas inoculadas 12 h após o tratamento. Os tratamentos não influenciam significativamente as características físico-químicas dos frutos.

**Palavras-chave:** epidemiologia, pós-colheita, *Vitis vinifera* L. cv. Itália

## *Epidemiological characteristics and phosphites in the management of Aspergillus niger rot on table grape*

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of epidemiological characteristics on the development of postharvest rot in table grape caused by *Aspergillus niger* Tiegh. and the effect of phosphite salts in vitro and in vivo. The inoculum concentration ( $10^2$  to  $10^7$  conídios mL<sup>-1</sup>), wetness period (0, 12, 24, 36 and 48 h) and temperature (2, 5, 10, 15, 20 and 25 °C) of two *A. niger* isolates were evaluated. At postharvest management were used Ca, K, Cu, Mg e Zn phosphites at the concentrations 0.3; 0.9; 1.25; 1.7 and 2 g L<sup>-1</sup> by dipping the grape clusters. After 12 and 24 h, the berries were wounded and inoculated with the fungus. The favorable conditions for the establishment of disease are high inoculum concentration ( $10^6$  and  $10^7$  conídios mL<sup>-1</sup>), 48 h of wetness period and temperature about 25 °C. Phosphites shown to have a direct effect on the fungus by inhibiting the mycelial growth, especially zinc phosphite. There were no significant difference between phosphites for conidia germination. Just calcium phosphite is efficient in reducing disease severity, on the berries inoculated 12 hours after treatment. The treatments do not influence the chemical characteristics of grapes.

**Key words:** epidemiology, postharvest, *Vitis vinifera* L. cv. Italy

## Introdução

A principal causa da rápida deterioração pós-colheita em uvas de mesa é a infecção causada por fungos (Teles et al., 2014). A podridão causada por *Aspergillus niger* Tiegh. é considerada problemática no Pólo Petrolina-Juazeiro (Camargo et al., 2012). Espécies pertencentes a *Aspergillus* seção Nigri, durante a infecção de uvas, podem produzir a Ocratoxina A, uma micotoxina nefrotóxica e carcinogênica, resultando em riscos a saúde humana (Garmendia & Vero, 2016).

As podridões reduzem a vida útil do produto e resulta em perdas econômicas na produção de uva e vinho no mundo todo (Steel et al., 2013). Estima-se que as perdas pós-colheita estão em torno de 39% de produtividade e 30% do valor da uva, quando a mesma é afetada por *Aspergillus* sp. e outros fungos causadores de podridões como *Penicillium* spp., *Alternaria* spp., *Botrytis cinerea* e *Rhizopus stolonifer*, inclusive em câmara fria a 0 °C (Jiang et al., 2014).

Estudos relacionados aos aspectos epidemiológicos de *A.niger* em uva de mesa na pós-colheita são escassos. No entanto, o conhecimento das condições favoráveis aos fitopatógenos na interação patógeno-hospedeiro é fundamental para auxiliar na prevenção de riscos de epidemias (Michailides, 2010). O método mais comum para controlar os danos pós-colheita em uvas de mesa é a utilização de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), durante o armazenamento e transporte. Porém, a sua aplicação não é considerada sustentável, pois seus resíduos podem afetar a saúde humana (Shi et al., 2013), além de prejudicar o sabor das bagas (Fernández-Trujillo et al., 2008). Com isso, há uma necessidade de implementar estratégias alternativas a fim de manter a qualidade das uvas de mesa de forma segura, eficaz e econômica.

Sais de fosfitos são derivados do ácido fosforoso e merecem avaliação como alternativas de fungicidas pós-colheita convencionais por contribuir a partir de múltiplos mecanismos na redução de incidência de podridões em frutas e hortaliças em pós-colheita (Cerioni et al., 2013). Duas formulações de fosfito de potássio comerciais são registradas para uso pós-colheita nos Estados Unidos (KPhos; Pace International e Fungi-Phite; Plant Protectants Inc.) e são isentos de tolerâncias de resíduos (Environmental Agency Protection, 2015). Podem atuar desde a inibição direta do fungo até a expressão de enzimas responsáveis bioquimicamente pela resistência do tecido do fruto à podridão (Deliopoulos et al., 2010; Youssef & Roberto, 2014). Tais respostas de defesa incluem síntese de proteínas relacionadas à patogenicidade (proteínas-RP), dentre elas as quitinases, β-1,3-glucanase e a fenilalanina amônia-liase (FAL), sendo a FAL, a enzima chave na rota de síntese de compostos fenólicos e acúmulo de lignina em tecidos adjacentes ao local de penetração do patógeno (Durrant & Dong, 2004).

