



**GUSTAVO CESAR DIAS SILVEIRA**

**ETILFOSFONATO DE COBRE NO MANEJO DA PODRIDÃO  
RADICULAR DO FEIJOEIRO**

**LAVRAS-MG  
2018**

**GUSTAVO CESAR DIAS SILVEIRA**

**ETILFOSFONATO DE COBRE NO MANEJO DA PODRIDÃO RADICULAR EM  
FEIJOEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitopatologia, área de concentração em Fitopatologia, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Mário Lúcio Vilela de Resende  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Dias Silveira, Gustavo Cesar.

Etilfosfonato de cobre no manejo da podridão radicular do feijoeiro / Gustavo Cesar Dias Silveira. - 2018.

33 p.

Orientador(a): Mário Lúcio Vilela Resende.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Phaseolus vulgaris L. 2. Controle alternativo. 3. Podridão radicular. I. Resende, Mário Lúcio Vilela. . II. Título.

**GUSTAVO CESAR DIAS SILVEIRA**

**ETILFOSFONATO DE COBRE NO MANEJO DA PODRIDÃO RADICULAR EM  
FEIJOEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitopatologia, área de concentração em Fitopatologia, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de abril de 2018  
Dra. Deila Magna dos Santos Botelho UFLA  
Dr. Hudson Teixeira EPAMIG

Prof. Dr. Mário Lúcio Vilela de Resende  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2018**

Aos meus pais, Luiza Helena da Silva Dias  
Silveira e Bráulio Ferreira Silveira.

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Fitopatologia (DFP), pela oportunidade concedida para a realização do curso de mestrado.

Aos professores, Mário Lúcio e Mário Sobral. Assim como a todos os professores e funcionários do DFP.

Aos amigos do Laboratório de Fisiologia do Parasitismo, Moisés, Bruno, Manoel, Alexandre, Márcio, Marluce, José Diogo, Tharyn Stefanny, Ariana, Vitor, Lucas, Camila, Eliane, Joyce e Ana Cristina.

Aos membros da minha banca de defesa, Dr. Hudson Teixeira e a Dra. Deila Magna dos Santos Botelho.

À minha companheira, Andressa, pela paciência e apoio diário.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro para a produção dos trabalhos.

Muito obrigado!

## RESUMO

A podridão radicular, causada por *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*, é uma doença de difícil controle no feijoeiro e o fosfonato de cobre pode ser uma alternativa de manejo. Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito do fosfonato de cobre no manejo da podridão radicular do feijoeiro. Foram conduzidos dois ensaios em áreas de pivô central, plantadas com o Cultivar Pérola, na densidade de 200000 plantas/ha. O fosfonato de cobre foi testado nas doses de 1 e 2 L.ha<sup>-1</sup>, aplicado apenas no sulco de plantio (SP); sulco de plantio e V1; sulco de plantio, V1 e 7 dias após V1; sulco de plantio, V1, 7 e 14 dias após V1; comparado com uma testemunha sem aplicação. Foi realizada uma avaliação da severidade da doença no estágio V4 e, com base nessa, foi calculado o controle proporcionado por cada tratamento. Ao fim dos ensaios, também foi determinada a produtividade. O tratamento de maior controle foi selecionado e analisado seu efeito na atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL), superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POX) e a polifenoloxidase (PPO) em casa-de-vegetação. Um teste de toxidez direta *in vitro* foi conduzido em laboratório, utilizando as doses de fosfonato de cobre em 1 e 2 L.ha<sup>-1</sup>, o fungicida bendazol e o acibenzolar-S-metil em 5 isolados do fungo. As análises estatísticas foram realizadas no software R 3.1.3. Nas duas áreas, todos os tratamentos diferiram da testemunha e promoveram controles entre 21 a 49% e 26 a 51%. Os tratamentos proporcionaram incrementos de 7 a 25% na produtividade. Dessa forma, o melhor tratamento (Fosfonato de cobre 2 L.ha<sup>-1</sup> aplicado no sulco de plantio + aplicação foliar em V1, 7 dias após V1 e 14 dias após V1), que mais se destacou em condições de campo, foi selecionado para a realização das análises enzimáticas e observou-se que esse proporcionou incrementos na atividade da POX ao longo das avaliações. No teste de toxidez direta *in vitro* o etilfosfonato limitou o desenvolvimento dos isolados. Diante disso, observou-se que o fosfonato de cobre testado apresentou eficácia no controle da podridão radicular do feijoeiro.

