



# Revista Agrária Acadêmica

[Agrarian Academic Journal](#)

Volume 3 – Número 3 – Mai/Jun (2020)



doi: 10.32406/v3n32020/128-137/agrariacad

**Efeito do Fosfito de Potássio, Silício e Quitosana na resistência da roseira à infecção por *Peronospora sparsa*.** Effect of Potassium Phosphite, Silicon and Chitosan in resistance of rose in response to infection by *Peronospora sparsa*.

[Pablo Israel Álvarez Romero](#)<sup>1\*</sup>, [Ana Francisca Tibúrcia Amorim Ferreira e Ferreira](#)<sup>2</sup>, Rómulo Garcia Velasco<sup>3</sup>, Martha Elena Mora Herrera<sup>3</sup>, Martha Lidya Salgado Siclán<sup>3</sup>, Carlos Francisco Carpio Coba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Recursos Naturales/Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba/CH, Ecuador. Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba - Ecuador. CEP: EC060155

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical/Universidade Federal do Amazonas-UFAM, Manaus/AM, Brasil.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca - México.

\*Autor para correspondência: E-mail: [pabloi.alvarez@epoch.edu.ec](mailto:pabloi.alvarez@epoch.edu.ec)

## Resumo

Neste trabalho foi avaliado o uso de indutores de resistência (fosfito de potássio, silício e quitosana) na resistência da roseira à infecção causada por *P. sparsa*. A severidade da doença, o teor de fenóis totais e de peróxido de hidrogênio foram avaliados e foram reduzidos significativamente em plantas tratadas com fosfito de potássio quando comparados à testemunha. A atividade enzimática das enzimas peroxidase e polifenoloxidase aumentou em plantas tratadas com fosfito de potássio. Os resultados apontam que o fosfito de potássio é uma alternativa no manejo de míldio da roseira, reduzindo a infecção pelo patógeno e alterando aspectos bioquímicos relacionados a respostas de defesa na roseira.

**Palavras-chave:** Severidade. Peroxidase. POD. PFO. Fenóis totais.

## Abstract

In this work, was evaluated the resistance inducers (potassium phosphite, silicon and chitosan) in the resistance of rose to infection caused by *P. sparsa*. The disease severity, the content of total phenols and hydrogen peroxide were evaluated and were significantly reduced in plants treated with potassium phosphite when compared to the control. The enzymatic activity of peroxidase and polyphenol oxidase enzymes increased in plants treated with potassium phosphite. The results show that potassium phosphite is an alternative in the management of downy mildew of rose reducing infection by the pathogen and altering biochemical aspects related to defense responses in the rosebush.

**Keywords:** Severity. Peroxidase. POD. PPO. Total phenols.

## Introdução

O gênero *Rosa* L. atualmente é considerado o gênero de maior importância econômica no que diz respeito à produção de plantas ornamentais no mundo. Este gênero é composto por 191 espécies que se distinguem principalmente pela coloração das pétalas, forma do botão floral e comprimento das hastes (TURNER, 2008). Dentro deste gênero, destaca-se a roseira, uma planta perene arbustiva e a mais importante economicamente, com uma produção anual de aproximadamente de 18 bilhões de flores cortadas no mundo (BLOM; TSUJITA, 2003).

A forma de cultivo e a manipulação das rosas favorece o aparecimento de doenças, dentre elas, o míldio da roseira, causada pelo oomiceto *Peronospora sparsa* Berk., é uma das principais doenças que limitam a produção de rosas em todo o mundo, podendo levar a perdas diretas de até 100% na produtividade (ÁLVAREZ ROMERO et al., 2018). Após a introdução deste patógeno nos plantios, são necessárias diversas medidas de controle que acabam aumentando os custos de produção. A Colômbia, por exemplo, destina aproximadamente 2,3 milhões de dólares anualmente para o controle da doença (SALGADO-SALAZAR et al., 2018).

*Peronospora sparsa* é um parasita obrigatório que infecta todos os órgãos aéreos das plantas, incluindo folhas, caules e flores. Nas folhas estes induzem manchas irregulares que variam em tamanho, com coloração que vão do roxo a marrom escuro e os folíolos se tornam cloróticos. Além disso, estruturas como esporangióforos e esporângios são observados na parte inferior das folhas dando uma aparência de algodão marrom claro (GÓMEZ; ARBELÁEZ, 2005).