O objetivo do trabalho foi avaliar as variáveis epidemiológicas que favorecem o desenvolvimento da podridão por *Aspergillus* em uva de mesa e o efeito de fosfitos aplicados na pós-colheita.

## Material e Métodos

### Influência de variáveis epidemiológicas na severidade da podridão por *Aspergillus* em uva de mesa cv. Itália

No experimento de avaliação das variáveis epidemiológicas foi utilizado o isolado menos agressivo (A1) e o mais agressivo (A16) baseado em teste de agressividade preliminar obtidos a partir de diferentes hospedeiros, dentre eles, cebola, manga, limão e uva. Foram utilizados cachos de uva cv. Itália no estágio de maturação comercial provenientes da Companhia de Abastecimento de Armazéns Gerais do Estado de Pernambuco (CEAGEPE), Recife, Pernambuco, Brasil. As bagas receberam ferimentos, com auxílio de um furador de oito agulhas com 2 mm de profundidade e posteriormente foram inoculadas pela deposição de 10µL da suspensão de conídios de cada um dos isolados de *A. niger*.

O primeiro parâmetro avaliado foi a concentração de inóculo: os isolados foram inoculados com 10<sup>2</sup>, 10<sup>3</sup>, 10<sup>4</sup>, 10<sup>5</sup>, 10<sup>6</sup> e 10<sup>7</sup> conídios mL<sup>-1</sup>. Em seguida os cachos foram acondicionados em câmara úmida por 48 h e armazenados em condições de laboratório (25 ± 2°C/ U.R. 70%) por cinco dias.

Para avaliação do período de molhamento, as bagas de uva foram inoculadas e os cachos mantidos sob câmara úmida durante 0, 12, 24, 36 e 48 h utilizando a concentração de inóculo que causou a maior severidade da doença no ensaio anterior. Para o parâmetro temperatura, foram utilizadas a concentração de inóculo e o período de molhamento que mais favoreceram a severidade da doença, estabelecidos nos ensaios anteriores. Em seguida, as bagas de uva foram aclimatadas nas temperaturas de 2, 5, 10, 15, 20 e 25 °C, em incubadora do tipo BOD (Biochemistry Oxygen Demand). O delineamento experimental utilizado nos três ensaios foi inteiramente casualizado, testando-se seis concentrações de inóculo, cinco períodos de molhamento e seis temperaturas. Os tratamentos constituíram de cinco repetições e a unidade amostral foi composta por um cacho de uva com quatro bagas inoculadas ao acaso. As avaliações foram realizadas cinco dias após a inoculação, medindo-se o tamanho da lesão com paquímetro digital. Esses ensaios foram realizados em duplicata para confirmação dos resultados. Os dados de severidade obtidos dos parâmetros concentração de inóculo e período de molhamento foram submetidos à análise de regressão, para selecionar os modelos com os melhores ajustes às curvas de severidade da podridão das bagas baseado no coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Para o parâmetro temperatura foi utilizado a comparação de médias e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram efetuadas no programa Statistix 9.0.

### Efeito in vitro de fosfitos sob o desenvolvimento de *A. niger*

Os fosfitos (Fosfitotal Intercurf, Campinas, SP, Brasil) de cálcio (Phi Ca 18%, 64% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), potássio (Phi K 38%, 58% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), magnésio (Phi Mg 11,5%, 74% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), zinco (Phi Zn 25%, 59% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cobre (Phi Cu 13%, 31,5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) foram testados quanto a sua capacidade de reduzir o crescimento micelial e a esporulação do isolado mais agressivo de *A. niger*. Para avaliar a inibição do crescimento micelial (ICM), o ensaio foi realizado incorporando-se os fosfitos ao meio de

cultura BDA fundente (45-50 °C) previamente autoclavado, nas concentrações de 0,3; 0,9; 1,25; 1,7 e 2,0 g L<sup>-1</sup>. Após solidificação do meio, discos de meio de cultura, com 3 mm de diâmetro, contendo estruturas do fungo, foram colocados no centro das placas de Petri e incubadas a 25 °C. A testemunha consistiu no crescimento do fungo sem os fosfitos. Utilizaram-se cinco placas/Phi/fungo. A determinação da inibição do crescimento micelial foi realizada através da mensuração dos diâmetros ortogonais.

Para avaliar a germinação, os fosfitos foram diluídos em água destilada, obtendo-se as concentrações citadas acima. A suspensão foi obtida a partir de colônia fúngica de *A. niger*, com 7 dias de incubação em meio BDA e ajustada para uma concentração de 10<sup>6</sup> conídios mL<sup>-1</sup>. Aliquotas de 20 µL contendo as concentrações indicadas dos produtos foram colocadas em lâminas de vidro escavadas, com quatro repetições. Em seguida, foi adicionado 20 µL da suspensão de conídios. A testemunha constituiu-se apenas da suspensão de conídios em água destilada esterilizada (ADE). Após 24 h em regime de luz contínua, foi realizada a contagem de 100 conídios, em uma média de quatro repetições através de observação sob microscópio óptico com 40x de aumento. O conídio foi considerado germinado independentemente do tamanho do tubo germinativo.