**Palavras-chave:** Controle Alternativo. *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*. *Phaseolus vulgaris*.

## ABSTRACT

The root rot is an important disease difficult to control in bean and phosphonate can be a alternative. The purpose of this study was to evaluate the effect of a commercial formulation of copper phosphonate in the management of root rot of bean. Two experiments were conducted in central pivot areas planted with Cultivating Pérola (200,000 plants / ha). Copper phosphonate was tested in doses of 1 and 2 L.ha<sup>-1</sup> applied only at planting (SP), planting furrow and V1, planting furrow, V1 and 7 days after V1, planting furrow, V1, 7 and 14 days after V1 compared to a control without application. An assessment of the severity of the disease was held at the V4 stage and based on this was calculated the control provided by the treatment. At the end of the tests was determined yield provided by each treatment. The best control treatments were selected and analyzed its effect on the activity of phenylalanine ammonia lyase (PAL), superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POX) and polyphenoloxidase (PPO) in greenhouse. A direct *in vitro* toxicity test was performed in laboratory, using the doses of copper phosphonate in 1 and 2 L.ha<sup>-1</sup>, the fungicide bendazol and acibenzolar-S-methyl in 5 strains of the fungus. Statistical analyzes were performed with R 3.1.3 software. In both areas the treatments differed from the control and promoted controls 21-49% and 26-51%. The treatments provided an increase 7-25% of yield. In this way, the best treatment (Copper phosphonate 2 L.ha<sup>-1</sup> applied in the planting groove + foliar application in V1, 7 days after V1 and 14 days after V1), which was most highlighted under field conditions, was selected for the accomplishment of the enzymatic and it was observed that this provided increases in POX activity throughout the evaluations. In the direct *in vitro* toxicity test, the copper phosphonate limited the growth of the fungus. Therefore, it was observed that the copper phosphonate tested was effective in controlling root rot of common bean.

**Keywords:** Alternative Control. *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*. *Phaseolus vulgaris*.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>A importância da cultura do feijão.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>A podridão radicular.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>Fosfitos e fosfonatos no manejo de doenças de plantas.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>MATERAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>26</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro é uma das culturas mais importantes para o Brasil. O país apresentou na safra 2016/2017 uma produção de 3,39 milhões de toneladas em uma área total plantada de 3,18 milhões de hectares. Para a safra 2017/18, a previsão é de uma produção de 3,3 milhões de toneladas em uma área de 3,16 milhões de hectares (CONAB, 2018). O grão é uma importante fonte de proteína para o brasileiro e, devido à boa adaptação às diversas condições edafoclimáticas do país, é plantado o ano todo em todas as regiões (SARTORATO & RAVA, 2003). Atualmente, um dos principais fatores limitantes da alta produtividade destacam-se as doenças e, entre estas, a podridão radicular, causada pelo fungo *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*.

A podridão radicular ocorre em praticamente todas as regiões produtoras de feijão no Brasil. Além do solo contaminado, onde o fungo sobrevive na forma de clamidósporos por vários anos, a principal via de disseminação do patógeno é a produção abundante de macro e microconídios na superfície das plantas infectadas (BERNI et al., 2002). O fungo afeta inicialmente as regiões do hipocótilo e da raiz principal das plântulas, forma lesões longitudinais, afiladas e de coloração avermelhada. Com o progresso da doença, as lesões cobrem todo o sistema radicular da planta, podendo surgir fissuras longitudinais ao longo do tecido lesionado. A raiz principal e a parte mais baixa do caule podem secar e, conseqüentemente, o crescimento torna-se mais lento, ocorrendo o amarelecimento e a queda das folhas baixas. Os principais efeitos da doença são a redução no estande e vigor das plantas e, decorrente a isso, uma redução na produtividade (MIRANDA et al., 2007). Esta doença é considerada de difícil controle e tem recebido maior atenção dos pesquisadores nos últimos anos, principalmente devido à maior intensidade da mesma em sistema de plantio direto (TOLÊDO-SOUZA et al., 2009). Assim, novas ferramentas de manejo da doença devem ser testadas como, por exemplo, os fosfonatos e fosfitos.

Os fosfitos são sais inorgânicos originados da reação entre o ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ) e uma base. Os fosfonatos diferem dos fosfitos, por possuir também um radical orgânico como o etil. São registrados e comercializados como fertilizantes foliares, havendo fosfitos e fosfonatos de manganês, zinco, cobre e cálcio disponíveis no mercado. Estes produtos, além de serem fontes de nutrientes, podem ativar o sistema de defesa da planta e também ser diretamente tóxico aos patógenos (DALIO et al., 2012). Entre as importantes enzimas de defesa que podem

ser ativadas pelos fosfonatos, estão a fenilalanina amonia-liase (PAL), superóxido-dismutase (SOD), peroxidase (POX) e a polifenoloxidase (PPO).

A PAL é responsável pela biossíntese de fenilpropanóis e participa da síntese de ácido salicílico, fitoalexinas e lignina. A SOD, além de ser um importante agente antioxidante, em elevadas concentrações, nas células dos organismos patogênicos, podem induzir disfunções e morte celular. A POX atua na destoxificação celular, e também na lignificação (afeta a resistência das plantas através da maior resistência da parede celular), cicatrização e oxidação de compostos fenólicos. A PPO, enzima detectada em elevadas concentrações quando o tecido vegetal é infectado, tem grande importância para as plantas pelo seu envolvimento nos mecanismos de defesa, sendo tóxicas aos organismos invasores e associação na lignificação (CAMPOS et al., 2004; RESENDE et al., 2007; ALMEIDA et al., 2012).

Trabalhos com o uso de fosfitos em feijoeiro mostram controle de doença e aumento da atividade de enzimas de defesa. Segundo Costa et al. (2017), duas formulações de fosfito de potássio reduziram a severidade da antracnose (*Colletotrichum lindemuntianum*) em feijoeiro e mostraram que esse controle aconteceu por toxidez direta ao patógeno e pela indução de resistência da planta. Com experimentos em campo e em casa de vegetação com feijoeiro, Gadaga et al. (2017) concluíram que formulações de fosfito de potássio e manganês, promoveram um controle efetivo (74 a 90%) da antracnose e concluíram também que a aplicação foliar de fosfitos, aumentou a atividade de enzimas como peroxidase e polifenoloxidase.