As condições favoráveis para a ocorrência do míldio são temperaturas de 15 e 20 °C durante a infecção, e de 20 e 25 °C durante a colonização. Além disso, a infecção é influenciada por uma camada de água livre na superfície do tecido foliar por um período de 2 horas, e quando esse período de molhamento foliar dura em média 10 horas, ocorre um favorecimento do processo de infecção (AEGERTER; NUÑEZ; DAVIS, 2003). O controle químico na parte aérea tem sido feito exclusivamente com fungicidas, visto que não existem cultivares que apresentem níveis de resistência ou material de resistência durável disponíveis para este patossistema (AYALA-VÁSQUEZ I.A. et al., 2008).

O ataque de patógenos é uma condição desfavorável que geralmente ativa uma série de mecanismos de defesa na planta cujo objetivo é interromper, diminuir ou neutralizar a infecção (MADRIZ, 2002). A interação entre a planta hospedeira e o patógeno induz alterações no metabolismo celular e na atividade de enzimas, como peroxidase (POD) (HAMMERSCHMIDT; NUCKLES; KUĆ, 1982) e polifenoloxidase (PFO) (LI; STEFFENS, 2002). O produto enzimático da POD e PFO é conhecido como proteínas relacionadas à patogênese (PRP's), que são proteínas induzidas nos tecidos das plantas após a infecção por patógenos (VAN LOON; REP; PIETERSE, 2006).

As peroxidases podem gerar espécies reativas de oxigênio (ROS) polimerizando compostos da parede celular e também regulando os níveis de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (MLÍČKOVÁ et al., 2004), de modo que esta enzima está frequentemente envolvida em processos antioxidantes da célula (PANDHAIR; SEKHON, 2006). As peroxidases também estão envolvidas em processos fisiológicos, tais como: lignificação, suberização, metabolismo das auxinas, montagem de proteínas da parede celular, estresse oxidativo e defesa contra ataques de patógenos (TOGNOLLI et al., 2002).

A polifenoloxidase é uma óxido-redutase que catalisa a reação entre catecol e oxigênio para fornecer benzoquinona e outras quinonas, produtos que interagem com outras moléculas formando,

entre outros, compostos responsáveis pelo escurecimento de vegetais, amplamente estudados em frutas e produtos agrícolas e que um efeito tóxico foi atribuído a certos microrganismos; Além disso, as referidas oxidases podem estar envolvidas na produção de compostos fenólicos, precursores da síntese de lignina para o fortalecimento das paredes das plantas, um processo importante na resposta de defesa da planta (ROQUESA MAYORGA; HIGUERA M, 2007).

Os compostos fenólicos em geral são fungitóxicos para os fitopatógenos e aumentam a resistência mecânica da parede celular da planta (ANAND et al., 2009), como por exemplo a lignina, que é um polímero fenólico ativado como resposta de defesa das plantas contra pragas e doenças (NICHOLSON; HAMMERSCHMIDT, 1992). O papel das substâncias fenólicas foi relatado em algumas interações patógeno-hospedeiro (RAMAMOORTHY; RAGUCHANDER; SAMIYAPPAN, 2002), e o acúmulo dessas substâncias nos locais de infecção são respostas imediatas do hospedeiro à infecção por patógeno (WILSON, 1998).

Uma das consequências do estresse causados por patógenos é o aumento da concentração celular de espécies reativas de oxigênio (ROS), que são posteriormente convertidas em peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). O peróxido de hidrogênio é um produto do metabolismo celular e, nas plantas, é produzido principalmente nas mitocôndrias, cloroplastos, peroxissomos, na membrana e na parede celular (QUAN et al., 2008). Na planta este desempenha uma dupla função, em baixas concentrações, atua como uma molécula sinalizadora envolvida na tolerância a vários tipos de estresses bióticos e abióticos (MITTLER et al., 2004) e em altas concentrações pode desencadear a morte celular programada nas células (NEILL; DESIKAN; HANCOCK, 2002). Além disso, o peróxido de hidrogênio participa do fortalecimento da parede celular e na produção de fitoalexinas (DEMPSEY; KLESSIG, 1995).

Diversos trabalhos tem demonstrado o efeito promissor de compostos indutores de resistência como fosfito de potássio, quitosana e silício, em culturas como a batata (MACHINANDIARENA et al., 2012), amora (REBOLLAR-ALVITER et al., 2012) e rosa (ÁLVAREZ ROMERO et al., 2018; SHETTY et al., 2012) e que estes apresentam uma alternativa sustentável e sem risco ao meio ambiente (HERNÁNDEZ-LAUZARDO et al., 2007). Diante disso, a utilização de indutores de resistência surge como uma alternativa no controle do míldio da roseira. Assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do fosfito de potássio, silício e quitosana na resistência da roseira à infecção causada por *P. sparsa*.