Para determinar a inibição do crescimento micelial e da germinação foi utilizada a relação de Latifa et al. (2011). A concentração de fosfito efetiva (g L<sup>-1</sup>) para inibir 50% desses parâmetros avaliados (CE<sub>50</sub>) foi calculada conforme descrito por Pereira et al. (2012). Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias através do programa Statistix 9.0.

### Tratamento pós-colheita em uvas de mesa cv. Itália

As uvas de mesa cv. Itália foram tratadas com os mesmos produtos e doses já citadas no item anterior. A testemunha constou da imersão dos frutos em água. Os cachos em estágio de maturação comercial provenientes da CEAGEPE, Recife, Pernambuco foram lavados e desinfestados com hipoclorito de sódio a 1%. Em seguida os frutos foram imersos em recipientes de 4L com a solução dos fosfitos por 15 minutos. A inoculação foi realizada em dois tempos diferentes: 12 e 24 h após o tratamento. Os frutos foram mantidos em bandejas de poliestireno expandido no interior de sacos plásticos formando uma câmara úmida por 48 h e armazenados sob temperatura de 25 ± 2°C e umidade relativa de 70% em sala de incubação. Após cinco dias, os sintomas da doença foram quantificados, avaliando a severidade pela mensuração da área lesionada com paquímetro digital. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (5x5), representados por tratamento e dose com cinco repetições e quatro bagas como unidade amostral. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Esse ensaio foi realizado em triplicata para confirmação dos resultados.

Para as características físico-químicas foram analisados sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (AT) e potencial hidrogeniônico (pH) da polpa das bagas. Após maceração das bagas, para verificar os sólidos solúveis totais

foram retirados 20 µL do suco e depositados sobre o visor do refratômetro modelo Exacta+Optech GmbH (0-32 °Brix). A acidez titulável foi determinada por titulação conforme a metodologia descrita na Association of Official Analytical Chemists (1990) e o pH com leitura direta em potenciômetro Quimis Q-400A. f

## Resultados e Discussão

Os parâmetros epidemiológicos em estudo influenciaram o desenvolvimento da podridão causada por *A. niger* em bagas de uva de mesa cv. Itália. O modelo polinomial quadrático ( $y = a+bx+cx^2$ , onde  $a$  = área lesionada e  $x$  = concentração de inóculo) proporcionou excelente ajuste das curvas de progresso da severidade da doença em função das concentrações de inóculo, com coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) de 95,3% para o isolado A1 e 92,4% para o isolado A16 (Figura 1A e 1B). A concentração aplicada de 10<sup>7</sup> conídios mL<sup>-1</sup> ocasionou as maiores lesões nas bagas, apresentando 13,9 e 17,9 mm para o isolado menos agressivo (A1) e mais agressivo (A16), respectivamente. Para o isolado A1, a concentração de 10<sup>7</sup> conídios mL<sup>-1</sup> causou lesões significativamente maiores em relação as demais. Para o isolado A16 a concentração de 10<sup>7</sup> conídios mL<sup>-1</sup> também apresentou maior lesão, porém não diferiu estatisticamente de 10<sup>6</sup>, 10<sup>5</sup> e 10<sup>4</sup> conídios mL<sup>-1</sup>, pelo teste de Tukey (P ≤ 0,05). Oliveira et al. (2014) também observaram que as maiores lesões em melão causadas por *Fusarium semitectum* foram na concentração de inóculo de 10<sup>6</sup> conídios mL<sup>-1</sup>, mas a menor concentração (10<sup>1</sup> conídios mL<sup>-1</sup>) foi suficiente para causar lesões. Os isolados A1 e A16, na menor concentração (10<sup>2</sup> conídios mL<sup>-1</sup>), apresentaram lesões de 2,24 e 5,66 mm, respectivamente. Esse resultado sugere que apenas uma quantidade mínima de inóculo viável causa doença.