Em trabalhos *in vitro*, segundo Silva et al. (2014), uma formulação comercial de fosfito de potássio apresenta toxidez direta a *Fusarium solani* isolado de plantas de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). De acordo com Caixeta et al. (2012), há redução na esporulação de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* com o aumento nas doses de fosfito de potássio. Em casa de vegetação, Lobato et al. (2011) observaram controle de *Fusarium solani* em tubérculos de batata (*Solanum tuberosum*) com a aplicação de fosfito de potássio. Portanto, formulações de fosfonatos podem apresentar eficácia no controle de *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*.

Sendo assim, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito do fosfonato de cobre na severidade da podridão radicular e na produtividade do feijoeiro irrigado, em campo, aplicado em diferentes estádios fenológicos da cultura e em duas doses distintas. Além disso, em condições controladas, foi verificado o efeito desta formulação na toxidez direta sobre o patógeno e na indução das enzimas de defesa PAL, SOD, POX e PPO.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A importância da cultura do feijoeiro

A espécie de feijão *Phaseolus vulgaris* L. é a mais cultivada no mundo dentre as outras do mesmo gênero, e o Brasil destaca-se por ser o maior produtor e consumidor do grão (DEPEC, 2017). O avanço e desenvolvimento de tecnologias permitiram o cultivo em uma gama de sistemas de produção, com rendimentos entre 3.000 e 4.000 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a média do Brasil hoje de 1.040 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2018). É atualmente cultivado de norte a sul do país, por isso desempenha uma forte importância social e econômica. O feijão é rico em proteína, tem teor elevado de lisina, fibra alimentar, alto conteúdo de carboidratos complexos e a presença de vitaminas do complexo B, características essas, que o torna uma relevante fonte de alimento do ponto de vista nutricional. (SANTOS; SILVA, 2003).

Os principais estados produtores são: Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Goiás (CONAB, 2018). A produção traz uma peculiar sazonalidade que permite dividir a safra em três. A 1ª safra ou “safra das águas” (também chamada de “safra do Sul e Sudeste”) onde a semeadura é realizada entre agosto e outubro e colhida a partir de novembro até março. A 2ª safra ou “safra da seca” ou “safrinha” (também chamada de “safra do Nordeste e Sudeste”) a semeadura é feita entre janeiro e abril e é colhida de abril-maio até junho-julho. A 3ª safra também é conhecida como “safra de outono-inverno” e “safra irrigada”, a semeadura é feita em meados de maio, e a colheita acontece entre agosto e outubro. (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

A cultura do feijoeiro ainda é caracterizada como de subsistência em pequenas propriedades, ainda que tenha havido, nas últimas décadas, um aumento do interesse de grandes e médios produtores que fazem uso de tecnologias avançadas, incluindo irrigação, manejo fitossanitário e colheita totalmente mecanizada. Como reflexo dessas diferentes realidades de técnicas usadas no cultivo do feijoeiro, a produtividade da cultura apresenta valores muito dispare, expressando seu maior valor nos Estados localizados na Região Central-Brasileira. Região em que a 3ª safra se destaca, com o uso da irrigação e tecnologias de manejo mais modernas e avançadas. (RAMOS et al., 2005; EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2013)

## 2.2 A podridão Radicular

Um complexo etiológico de fungos de solo é encarregado pelas maiores perdas de produtividade nas áreas irrigadas do Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (CARDOSO 1991; TOLÊDO-SOUZA et al., 2009).

No caso da podridão radicular do feijoeiro, seu agente etiológico é o fungo *Fusarium solani* (Mart.) Appel & Wollenv. f.sp. *phaseoli* (Burk.) Snyder & Hans (CASA et al., 2011). É um patógeno conhecido por ser persistente no solo e capaz de sobreviver por tempo ainda indeterminado em áreas infestadas (FILION et al., 2003). Essa característica é o motivo pelo qual um fitopatógeno do solo, quando inserido em uma nova área de produção, sua eliminação completa é quase impossível (MICHEREFF et al., 2005).

*Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* pertence ao Reino *Fungi*, Divisão *Pezizomycotina*, classe dos *Sordariomycetes*, ordem *Hypocreales*, família *Nectriaceae*. (INDEX FUNGORUM, 2018; MYCOBANK, 2018). Essa espécie possui as seguintes características de identificação: colônia de crescimento rápido e a pigmentação pode variar de tons de rosa e lilás, mas é mais comum ocorrer na cor creme. O micélio aéreo é branco com conidióforos não ramificados, os microconídios são formados em fiálides longas e os macroconídios formados em esporodóquios. Os clamidósporos, constituídos de uma única célula com um citoplasma condensado, decorrente do acúmulo de reservas nutritivas, são responsáveis pela persistência do fungo e são formados em abundância (PFENNING & MARTINS, 2000). A sua disseminação acontece pelo vento, água, implementos agrícolas e por sementes contaminadas (VOIGT, 2002). Em áreas irrigadas, onde se tem o excesso de água no solo, somado a plantios sucessivos, esse patógeno é muito favorecido e torna-se, rapidamente, muito prejudicial após sua identificação na área (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2008).