## Material e métodos

O experimento foi realizado no ano de 2018 e foi conduzido no Núcleo Tecnológico da Universidade Autónoma do Estado de México, em Tenancingo, Estado do México, México (18°58'03.38"N - 93°36'48.69"W). Foram utilizadas plantas de roseira do cultivar 'Lupita' enxertadas sobre o porta-enxerto 'Manetti' com oito meses de idade. As plantas foram cultivadas em espaçamento de 1,4 x 0,4 m e condução em espaldeiras compostas por três fios de arame. Para o estabelecimento do experimento foram induzidos brotos novos nas plantas mediante poda, e parâmetros como umidade relativa e temperatura foram ajustados para que a infecção acontecesse naturalmente.

O experimento foi realizado utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos: T1: testemunha pulverizada com água destilada estéril; T2: aplicação do fosfito de potássio Nutriphite Magnum® a 2,5 mL.L<sup>-1</sup> (N 2%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 40%; K<sub>2</sub>O 16%)

(Verdesian Life Sciences, USA); T3: aplicação do Silício Armurox® a 3 mL.L<sup>-1</sup> (Silício solúvel 4,6%) (Bioibérica, Espanha); T4: Quitosana Biorend® a 2,5 mL.L<sup>-1</sup> (Quitosana 2,5 %) (Idebio, Espanha); T5: metalaxil-M 33 g de i.a.L<sup>-1</sup> + clorotalonil 330 g i.a.L<sup>-1</sup>, Ridomil Gold® a 2 mL.L<sup>-1</sup> (Syngenta, Mexico), com quatro repetições de dez plantas em linha por parcela, e uma parcela útil formada por seis plantas centrais da linha de plantio. As pulverizações de todos os produtos foram realizadas com pulverizador costal manual em intervalos semanais, totalizando 7 aplicações, e estas foram conduzidas a partir da brotação das roseiras até o ponto de escorrimento. Foi adicionado 0,05% de surfactante à calda de pulverização, e o volume aplicado variou de 700 a 1.000 L. ha<sup>-1</sup>, de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta.

O efeito dos tratamentos foi observado através de avaliações da severidade do míldio, atividade enzimática das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PFO), quantificação de fenóis totais, e do teor de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) das roseiras. Todas as avaliações foram feitas em duas etapas de cultivo, no primeiro dia e com 59 dias após a poda (DAP) por indução dos novos brotos.

A avaliação da severidade do míldio da roseira foi feita utilizando a escala de notas proposta por Rebollar-Alviter et al., (2012). A severidade foi avaliada com notas que variaram de 0 a 6, das quais a nota 0 foi atribuída a plantas com ausência de sintomas, e as notas de 1 a 5 conforme a área foliar lesionada: nota 1 (0,1 a 5%); nota 2 (5,1 a 10%); nota 3 (10,1 a 25%); nota 4 (25,1 a 50%); nota 5 (50,1 a 75%); nota 6 (>75%).

Para análise da atividade enzimática de POD e PFO, foram coletadas folhas de plantas de cada unidade experimental no primeiro dia e no último dia de ensaio (59 DAP). As amostras foliares foram colocadas individualmente em envelopes de papel alumínio armazenadas em freezer a -20 °C para posterior análise. Para obter o extrato foliar a ser utilizado nas determinações das atividades da POD e PFO, um total de 0,3 g de tecido foliar foram macerados com pistilo em almofariz contendo N<sub>2</sub> líquido até a obtenção de um pó fino. O pó obtido foi homogeneizado em 2 mL de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 7,2) contendo polivinilpirrolidona (PVP) 5% (m/v). O homogeneizado foi centrifugado a 10.000 × g por 10 min a 4 °C e o sobrenadante foi utilizado como extrato para as determinações enzimáticas.

A atividade da POD foi determinada pela oxidação do guaiacol (MORA-HERRERA et al., 2011). A mistura de reação foi constituída de tampão fosfato de sódio 50 mM (pH 7,0), guaiacol 3,33 mM e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 4 mM em um volume de 2,9 mL. A reação foi iniciada pela adição de 100 µL do extrato foliar, e a atividade foi determinada pelo consumo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 470 nm durante 3 min a 25 °C. O coeficiente de extinção molar de 5,55 nM<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup> do guaiacol foi utilizado para calcular a atividade da POD, a qual foi expressa em nM de guaiacol produzida min<sup>-1</sup>.mg<sup>-1</sup> de proteína.