O modelo polinomial cúbico ( $y = a+bx+cx^2+dx^3$ , onde  $a$  = área lesionada e  $x$  = período de molhamento) foi o que proporcionou melhor ajuste das curvas de progresso da severidade da doença em função do período de molhamento, com coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) de 99,7% para o isolado A1 e 97,49% para o isolado A16 (Figura 1C e 1D). Esse resultado demonstra que a umidade é fator fundamental para o desenvolvimento do fungo. O isolado A1 apresentou menor tamanho médio da lesão (3,9 mm) quando os cachos não foram submetidos a câmara úmida. Houve diferença significativa em relação aqueles que submeteram-se aos períodos de 12, 24, 36 e 48 h. Já para o isolado A16, no período de 48 h houve maior tamanho da lesão (15,7 mm) diferindo estatisticamente dos demais. Belli et al. (2007) obtiveram resultados semelhantes quando submeteram as uvas inoculadas com *Aspergillus carbonarius* a 100% de umidade. No entanto, o fungo cresceu até mesmo em baixos níveis de umidade, revelando que a presença de água livre na superfície é suficiente para o seu desenvolvimento.

A temperatura influenciou significativamente (P ≤ 0,05) a incidência da podridão em bagas de uva causada por *A. niger* (Figura 1E e 1F). Os dados não foram submetidos a regressão nesse parâmetro, pois não foi observada a incidência de podridão em bagas incubadas nas temperaturas de 2, 5, 10 e 15 °C para ambos os isolados. O maior tamanho de lesão foi observada em frutos incubados a 25 °C com 16,6 mm e 20,1

mm para os isolados A1 e A16, respectivamente, diferindo estatisticamente das lesões obtidas por estes mesmos isolados quando incubados a 20 °C. Spadaro et al. (2010) verificaram que a temperatura ótima para o crescimento de *A. carbonarius* isolado de uva foi de 30 °C, além de apresentar maior produção de ocratoxina A (OTA), altamente tóxica para o homem e animais. A faixa de temperatura entre 20-26 °C é considerada ideal para isolados de *A. niger* e *Aspergillus ochraceus* em uvas para vinho (Bellí et al., 2004).

A temperatura é um fator particularmente importante no processo infeccioso ocasionado por diversos patógenos e está diretamente relacionado a sanidade dos produtos vegetais.

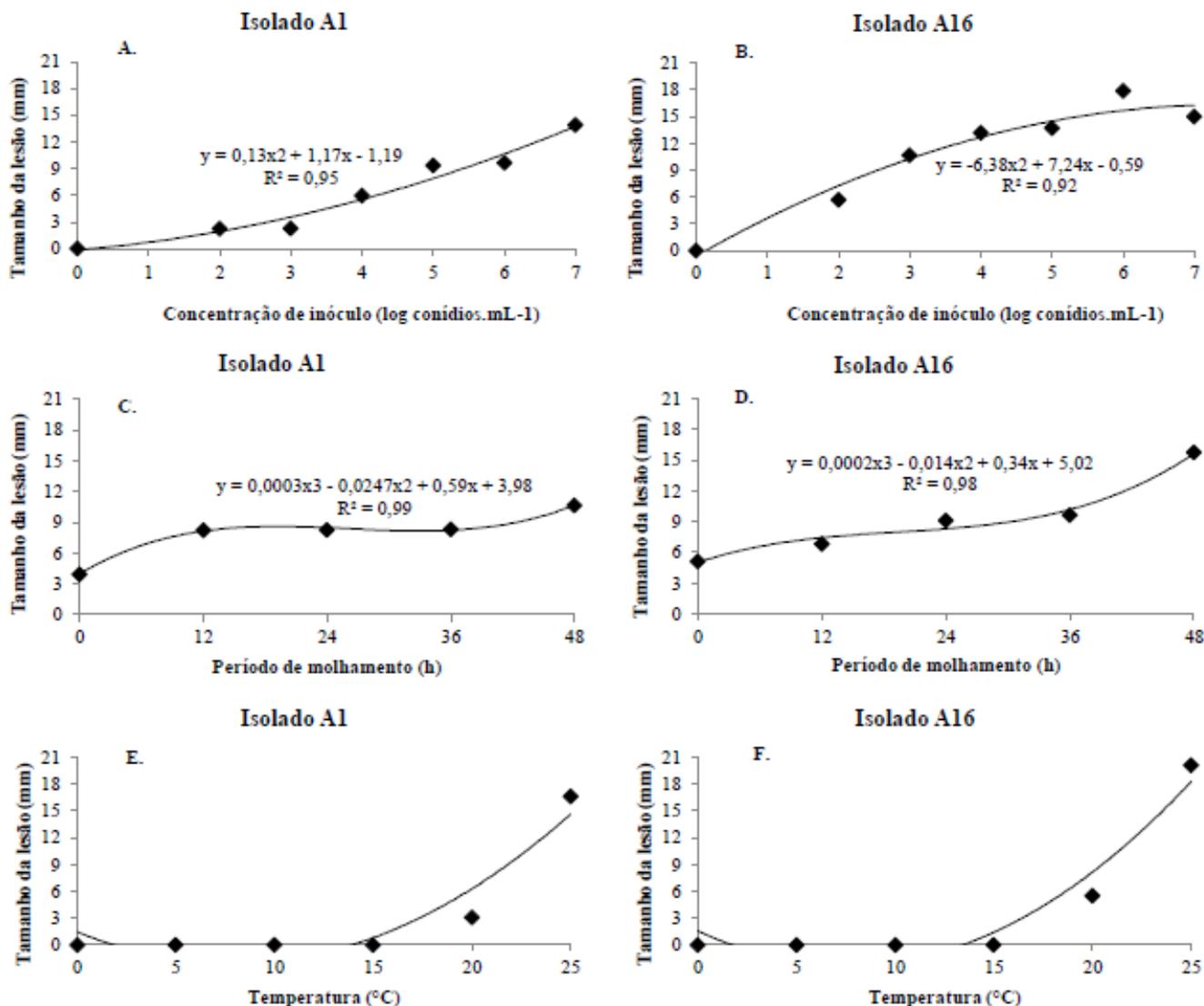
Na Tabela 1 pode-se verificar que todos os fosfitos inibiram o crescimento micelial sendo mais eficiente o Phi Zn, com menor  $CE_{50}$ . Lucero et al. (2014) ao verificarem a atividade fungistática desse sal sobre o crescimento micelial de *Phytophthora nicotianae* obtiveram  $CE_{50}$  de 0,0006, inibindo completamente o crescimento do fungo. O Phi Ca não diferiu estatisticamente dos Phi K, Mg e Cu, apesar de apresentar menor valor de  $CE_{50}$ . Todos os fosfitos inibiram a germinação de conídios, porém não houve diferença significativa entre