Os sintomas compreendem estrias longitudinais, no hipocótilo e em raízes primárias, de cor avermelhada. Posteriormente, aparecem lesões avermelhadas e/ou amarronzadas, de formato irregular. Na raiz primária, fissuras longitudinais se tornam necróticas, e as raízes secundárias são usualmente destruídas, o que pode propiciar o aparecimento de raízes adventícias acima da área lesionada. As consequências são: o estande fica irregular, ocorrem plantas subdesenvolvidas e acontece a senescência prematura de folhas. A quebra na produção provocada por essa doença pode chegar a 84% (CARDOSO, 1992; EKE et al., 2016).

O manejo dos patógenos radiculares, como o da podridão radicular, é muito complexo, pois esses patógenos são intensamente adaptados ao ambiente “solo” em associação com o hospedeiro, e somado a isso, as técnicas de controle para esse patógeno também são limitadas,

principalmente por ocorrer abaixo do nível do solo, onde a manipulação direta é mais limitada, e a manifestação de sintomas não é aparente durante o início da infecção (MICHEREFF et al., 2005).

Os principais métodos de evitar a infestação de uma área pelo agente causador da podridão radicular são: uso de sementes saudáveis, evitar o uso de água de irrigação proveniente de áreas infestadas, evitar a compactação do solo e realizar rotação de culturas com espécies da família das Poaceae. Se o patógeno já estiver presente na área ou para evitar a entrada através de sementes possivelmente contaminadas, o método de controle recomendado é o tratamento das sementes com produtos químicos (bendazol, benomyl e carboxin + thiram.) e/ou produtos biológicos que contenham o fungo *Trichoderma* spp. (RAMUSKA & DALLA PRIA, 2007; TEIXEIRA et al., 2012; AGROFIT 2018).

### 2.3 Fosfitos e Fosfonatos no manejo de doenças de plantas

Fosfonatos são produtos originados da neutralização do ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ) por uma base, formando o fosfito ou fosfonato que possuem como principais características uma alta e rápida solubilidade e uma grande mobilidade, permitindo maior translocação e penetração pelos tecidos das plantas (JACKSON et al., 2000; NOJOSA et al., 2009; DALIO et al., 2012; UCHÔA et al., 2014). Eles apresentam ação sistêmica na planta via floema e xilema, sendo que sua absorção pela planta é via floema por meio da associação com fotoassimilados, motivo pelo qual são absorvidos rapidamente pelas folhas (GUEST & GRANT, 1991; ARAÚJO et al., 2008; BUFFARA et al., 2011). Embora sejam comercializados como fertilizantes foliares, são produtos que atuam como indutores de resistência e são descendentes do fungicida etilfosfonato fosetyl-Al, o qual, comprovadamente, induz a síntese de fitoalexinas e possui a característica de movimentar pelo floema da planta (CARMONA & SAUTUA, 2011). Mais recentemente, os fosfitos e fosfonatos têm sido formulados como sais de manganês, potássio, cobre ou zinco e posicionados para o controle de oomicetos (RESENDE et al., 2008; MELO et al., 2016). Eles podem ter efeito diretamente sobre o patógeno (efeito fungicida ou fungistático) e ativar a defesa natural das plantas contra uma série de patógenos (STICHER et al., 1997; SPOLTI et al., 2015; FERNADES et al., 2016; COSTA et al., 2017).

Os indutores de resistência atuam como moléculas sinalizadoras de respostas de defesa, que ao serem reconhecidas pelas células vegetais, induzem a expressão de genes que codificam a síntese de compostos de resistência (MÉTRAUX et al., 2007). A indução de resistência em plantas é considerada como uma alternativa no controle de doenças, onde ocorre a ativação de dispositivos naturais de defesa dormentes na planta. Ela pode acontecer evitando e atrasando a entrada do patógeno e/ou impedindo sua atividade nos tecidos da planta, por mecanismos de defesa próprios. Segundo Cavalcanti et al. (2005) e Resende et al. (2007) a resistência induzida em plantas pode ocorrer através do tratamento com fatores bióticos (extratos vegetais, microrganismos, ou parte desses) ou abióticos (substâncias químicas).

A resistência induzida (RI) pode ser dividida em resistência sistêmica adquirida (RSA) e em resistência sistêmica induzida (RSI), onde em RSA ocorre de forma sistêmica ou localizada em resposta a um patógeno ou por aplicação exógena de ácido salicílico ou alguns compostos sintéticos, como o fosfonato, por exemplo; essa resistência geralmente é efetiva em um amplo espectro de patógenos e está associada à produção de proteínas relacionadas à patogênese (PRPs); muitas delas possuem atividade antimicrobiana e são excelentes marcadores moleculares para a resposta de resistência. Já a RSI é mediada pelo ácido jasmônico

e o etileno, além de não ocorrer acúmulo de PRPs (MÉTRAUX, 1997; HAMMERSCHIMIDT, 1999).