A atividade da PFO foi determinada pela oxidação do pirocatecol (DUAN et al., 2007). A mistura de reação foi constituída de tampão fosfato de sódio 50 mM (pH 7,0), pirocatecol 100 mM e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 4 mM em um volume de 2,95 mL. A reação foi iniciada pela adição de 50 µL do extrato foliar e a atividade foi determinada pelo consumo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 420 nm durante 3 min a 10 °C. O coeficiente de extinção molar de 1,26 nM<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup> do pirocatecol foi utilizado para calcular a atividade da PFO, a qual foi expressa em nM de pirocatecol produzida min<sup>-1</sup>.mg<sup>-1</sup> de proteína.

Para determinação das concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, amostras de 0,3 g de tecido foliar foram maceradas com pistilo em almofariz contendo N<sub>2</sub> líquido até a obtenção de um pó fino. Para determinar a concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, o pó obtido foi homogeneizado em 1,8 mL de ácido tricloroacético (TCA). O homogeneizado foi centrifugado a 12.000 × g durante 15 min a 4 °C (ALEXIEVA et al., 2001). Foram adicionados 500 µL do sobrenadante, 500 µL de tampão fosfato

de potássio 100 mM pH 7,0 e 1 mL de iodeto de potássio 1M. As amostras foram mantidas no escuro por 30 min e a absorbância determinada a 390 nm. A concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, estimada com base em uma curva padrão de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, foi expressa em nM. mg<sup>-1</sup> de massa fresca.

Para determinar a concentração de fenóis totais, o pó obtido da maceração foliar foi homogeneizado em 10 mL de metanol ao 50%. Logo, as amostras foram colocadas ao banho-maria no ponto de ebulição por 5 min e foram centrifugadas a 5.000 × g durante 5 min a 4 °C. Posteriormente, 50 µL do sobrenadante, 50 µL do reagente Folin-Ciocalteu e 1 mL de carbonato de sódio ao 2% foram incubadas à temperatura ambiente por 30 min. As amostras foram mantidas no escuro por 30 min e a absorbância determinada a 760 nm. A concentração de fenóis totais, foi estimada com base em uma curva padrão de ácido gálico, e expressa em mg. g<sup>-1</sup> de massa fresca (MORA-HERRERA et al., 2011).

## Resultados e discussão

Neste estudo foi avaliado o efeito de diferentes produtos considerados indutores de resistência na severidade do míldio da roseira, e o efeito destes na atividade enzimática de importantes enzimas responsáveis pela remoção de ROS durante o processo infeccioso de *P. sparsa* em roseira. Na literatura, diversos trabalhos relatam o efeito de produtos como fosfitos, silícios e quitosana sobre a severidade de *P. sparsa* (ÁLVAREZ ROMERO et al., 2018), no entanto, não há relatos sobre a atividade enzimática em plantas quando infectadas por *P. sparsa* e pulverizadas com estes produtos. Assim, este é primeiro trabalho a tratar de alterações bioquímicas relacionadas ao estresse oxidativo em plantas de roseira infectadas por esse oomiceto.

As roseiras pulverizadas com fosfito de potássio (T2) apresentaram uma redução na severidade do míldio ( $P < 0.05$ ) em relação à testemunha, onde foi possível observar uma redução de 81% da severidade da doença (figura 1). O tratamento com silício (T3), reduziu em até 40% a severidade da doença, entretanto não foi significativo. Os tratamentos com quitosana (T4) e Metalaxyl-M (T5) foram similares à testemunha.