**Tabela 1.** Concentração efetiva inibitória de 50% ( $CE_{50}$ ) do crescimento micelial e da germinação de conídios de *Aspergillus niger* pelos fosfitos in vitro

Tratamento	$CE_{50}$ (g L <sup>-1</sup> .i.a.*)	
	Crescimento micelial	Germinação
Phi Ca	0,047 ab (0,009)	0,816 ns (0,065)
Phi K	0,127 a (0,035)	0,799 ns (0,027)
Phi Mg	0,143 a (0,068)	1,464 ns (0,048)
Phi Cu	0,149 a (0,028)	1,177 ns (0,353)
Phi Zn	0,010 b (0,003)	1,374 ns (0,064)
CV (%)	86,1	32,7

\*g L<sup>-1</sup> de ingrediente ativo. Letras iguais na coluna não diferem significativamente pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ). ns.: Não significativo ( $p = 0,06$ ); Erro padrão nos parênteses; Phi Ca: fosfito de cálcio; ; Phi K: fosfito de potássio; Phi Mg: fosfito de magnésio; Phi Cu: fosfito de cobre; Phi Zn: fosfito de zinco; CV: Coeficiente de variação.

os mesmos. No entanto, observa-se maior sensibilidade do patógeno aos Phi K e Ca, por apresentarem os menores valores de  $CE_{50}$ , 0,7 e 0,8, respectivamente. Já quando foram aplicados os fosfitos de Mg, Cu e Zn, a  $CE_{50}$  foi quase duas vezes maior. Lobato et al. (2010) também observaram o efeito de fosfitos de Ca e K no crescimento de *Phytophthora infestans*, com valores de  $CE_{50}$  de 0,09 e 0,15, respectivamente. Em relação a *Fusarium solani* a  $CE_{50}$  foi menor para o Phi Ca com 1,3 enquanto que o



**Figura 1.** Influência da concentração de inóculo (Figura 1A e 1B), período de molhamento (Figura 1C e 1D) e temperatura (Figura 1E e 1F) de um isolado menos agressivo A1 (esq.) e de um isolado mais agressivo A16 (dir.) de *Aspergillus niger* na severidade da podridão por *Aspergillus* em uva de mesa

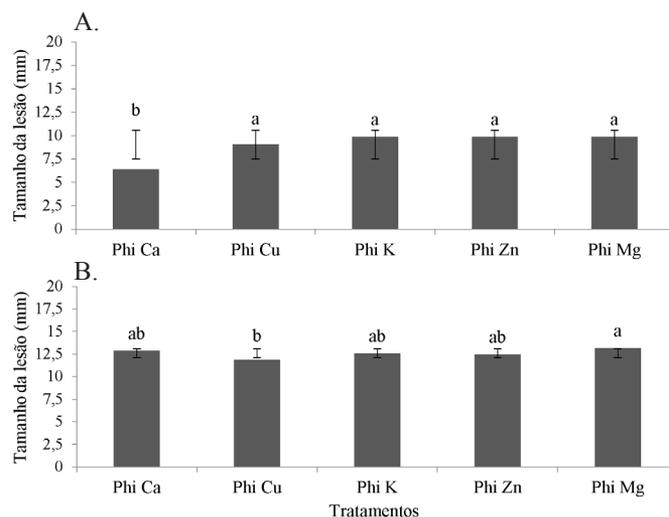
Phi K, apresentou 3,6. Segundo esses autores, isso pode ocorrer porque o Phi K não produz o importante efeito da acidificação do meio como o Phi Ca. Avaliar produtos que proporcionam a inibição da esporulação, é de grande importância no manejo pós-colheita (Njombolwana et al., 2013), tendo em vista que a esporulação do patógeno no ambiente pós-colheita pode levar a contaminação de frutos sadios.