Na literatura não são citados trabalhos relacionados ao uso de fosfitos e fosfonatos no manejo da podridão radicular do feijoeiro, entretanto são encontrados trabalhos com a aplicação foliar de fosfitos para controle de doenças de parte aérea em feijoeiro e em diversas outras culturas. Costa et al. (2017) e Gadaga et al. (2017) mostraram que o uso de formulações de fosfitos, controlaram a antracnose em feijoeiro, proporcionou aumento da atividade de enzimas de defesa e atuou diretamente sobre o fungo *Colletotrichum lindemuntianum*. Segundo Silva et al. (2011), o aumento nas doses de fosfito de potássio promoveu controle do míldio (*Peronospora mashurica*) da soja em condição de campo. Ademais, a associação do referido fosfito com o fungicida epoxiconazol+piraclostrobina, reduziu a incidência da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e do oídio (*Microsphaera diffusa*). Costa et al. (2014) verificaram o controle da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro com a aplicação de fosfito de manganês em campo com mesma eficácia do fungicida utilizado. De acordo com Pereira et al. (2012), a aplicação de fosfito de potássio promoveu controle do míldio da videira com eficácia superior à do fungicida comercial testado. Comprovando assim, a eficácia de fosfitos no controle de diferentes patógenos, em diferentes cultivos.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados quatro experimentos, sendo dois em condições de campo, um em casa de vegetação e o último em laboratório. Os experimentos de campo foram conduzidos em lavouras de feijoeiro localizadas nos municípios de Vianópolis – GO e Leopoldo de Bulhões – GO, plantadas com o Cultivar Pérola e irrigadas por pivô central. Ambas as áreas apresentavam incidência natural de *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*.

O plantio foi realizado em espaçamento de 0,5m entre linha e o estande foi de 10 plantas por metro linear (200000 plantas. ha<sup>-1</sup>), de forma mecanizada com semeadora/adubadora. A adubação de plantio foi realizada com 350 Kg.ha<sup>-1</sup> do formulado 8-28-16. Todos os tratamentos culturais foram conduzidos conforme recomendação para o feijoeiro. Os ensaios foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados com 09 tratamentos e 4 blocos, sendo a parcela composta por 4 linhas de plantio e 5m de comprimento. Sua área útil foi composta pelos 3m centrais das duas linhas do meio.

Os tratamentos foram aplicados sobre as sementes no sulco de plantio e/ou foliar, por meio de bico pulverizador acoplado na semeadora/adubadora na dose de 1 ou 2 L.ha<sup>-1</sup> do etilfosfonato de cobre, em 200 litros por hectare de volume de calda. Os tratamentos utilizados estão descritos na tabela 1. Foi utilizado o etilfosfonato de cobre - nome comercial Fulland<sup>®</sup>- obtido junto à Satis Indústria e Comércio LTDA.

Tabela 1 - Produtos, doses e formas de aplicação dos tratamentos testados no ensaio	
Produtos / Doses	Formas de aplicação
Fosfonato de cobre 1 L.ha <sup>-1</sup>	Sulco de plantio (SP)
	Sulco de plantio + aplicação foliar em V1 (SP+PV1)
	Sulco de plantio + aplicação foliar em V1 e 7 dias após V1 (SP+PV1+P7DAV1)
Fosfonato de cobre de cobre 2 L.ha <sup>-1</sup>	Sulco de plantio + aplicação foliar em V1, 7 dias após V1 e 14 dias após V1 (SP+PV1+P7DAV1+P14DAV1)
	Sulco de plantio (SP)
	Sulco de plantio + aplicação foliar em V1 (SP+PV1)
Testemunha	Sulco de plantio + aplicação foliar em V1 e 7 dias após V1 (SP+PV1+P7DAV1)
	Sulco de plantio + aplicação foliar em V1, 7 dias após V1 e 14 dias após V1 (SP+PV1+P7DAV1+P14DAV1)
	Sem aplicação

Fonte: Do autor, 2018

Após as aplicações dos tratamentos, foi realizada uma avaliação da severidade da doença no estágio V4 (4 trifólios abertos) nas duas áreas experimentais. Para tanto as plantas foram arrancadas com auxílio de pá para evitar danos nas raízes. Estas foram então expostas e receberam notas visuais de severidade, conforme escala diagramática proposta por Tolêdo-Souza (2009). O percentual de controle dos tratamentos sobre a severidade foi calculado conforme Abbott (1925).

Ao fim do ensaio, as parcelas foram colhidas de forma manual. Os grãos foram então pesados com umidade de 13% e, com base no peso e a área da parcela, foi determinada a produtividade e os incrementos proporcionados pelos tratamentos.

O tratamento que promoveu maior controle da doença foi selecionado (Fosfonato de cobre 2 L.ha<sup>-1</sup> aplicado no sulco de plantio + aplicação foliar em V1, 7 dias após V1 e 14 dias após V1) para a análise da atividade das enzimas POX, PAL, PPO e SOD. Foi montado um ensaio em casa de vegetação em solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950). Para tanto, as sementes de feijão foram plantadas em sementeira de 72 células e, após a emergência foram transplantadas para a solução nutritiva com 50% da força para adaptação, sendo em seguida mudadas para solução a 100% da força.

As plantas foram então pulverizadas com o tratamento selecionado que promoveu maior controle da doença e plantas testemunha foram pulverizadas com água. Foram então realizadas coletas do material vegetal (raízes) em dois, quatro e oito dias após a aplicação (DAA) e o mesmo foi mantido em freezer a -80°C até o início das análises. Para o preparo dos extratos, 3,0 g material vegetal de cada tratamento foram macerados separadamente em nitrogênio líquido. O pó foi macerado com polivinilpirrolidona a 2% e tampão fosfato 50 mM, pH 7,0. Os extratos foram centrifugados a 12.000 g a 4°C, por 15 min, e os sobrenadantes utilizados para as análises enzimáticas.

A quantificação da proteína total foi realizada segundo Bradford (1976), ajustada para microquantidades. Placas de 96 poços receberam 30 µL da amostra e 170 µL do reagente de Bradford. Após 10 min à temperatura ambiente de 25°C, foi feita a leitura das microplacas a 595 nm. A curva-padrão foi preparada com albumina sérica bovina (BSA) entre 0 e 100 µg e os resultados corresponderam à média de três replicatas.