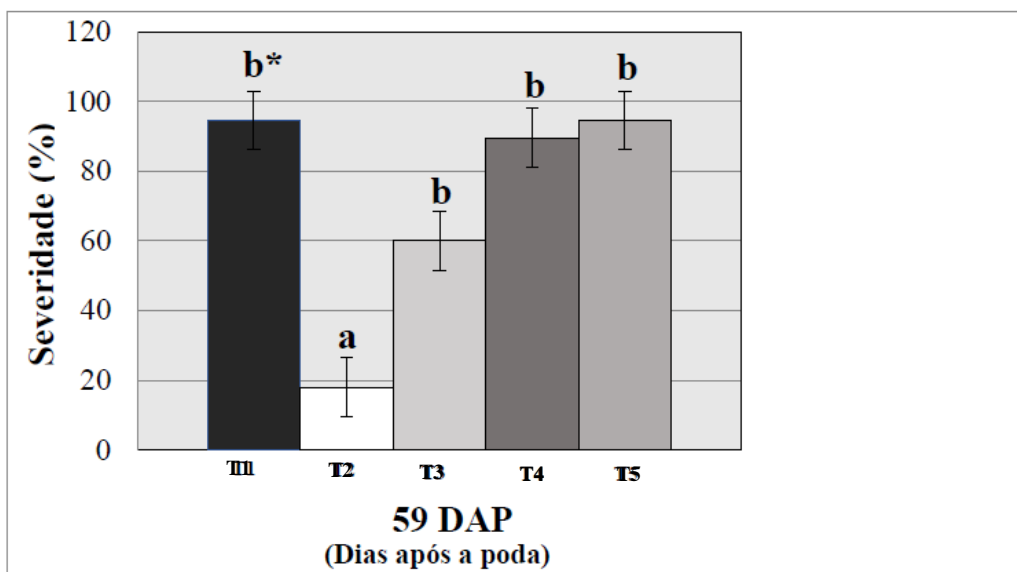


Figura 1 - Efeito dos tratamentos avaliados na severidade do míldio (*Peronospora sparsa*) em roseiras cv. 'Lupita'. \*Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferiram pelo teste Duncan, a 5% de probabilidade

Estudos envolvendo o efeito de fosfitos de potássio no controle de doenças de plantas tem aumentando nos últimos anos, devido ao seu duplo modo de ação, uma ação direta e indireta sobre os patógenos (ÁLVAREZ ROMERO et al., 2018; REBOLLAR-ALVITER et al., 2012). A ação direta dos fosfitos já foi demonstrada através da incorporação destes em meio de cultura, os quais revelaram ter um efeito sobre o patógeno *Pythium* sp. (LOBATO et al., 2008). De forma indireta, o fosfito de potássio é considerado um indutor de resistência sistêmica adquirida (SAR), que é um mecanismo natural das plantas para a defesa ao ataque de microrganismos fitopatogênicos (REBOLLAR-ALVITER et al., 2012).

A atividade da POD foi significativamente maior para as plantas de roseira pulverizadas com Silício (T3), quitosana(T5) e fosfito(T2) de potássio em relação a testemunha no primeiro dia após a poda (DAP). A atividade aumentou em 56,8%; 19,5% e 18,6% respectivamente. Por outro lado, a atividade da POD 59 dias após a poda teve um aumento em 34,7% e 28% nas plantas pulverizadas com Silício e fosfito de potássio respectivamente (tabela 1). A atividade da PFO foi significativamente maior para as plantas pulverizadas com fosfito de potássio, metalaxyl-M, silício e quitosana em relação à testemunha nos dois tempos avaliados (1 e 59 DAP). A atividade enzimática aumentou em 79,9%; 63,3%; 53,3% e 52% respectivamente (tabela 1).

Tabela 1 - Efeito dos tratamentos sobre a atividade enzimática (nM/min/mg de proteína) da POD e PFO em roseiras var. Lupita infectadas com *P. sparsa*.

Tratamentos	POD		PFO	
	1 DAP	59 DAP	1 DAP	59 DAP
<b>T1:</b> Testemunha	1.18 ± 0.13 b*	0.75 ± 0.09 ab	6.91 ± 0.65 a	8.60 ± 2.48 b
<b>T2:</b> Fosfito de potássio Nutriphite Magnum®	1.40 ± 0.11 ab	0.96 ± 0.12 a	8.27 ± 0.48 a	15.47 ± 4.46 a
<b>T3:</b> Silício Armurox®	1.85 ± 0.12 a	0.74 ± 0.10 ab	6.72 ± 0.65 a	13.10 ± 3.78 a
<b>T4:</b> Quitosana Biorend®	1.41 ± 0.15 ab	1.01 ± 0.11 a	6.93 ± 0.50 a	13.09 ± 3.78 a
<b>T5:</b> Metalaxyl-M	0.96 ± 0.05 b	0.64 ± 0.08 b	6.83 ± 0.75 a	14.04 ± 4.05 a

\*Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferiram pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

\* Os dados apresentados são as médias ± o erro padrão

A indução significativa da atividade de POD e PFO em roseiras pulverizadas com fosfito de potássio pode ter uma função importante como parte dos mecanismos ativos de defesa das roseiras ao míldio. Em estudos feitos em maçã foi observado um aumento na atividade de algumas enzimas antioxidantes que são fatores relacionados com a lignificação, a qual está relacionada com resistência a patógenos (VALENTINES et al., 2005).