A eficiência dos Phi Ca, K, Mg, Zn e Cu aplicados em cachos de uva cv. Itália, em dois tempos de inoculação, 12 e 24 h após os tratamentos é apresentada na Figura 2. Não houve interação significativa entre os fatores tratamento e dose, em ambos os intervalos de tempo entre tratamento e inoculação (12 e 24 h). Apenas o fator tratamento apresentou diferença significativa pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Pode-se verificar que para cachos imersos 12h antes da inoculação, Phi Ca proporcionou um tamanho médio da lesão de 6,4 mm significativamente menor aos demais fosfitos e a testemunha (Figura 2A). Phi K, Cu, Mg e Zn não apresentaram diferenças significativas da testemunha, mostrando ser ineficazes para esse patossistema. Youssef & Roberto (2014) verificaram redução significativa de sais de cálcio e potássio na incidência de *Botrytis cinerea* em uva de mesa cv. Itália quando aplicados na pré-colheita, pós-colheita e combinação dos dois.

O cálcio, conhecido por sua capacidade de reduzir ou retardar desordens parasitárias e fisiológicas em frutas e legumes, apresentou resultados promissores no controle de podridões quando aplicado tanto como sais orgânicos e inorgânicos (Cicarese et al., 2013).

Nos dois intervalos de tempo, é possível verificar que a solução dos fosfitos apresentou maior efeito protetor quando os cachos foram inoculados 12 h após o tratamento. Isso sugere que a ação do produto é imediata, e após determinado período não apresenta efeito protetor significativo. Segundo Burra et al. (2014), quando estudaram o transcriptoma e secretoma de *Solanum tuberosum*, verificaram que os Phi apresentaram um efeito rápido e transitório no transcriptoma, com uma clara resposta de 3h após o tratamento, e o efeito durou menos de 24 h.

As características físico-químicas das bagas de uva estão na Tabela 2. Como pode-se verificar, não houve efeito dos tratamentos sobre o pH que variou entre 3,7-3,9. Isso demonstra que não houve interferência dos tratamentos na qualidade do produto. Da mesma forma, Pereira et al. (2010) também não constataram diferenças na qualidade analítica de bagas tratadas com fosfitos. Para sólidos solúveis totais e acidez titulável foram observadas pequenas alterações pela aplicação dos fosfitos. Phi Zn, Cu e Mg apresentaram um pequeno acréscimo no teor de SST das bagas com 14,3, 14 e 13,9 °Brix, respectivamente. Gomes et al. (2011) também verificaram essa ocorrência quando fosfito de potássio foi aplicado na pré-colheita em videiras. Phi Ca e K não influenciaram nesse parâmetro e não apresentaram diferenças com a testemunha. Além disso, em todos os tratamentos ocorreu um pequeno aumento na acidez titulável, variando de 1,0-1,2. O mesmo cenário ocorreu quando Gomes et al. (2011) aplicaram fosfito de potássio em videira Isabel, aumento da acidez titulável e redução do pH do mosto.



Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Phi Ca: fosfito de cálcio; Phi Cu: fosfito de cobre; Phi K: fosfito de potássio; Phi Zn: fosfito de zinco; Phi Mg: fosfito de magnésio; T: testemunha

**Figura 2.** Influência dos fosfitos no tamanho médio da lesão (mm) causada por *Aspergillus niger* em bagas de uva de mesa armazenadas a 25 °C quando tratadas 12h (A) e 24h (B) antes da inoculação

**Tabela 2.** Valores médios de pH, sólidos solúveis totais (SST), expressos em ° Brix e acidez titulável (AT), expressos em g.ác.citríco.100g<sup>-1</sup> de bagas de uva de mesa cv. Itália após tratamento com fosfitos e inoculação com *Aspergillus niger*

Tratamento	Parâmetros		
	pH	SST	AT
Phi Zn	3,8	14,3 a	1,1 ab
Phi Cu	3,9	14,0 a	1,2 a
Phi Ca	3,8	13,0 b	1,0 b
Phi K	3,7	13,2 b	1,1 ab
Phi Mg	3,8	13,9 a	1,2 a
Testemunha	3,8	13,1 b	0,85 c
CV (%)	1,52	13,1	16,7

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ( $p \leq 0,05$ ). Phi Ca: fosfito de cálcio; Phi Cu: fosfito de cobre; Phi K: fosfito de potássio; Phi Zn: fosfito de zinco; Phi Mg: fosfito de magnésio; T: testemunha. CV: Coeficiente de variação.