A atividade da PAL foi determinada conforme metodologia descrita por Zucker (1965). Adicionaram-se 5 µL do extrato enzimático, ajustado para 200 µL de solução, contendo Tris-HCl 100mMpH 8,8 e L-fenilalanina 50 mM. Após incubação a 37°C, por 20 minutos, a absorbância foi medida a 280nm. O coeficiente de extinção molar de 5000mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> foi usado para calcular a atividade da PAL.

A atividade SOD foi determinada pela capacidade da enzima de inibir a fotorredução do azul de nitrotetrazólio (NBT), conforme Giannopolitis & Ries (1977), em microplacas com 96 cavidades. A reação foi composta por 10 µL do extrato enzimático 31 µL de água, 2 µL de riboflavina 0,2 mM, 2 µL de EDTA 10 µM, metionina 70 mM, tampão fosfato de potássio 100 mM pH 7,8 e 15 µL de NBT 1 mM. As placas foram incubadas por sete minutos em câmara fechada com lâmpada fluorescente de 30W. Posteriormente, a leitura foi realizada a 560 nm e a unidade da enzima correspondeu à sua capacidade de inibir em 50% a fotorredução do NBT.

A atividade da POX foi avaliada conforme metodologia de Urbanek et al. (1991). A mistura de reação foi composta por 30 µL da amostra, 20 µL de guaiacol 50 mM, 20 µL de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 125 mM e 130 µL do tampão de extração. A absorvância foi mensurada a 480 nm e o coeficiente de extinção molar de 1,23 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> foi utilizado para calcular a atividade da POX (CHANCE & MAEHLEY, 1955). Após incubação, os valores de absorvância foram avaliados em dois momentos da reação, e a atividade das peroxidases foi expressa em variação da absorvância a 470 nm por minuto por µg de proteína.

A atividade da PPO foi determinada segundo metodologia proposta por Kar e Mishra (1976). Adicionaram-se 20µL do extrato enzimático, ajustado para 200µL de solução contendo fosfato de potássio 70mM pH 7,0 e catecol 20mM. Após incubação a 30°C, por dez minutos, a absorvância foi medida a 410nm. O coeficiente de extinção molar de 1,235mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> foi utilizado para calcular a atividade da PPO.

No laboratório de Fisiologia do Parasitismo da Universidade Federal de Lavras foi realizado um teste de toxidez direta *in vitro*. Para tanto foram utilizados cinco isolados de *F. solani* f.sp. *phaseoli*, da coleção micológica de Lavras, disponibilizados pelo Laboratório de Sistemática e Ecologia de Fungos, também da Universidade Federal de Lavras, listados na tabela 2. Os tratamentos utilizados foram: o fungicida Bendazol (registrado para a cultura do feijão), acibenzolar-S-metil (ASM) (fungicida indutor de resistência) e o Etilfosfonato de cobre a 1 L.ha<sup>-1</sup> e 2 L.ha<sup>-1</sup>, além da testemunha. Esses produtos foram misturados ao meio fundente de BDA, nas respectivas doses, enquanto este era vertido em placas de Petri de 9 cm de diâmetro. Após a solidificação do meio de cultura, foi colocado no centro de cada placa um disco de micélio de 5 mm de diâmetro. As avaliações foram feitas a cada 24 horas durante sete dias medindo-se o diâmetro da colônia do patógeno em dois sentidos diametralmente opostos, com um paquímetro digital. O experimento foi interrompido quando a testemunha cresceu em toda a placa. Com base nos diâmetros médios diários, determinou-se o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), conforme metodologia de Maguire (1962). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, quatro repetições e parcela

experimental composta por uma placa em câmara de crescimento BOD, com temperatura de  $24 \pm 2^\circ\text{C}$  e fotoperíodo de 12 horas.

Foi realizada análise conjunta dos dados para os experimentos de campo. Em caso de não diferença estatística das áreas, foi considerada a média da severidade e da produtividade. Em seguida os dados obtidos em todos os ensaios, incluindo os de casa de vegetação e laboratório, os pressupostos da análise de variância foram verificados por submissão dos resíduos aos testes de Shapiro-Wilk, Barlet e Durbin-Watson e, em caso de significância, os dados foram transformados para  $\sqrt{(X+1)}$ . Para a análise de variância os dados foram submetidos ao teste F e em caso de significância as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% ( $p \leq 0,05$ ). Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R 3.1.3.

Tabela 2 – Isolados disponibilizados pelo Laboratório de Sistemática e ecologia de fungos da Universidade Federal de Lavras

<b>Isolados</b>	<b>Procedência dos Isolados</b>
	<b>Cidade / Estado</b>
<b>CML 1834</b>	Viçosa – Minas Gerais
<b>CML 1835</b>	Viçosa – Minas Gerais
<b>CML 2046</b>	Patos de Minas – Minas Gerais
<b>CML 2047</b>	Lavras – Minas Gerais
<b>CML 2048</b>	Lavras – Minas Gerais