O tratamento de fosfito de potássio aumentou 79,9 % a atividade da PFO, indicando possivelmente que estes produtos induzem a atividade enzimática da PFO e mecanismos de defesa relacionados com o aumento de compostos relacionados com o espessamento da parede celular, fato relatado em plantas infectadas com *Fusarium graminearum* (MOHAMMADI; KAZEMI, 2002).

A concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> neste trabalho manteve-se maior nas plantas infectadas e não tratadas com os diferentes produtos, não sendo significativamente diferente entre os tratamentos a 1 DAP. Posteriormente a 59 DAP foi observado uma redução na concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em roseiras

cv. ‘Lupita’ pulverizadas com fosfito de potássio (tabela 2). A maior concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nas testemunhas sugere que seja uma resposta ao estresse causado pela infecção de *P. sparsa*, fenômeno que já foi relatado também em outras interações planta-patógeno (WALZ et al., 2008). Nas interações compatíveis e incompatíveis entre plantas e patógenos, geralmente ocorre um processo oxidativo, que é um incremento rápido de espécies reativas de oxigênio (ROS), transitórios e inespecíficos, que em alguns casos não impedem que o processo de infecção nas plantas (VAN BREUSEGEM et al., 2001).

Tabela 2 - Efeito dos tratamentos sobre o teor de fenóis totais (mg.g<sup>-1</sup> peso fresco) e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (nM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.g<sup>-1</sup> massa fresca) de roseiras var. Lupita infectadas com *P. sparsa*.

Tratamentos	Fenóis totais		H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	
	1 DAP	59 DAP	1 DAP	59 DAP
<b>T1:</b> Testemunha	47.67 ± 2.8 ab*	95.32 ± 4.3 a	0.16 ± 0.013 a	0.50 ± 0.025 a
<b>T2:</b> Fosfito de potássio Nutriphite Magnum®	42.55 ± 5.4 ab	33.02 ± 2.6 c	0.13 ± 0.014 a	0.27 ± 0.060 b
<b>T3:</b> Silício Armurox®	71.58 ± 8.7 a	55.09 ± 5.6 b	0.17 ± 0.019 a	0.39 ± 0.012 ab
<b>T4:</b> Quitosana Biorend®	37.96 ± 4.9 b	51.03 ± 4.8 bc	0.13 ± 0.017 a	0.35 ± 0.016 ab
<b>T5:</b> Metalaxyl-M	32.89 ± 1.6 b	40.22 ± 1.9 bc	0.11 ± 0.013 a	0.36 ± 0.021 ab

\*Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferiram pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

\*Os dados apresentados são as médias ± o erro padrão.

A concentração de fenóis totais foi reduzida nas plantas pulverizadas com todos os produtos exceto com silício que aumentou o teor de fenóis totais em 50,2 % em relação à testemunha em todas as avaliações. É importante notar que o teor de fenóis totais em plantas de rosas tratadas com fosfito de potássio foi significativamente reduzido (tabela 2), o que está relacionado ao aumento da POD e da PFO, uma vez que os fenóis são substratos dessas enzimas, para produzir lignina e outros compostos relacionados às respostas de defesa de plantas a patógenos (MOHAMMADI; KAZEMI, 2002).

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários (flavonóides, taninos, lignina, entre outros) abundantes nos tecidos vegetais. O processo de lignificação das paredes celulares, por exemplo, impede a penetração e o desenvolvimento de patógenos nos tecidos vegetais (AGRIOS, 2005), o que justificaria a diminuição da severidade do míldio em plantas de roseira neste experimento. A lignificação induzida por fosfito de potássio já foi relatado em outras culturas, como cacaueteiro e cafeeiro, onde a aplicação de fosfitos aumentou a atividade enzimática de POD e PFO, lignina e reduziu o dano de *Verticillium dahliae* no cacaueteiro e *Hemileia vastatrix* no cafeeiro (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2006).

De acordo com os resultados observados, é possível que o fosfito de potássio nas roseiras acrescente a resistência ao patógeno ativando processos antioxidantes, fato que foi verificado com a redução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e com o aumento na atividade da POD. Os resultados apresentados foram importantes em demonstrar a capacidade de *P. sparsa* em alterar significativamente os processos bioquímicos e fisiológicos analisados nas plantas de roseiras, os quais foram claramente visualizados pela elevação da produção de ROS, por outro lado, produtos como fosfitos foram capazes de neutralizar esses efeitos via ativação sistema antioxidante.

## Conclusões

O fosfito de potássio é uma alternativa ambientalmente compatível que reduz significativamente a severidade do míldio nas roseiras. Além disso, este produto aumentou a atividade enzimática de POD e PFO em plantas de roseiras doentes com míldio e reduziu conteúdo de peróxido de hidrogênio e fenóis totais em plantas de roseiras infectadas com *P. sparsa*.