## Conclusões

As condições ótimas para a ocorrência da podridão por *Aspergillus* em uva de mesa são: alta concentração de inóculo ( $10^7$  conídios mL<sup>-1</sup>) por um período de molhamento de 48h e temperatura em torno de 25 °C;

Apesar de *A. niger* apresentar sensibilidade in vitro aos sais de fosfitos, os mesmos quando aplicados nos cachos de uva cv. Itália não proporcionam, de modo geral, redução na severidade da doença.

## Literatura Citada

- Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15.ed. Washington: AOAC, 1990. 684p.
- Bellí, N.; Marín, S.; Coronas, I.; Sanchis, V.; Ramos, A.J. Skin damage, high temperature and relative humidity as detrimental factors for *Aspergillus carbonarius* infection and ochratoxin A production in grapes. Food Control, v.18, n.11, p.1343-1349, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.02.014>>.

- Bellí, N.; Pardo, E.; Marín, S.; Farré, G.; Ramos, A.J.; Sanchis, V. Occurrence of ochratoxin A and toxigenic potential of fungal isolates from Spanish grapes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.84, n.6, p.541–546, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.1658>>.
- Burra, D.D.; Berkowitz, O.; Hedley, P.; Morris, J.; Resjo, S.; Levander, F.; Liljeroth, E.; Andreasson, E.; Alexandersson, E. Phosphite-induced changes of the transcriptome and secretome in *Solanum tuberosum* leading to resistance against *Phytophthora infestans*. *BMC Plant Biology*, v.14, n.254, p.2-17, 2015. <<http://dx.doi.org/10.1186/s12870-014-0254-y>>.
- Camargo, R.B.; Terao, D.; Peixoto, A.R.; Ono, E.O.; Cavalcanti, L.S.; COSTA, R.M. Atmosfera modificada na conservação da qualidade de uva ‘Thompson Seedless’ e na redução da podridão de *Aspergillus*. *Summa Phytopathologica*, v.38, n.3, p.216-222, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052012000300006>>.
- Cerioni, L.; Rapisarda, V. A.; Doctor, J.; Fikkert, S.; Ruiz, T.; Fassel, R.; Smilanick, J. L. Use of phosphite salts in laboratory and semicommercial tests to control citrus postharvest decay. *Plant Disease*, v. 97, n. 2, p. 201-212, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-03-12-0299-RE>>.
- Cicarese, A.; Stellacci, A.M.; Gentileco, G.; Rubino, P. Effectiveness of pre- and post-veraison calcium applications to control decay and maintain table grape fruit quality during storage. *Postharvest Biology and Technology*, v.75, p.135–141, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.08.010>>.
- curative and protective control of *Penicillium digitatum* following imazalil application in wax coating. *Postharvest Biology and Technology*, v. 77, p. 102-110, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.11.009>>.
- Deliopoulos, T.; Kettlewell, P. S.; Hare, M. C. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review. *Crop Protection*, v. 29, n.10, p. 1059-1075, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.011>>.
- Durrant, W. E.; Dong, X. Systemic acquired resistance. *Annual Review of Phytopathology*, v. 42, p. 185-209, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.phyto.42.040803.140421>>.
- Environmental Protection Agency. Title 40: Protection of Environment, Part 180. Code of Federal Reg. 71:49373. 2006. <<https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-180>>. 20 Fev. 2015.
- Fernández-Trujillo, J.M.; Obando-Ulloa, J.M.; Baró, R.; Martínez, J.A. Quality of two table grapes guard cultivars treated with single or dual-phase release SO<sub>2</sub> generators. *Journal of Applied Botany Food Quality*, v.82, n.1, p.1–8, 2008. <<http://pub.jki.bund.de/index.php/JABFQ/article/viewFile/1837/2456>>. 19 Fev. 2015.
- Garmendia, G.; Vero, S. Occurrence and biodiversity of *Aspergillus* section *Nigri* on ‘Tannat’ grapes in Uruguay. *International Journal of Food Microbiology*, v. 216, p. 31–39, 2016. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.08.020>>.
- Gomes, E.C.S.; Leite, R.P.; Silva, F.J.A.; Cavalcanti, L.S.; Nascimento, L.C.; Silva, S.M. Manejo do míldio e ferrugem em videira com indutores de resistência: produtividade e qualidade pós-colheita. *Tropical Plant Pathology*, v.36, n.5, p.332-335, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762011000500009>>.
- Jiang, C.; Shi, J.; Liu, Y.; Zhu, C. Inhibition of *Aspergillus carbonarius* and fungal contamination in table grapes using *Bacillus subtilis*. *Food Control*, v. 35, n. 1, p. 41-48, 2014. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.06.054>>.