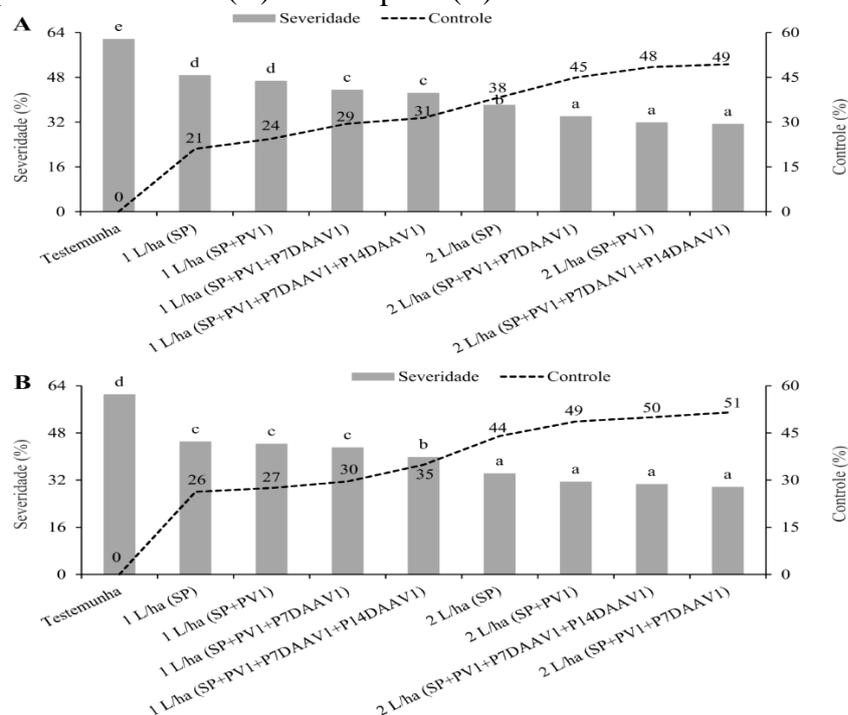
\*Abreviações das coleções de culturas: CML – Coleção Micológica de Lavras, Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

Fonte: Do autor, 2018

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Verificou-se diferença entre as duas áreas para a severidade e para a produtividade e, portanto, não foi realizada a média dessas variáveis, sendo cada área discutida separadamente. Para a severidade da podridão radicular do feijoeiro, todos os tratamentos diferiram da testemunha na área de Leopoldo de Bulhões. Os tratamentos com duas, três e quatro aplicações do etilfosfonato de cobre a 2 L.ha<sup>-1</sup> foram mais efetivos e proporcionaram controles de 45 a 49%. Todos os esquemas de aplicação na dose de 1 L.ha<sup>-1</sup> e a aplicação do etilfosfonato a 2 L.ha<sup>-1</sup> apenas no sulco de plantio apresentaram comportamento intermediário e proporcionaram controles de 21 a 38% (Figura 1A). Na área de Vianópolis, todos os tratamentos diferiram significativamente da testemunha. Os tratamentos na dose de 2L. ha<sup>-1</sup> foram os mais efetivos e proporcionaram controle de 44 a 51%. Os tratamentos na dose de 1L. ha<sup>-1</sup> apresentaram comportamento intermediário e proporcionaram controle de 26 a 35% (Figura1B).

Figural - Efeito de etilfosfonato de cobre na severidade da podridão radicular do feijoeiro em Leopoldo de Bulhões (A) e Vianópolis (B)