## Referências bibliográficas

- AEGERTER, B. J.; NUÑEZ, J. J.; DAVIS, R. M. Environmental factors affecting rose downy mildew and development of a forecasting model for a nursery production system. **Plant Disease**, v. 87, n. 6, p. 732–738, 2003.
- AGRIOS, G. **Plant Pathology**. [s.l.] Elsevier, 2005.
- ALEXIEVA, V. et al. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell and Environment**, v. 24, n. 12, p. 1337-1344, 2001.
- ÁLVAREZ ROMERO, P. I. et al. Identificación y alternativas de manejo del mildiu vellosa en rosal. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 9, n. 8, p. 1577-1589, 2018.
- ANAND, T. et al. Defence responses of chilli fruits to *Colletotrichum capsici* and *Alternaria alternata*. **Biologia Plantarum**, v. 53, 553, 2009.
- AYALA-VÁSQUEZ I.A., M. et al. Diversidad genética de *Peronospora sparsa* (*Peronosporaceae*) en cultivos de rosa de Colombia. **Acta Biologica Colombiana**, v. 13, n. 1, p. 79-94, 2008.
- BLOM, T. J.; TSUJITA, M. J. PRODUCTION AND MARKETING | Cut Rose Production. In: ROBERTS, A. V. B. T.-E. OF R. S. (Ed.). **Encyclopedia of Rose Science**. Oxford: Elsevier, p. 594-600, 2003.
- DEMPSEY, D. A.; KLESSIG, D. F. Signals in plant disease resistance. **Bulletin de l'Institut Pasteur**, v. 93, n. 3, p. 167-186, 1995.
- DUAN, X. et al. Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested longan fruit in relation to phenolic metabolism. **Food Chemistry**, v. 104, n. 2, p. 571-576, 2007.
- GÓMEZ, S.; ARBELÁEZ, G. Caracterización de la respuesta de tres variedades de rosa a la infección de *Peronospora sparsa* Berkeley, bajo condiciones de invernadero. **Agronomía Colombiana**, v. 23, n. 2, p. 246-255, 2005.
- HAMMERSCHMIDT, R.; NUCKLES, E. M.; KUĆ, J. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. **Physiological Plant Pathology**, v. 20, n. 1, p. 73-76, 1982.
- HERNÁNDEZ-LAUZARDO, A. N. et al. Actividad Antifúngica del Quitosano en el Control de *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. y *Mucor* spp. **Revista mexicana de fitopatología**, v. 25, n. 2, p. 109-113, 2007.
- LI, L.; STEFFENS, J. Overexpression of polyphenol oxidase in transgenic tomato plants results in enhanced bacterial disease resistance. **Planta**, v. 215, n. 2, p. 239-247, 2002.
- LOBATO, M. C. et al. Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. **European Journal of Plant Pathology**, v. 122, n. 3, p. 349-358, 2008.
- MACHINANDIARENA, M. F. et al. Potassium phosphite primes defense responses in potato against *Phytophthora infestans*. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 14, p. 1417-1424, 2012.