- Latifa, A.; Idriss, T.; Hassan, B.; Amine, S.M.; Hassane, B.; Abdallah, A.B.A. Effects of organic acids and salts on the development of *Penicillium italicum*: the causal agent of citrus blue mold. *Plant Pathology Journal*, v.10, n.3, p.99-107, 2011. <<http://dx.doi.org/10.3923/ppj.2011.99.107>>.
- Lobato, M.C.; Olivieri, F.P.; Daleo, G.R.; Andreu, A.B. Antimicrobial activity of phosphites against different potato pathogens. *Journal of Plant Disease and Protection*, v. 117, n. 3, p. 102-109, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1007/BF03356343>>.
- Lucero, G.; Boiteux, J.; Pizzuolo, P.; Hapon, M.V. Effect of copper, zinc and potassium phosphites on the mycelium growth of *Phytophthora nicotianae* in olive tree dry branch disease. *Acta Horticulturae*, v.1057, p. 437-442, 2014. <<http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1057.55>>.
- Michailides, T.J.; Morgan, D.P.; Luo, Y. Epidemiological assessments and postharvest disease incidence. In: Prusky, D.; Gullino, M. L. (Eds.) *Postharvest pathology, plant pathology in the 21st Century*. Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V., 2010. v. 2, Chap. 6, p. 69-88.
- Njombolwana, N.S.; Erasmus, A.; Fourie, P.H. Evaluation of curative and protective control of *Penicillium digitatum* following imazalil application in wax coating. *Postharvest Biology and Technology*, v.77, p.102-110, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.11.009>>.
- Oliveira, M.J.; Laranjeira, D.; Câmara, M.P.S.; Barbosa, F.F.L.; Armengol, J.; Michereff, S.J. Effects of wounding, humidity, temperature, and inoculum concentrations on the severity of corky dry rot caused by *Fusarium semitectum* in melon fruits. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 36, n. 3, p. 281-289, 2014. <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v36i3.17656>>.
- Pereira, A.V.S.; Martins, R.B.; Michereff, S.J.; Silva, M.B.; Câmara, M.P.S. Sensitivity of *Lasiodiplodia theobromae* from Brazilian papaya orchards to MBC and DMI fungicides. *European Journal of Plant Pathology*, v.132, n.4, p.489-498, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1007/s10658-011-9891-2>>.
- Pereira, V.F.; Resende, M.L.V.; Monteiro, A.C.A.; Ribeiro Júnior, P.M.; Regina, M. A.; Medeiros, F.C.L. Produtos alternativos na proteção da videira contra o míldio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.1, p.25-31, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000100004>>.
- Shi, S.; Wang, W.; Liu, L.; Wu, S.; Wei, Y.; Li, W. Effect of chitosan/nano-silica coating on the physicochemical characteristics of longan fruit under ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, v.118, n.1 p.125-131. 2013. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.03.029>>.

- Spadaro, D.; Patharajan, S.; Lore, A.; Gullino, M.L.; Garibaldi, A. Effect of pH, water activity and temperature on the growth and accumulation of ochratoxin A produced by three strains of *Aspergillus carbonarius* isolated from Italian vineyards. *Phytopathologia Mediterranea*, v. 49, n.1, p. 65–73, 2010. <[http://dx.doi.org/10.14601/Phytopathol\\_Mediterr-3299](http://dx.doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-3299)>.
- Steel, C. C.; Blackman, J. W.; Schmidtke, L. M. Grapevine bunch rots: impacts on wine composition, quality, and potential procedures for the removal of wine faults. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 61, n. 22, p. 5189–5206, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1021/jf400641r>>.
- Teles, C.S.; Benedetti, B.C.; Gublerb, W.D.; Crisosto, C.H. Prestorage application of high carbon dioxide combined with controlled atmosphere storage as a dual approach to control *Botrytis cinerea* in organic ‘Flame Seedless’ and ‘Crimson Seedless’ table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, v. 89, p. 32–39, 2014. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.11.001>>.
- Youssef, K.; Roberto, S. R. Applications of salt solutions before and after harvest affect the quality and incidence of postharvest gray mold of ‘Italia’ table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, v. 87, p. 95-102, 2014. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.08.011>>.