- MADRIZ, K. (MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS). Mecanismos de defensa en las interacciones. **Manejo Integrado de Plagas**, 2002.
- MITTLER, R. et al. Reactive oxygen gene network of plants. **Trends in Plant Science**, v. 9, n. 10, p. 490-498, 2004.
- MLÍČKOVÁ, K. et al. Reactive oxygen species generation and peroxidase activity during *Oidium neolycopersici* infection on *Lycopersicon* species. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 42, n. 10, p. 753-761, 2004.
- MOHAMMADI, M.; KAZEMI, H. Changes in peroxidase and polyphenol oxidase activities in susceptible and resistant wheat heads inoculated with *Fusarium graminearum* and induced resistance. **Plant Science**, v. 162, n. 4, p. 491-498, 2002.
- MORA-HERRERA, M. E. et al. Efecto del ácido ascórbico sobre crecimiento, pigmentos fotosintéticos y actividad peroxidasa en plantas de crisantemo. **Revista Chapingo. Serie horticultura**, v. XVII, n. 5, p. 73-81, 2011.
- NEILL, S.; DESIKAN, R.; HANCOCK, J. **Hydrogen peroxide signalling** *Current Opinion in Plant Biology*, 2002.
- NICHOLSON, R. L.; HAMMERSCHMIDT, R. Phenolic Compounds and Their Role in Disease Resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v. 30, n. 1, p. 369-389, 1992.
- PANDHAIR, V.; SEKHON, B. S. **Reactive oxygen species and antioxidants in plants: An overview** *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 2006.
- QUAN, L.-J. et al. Hydrogen Peroxide in Plants: a Versatile Molecule of the Reactive Oxygen Species Network. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 50, n. 1, p. 2-18, 2008.
- RAMAMOORTHY, V.; RAGUCHANDER, T.; SAMIYAPPAN, R. Induction of defense-related proteins in tomato roots treated with *Pseudomonas fluorescens* Pf1 and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. **Plant and Soil**, v. 239, n. 1, p. 55-68, 2002.
- REBOLLAR-ALVITER, A. et al. Fungicide spray programs to manage downy mildew (dryberry) of blackberry caused by *Peronospora sparsa*. **Crop Protection**, v. 42, p. 49-55, 2012.
- RIBEIRO JÚNIOR, P. M. et al. Fosfito de potássio na indução de resistência a *Verticillium dahliae* Kleb., em mudas de cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 629-636, 2006.
- ROQUESA MAYORGA, V.; HIGUERA M, B. L. Aislamiento y caracterización de una polifenoloxidasas relacionada con la tolerancia del clavel (*Dianthus caryophyllus*) A *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* raza 2. **Acta Biologica Colombiana**, v. 12, n. 2, p. 81-94, 2007.
- SALGADO-SALAZAR, C. et al. Downy mildew: A serious disease threat to rose health worldwide. **Plant Disease**, v. 102, n. 10, p. 1873-1882, 2018.
- SHETTY, R. et al. Silicon induced resistance against powdery mildew of roses caused by *Podosphaera pannosa*. **Plant Pathology**, v. 61, n. 1, p. 120-131, 2012.
- TOGNOLLI, M. et al. Analysis and expression of the class III peroxidase large gene family in *Arabidopsis thaliana*. **Gene**, v. 288, n. 1-2, p. 129-138, 2002.
- TURNER, R. Compendium of Rose Diseases and Pests. **Outlooks on Pest Management**, v. 19, n. 1, p. 38-38, 2008.
- VALENTINES, M. C. et al. Specific roles of enzymatic browning and lignification in apple disease resistance. **Postharvest Biology and Technology**, v. 36, n. 3, p. 227-234, 2005.
- VAN BREUSEGEM, F. et al. **The role of active oxygen species in plant signal transduction** *Plant Science*, 2001.

VAN LOON, L. C.; REP, M.; PIETERSE, C. M. J. Significance of Inducible Defense-related Proteins in Infected Plants. **Annual Review of Phytopathology**, v. 44, n. 1, p. 135-162, 2006.

WALZ, A. et al. Reactive oxygen intermediates and oxalic acid in the pathogenesis of the necrotrophic fungus *Sclerotinia sclerotiorum*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 120, p. 317-330, 2008.

WILSON, J. P. Fungal pathogenesis in plants and crops. Molecular biology and host defense mechanics. **Crop Protection**, v. 17, n. 3, p. 189-270, 1998.

Recebido em 9 de abril de 2020  
Aceito em 12 de maio de 2020

### Outro artigo dos autores

[Fosfitos de potássio para o controle do míldio da roseira \(\*Peronospora sparsa\* Berk.\)](#). Pablo Israel Álvarez Romero, Ana Francisca Tibúrcia Amorim Ferreira e Ferreira, Rómulo García Velasco, Martha Elena Mora Herrera, Martha Lidya Salgado Siclán, Alex Estuardo Erazo Lara, Raúl Guillermo Zambrano. **Revista Agrária Acadêmica**, v.3, n.3, Mai-Jun (2020), p. 4-10

### Artigos relacionados

[Micropropagation of Arrowroot \(\*Maranta arundinacea\*\)](#). Guilherme Augusto Arantes Sousa, Josimara Nolasco Rondon, Marney Pascoli Cereda, Francilina Araujo Costa, Victória Maria Ingre Targa, Denilson de Oliveira Guilherme. **Revista Agrária Acadêmica**, v.2, n.3, Mai-Jun (2019), p. 10-16

[Avaliações físico-químicas e capacidade antioxidante em frutos de jenipapo em estágio de desenvolvimento verde e maduro](#). Roseni Marçal Chaves, Angela Kwiatkowski, Queila Dias Pereira, Allisson Popolin, Thais Adriana Colman Novaes. **Revista Agrária Acadêmica**, v.2, n.2, Mar-Abr (2019), p. 6-14