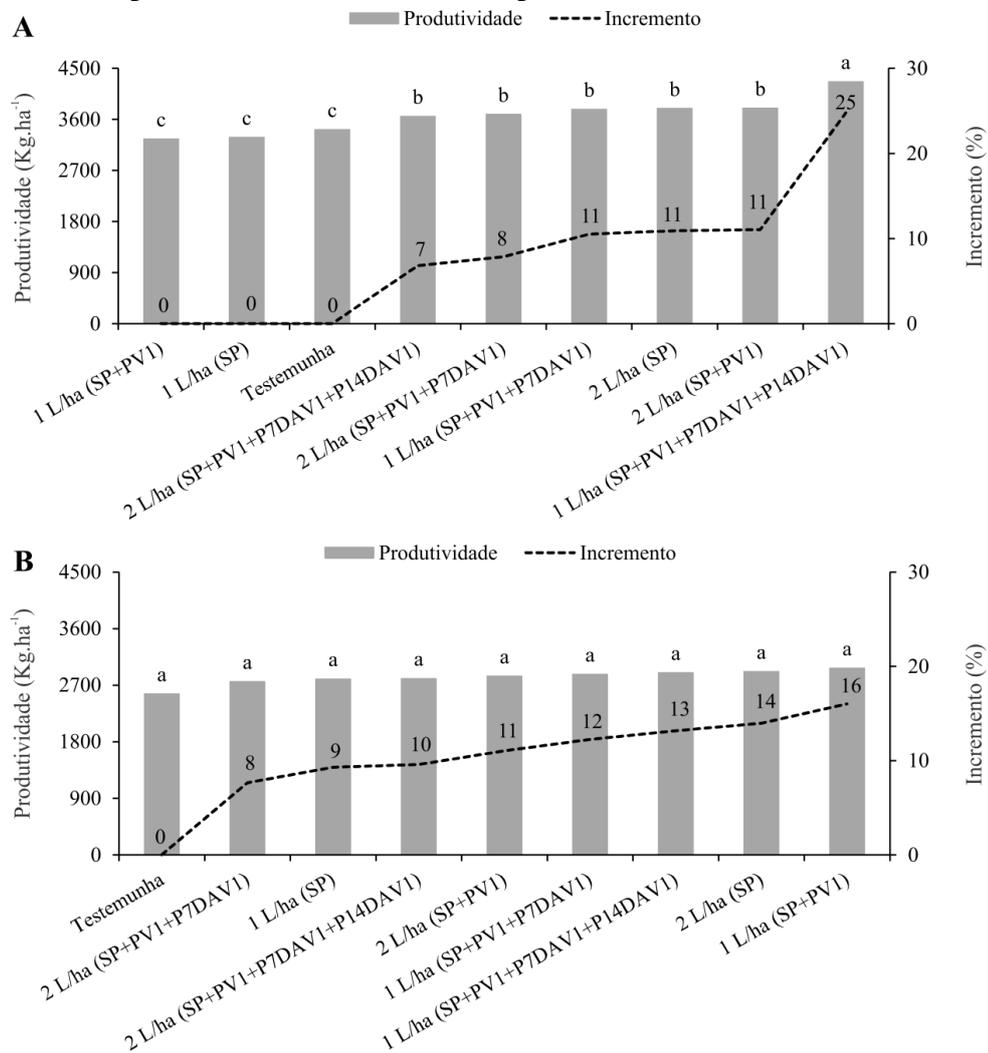


\*Os tratamentos foram aplicados nas doses de 1 e 2 L.ha<sup>-1</sup>, em diferentes épocas: sulco de plantio (SP); estágio vegetativo 1 (PV1); 7 dias após V1 (P7DAAV1) e 14 dias após V1 (P14DAAV1). Barras com mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Fonte: Do autor, 2018

Já para a produtividade, todos os tratamentos, exceto o etilfosfonato de cobre aplicado uma e duas vezes na dose de 1 L.ha<sup>-1</sup>, diferiram significativamente da testemunha em Leopoldo de Bulhões. O tratamento com quatro aplicações do etilfosfonato de cobre na dose de 1L.ha<sup>-1</sup> foi o mais efetivo e proporcionou incremento de 25%. Os demais tratamentos apresentaram comportamento intermediário, não diferiram entre si e proporcionaram incrementos de 7 a 11% (Figura 2A). Na área de Vianópolis, os tratamentos não diferiram da testemunha e proporcionaram incrementos de 8 a 16% (Figura 2B).

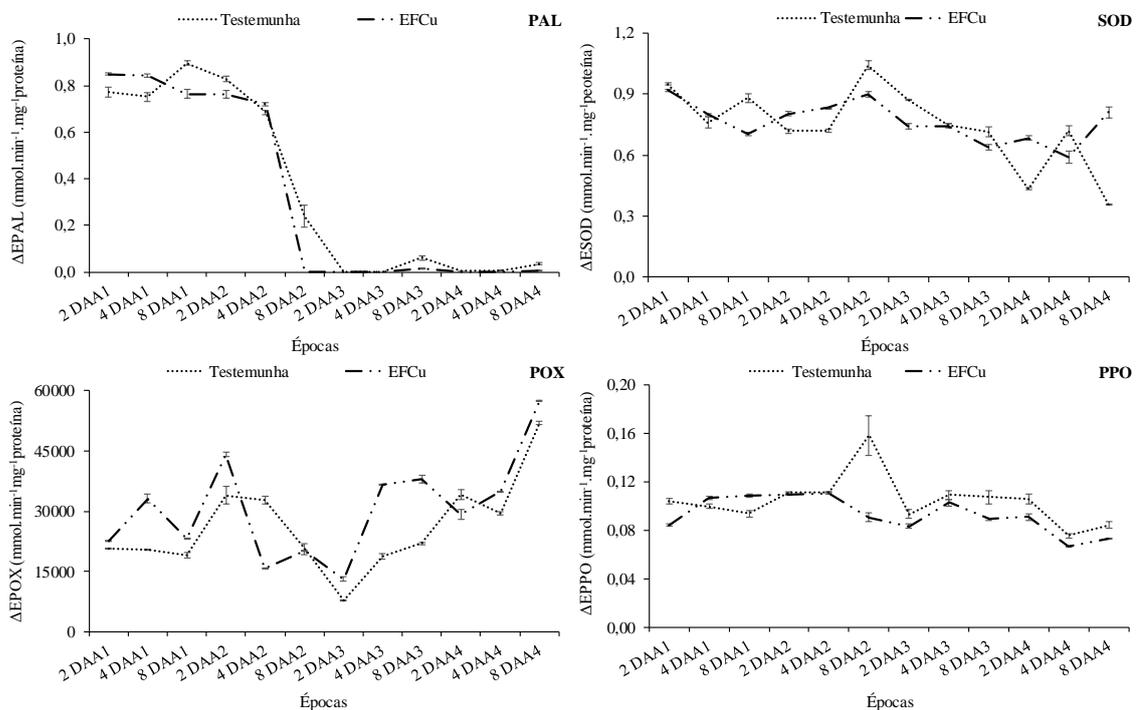
Figura 2 - Efeito de etilfosfonato de cobre na produtividade da podridão radicular do feijoeiro em Leopoldo de Bulhões (A) e Vianópolis (B).



\*Os tratamentos foram aplicados nas doses de 1 e 2 L.ha<sup>-1</sup>, em diferentes épocas: sulco de plantio (SP); estágio vegetativo 1 (PV1); 7 dias após V1 (P7DAV1) e 14 dias após V1 (P14DAV1). Barras com mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

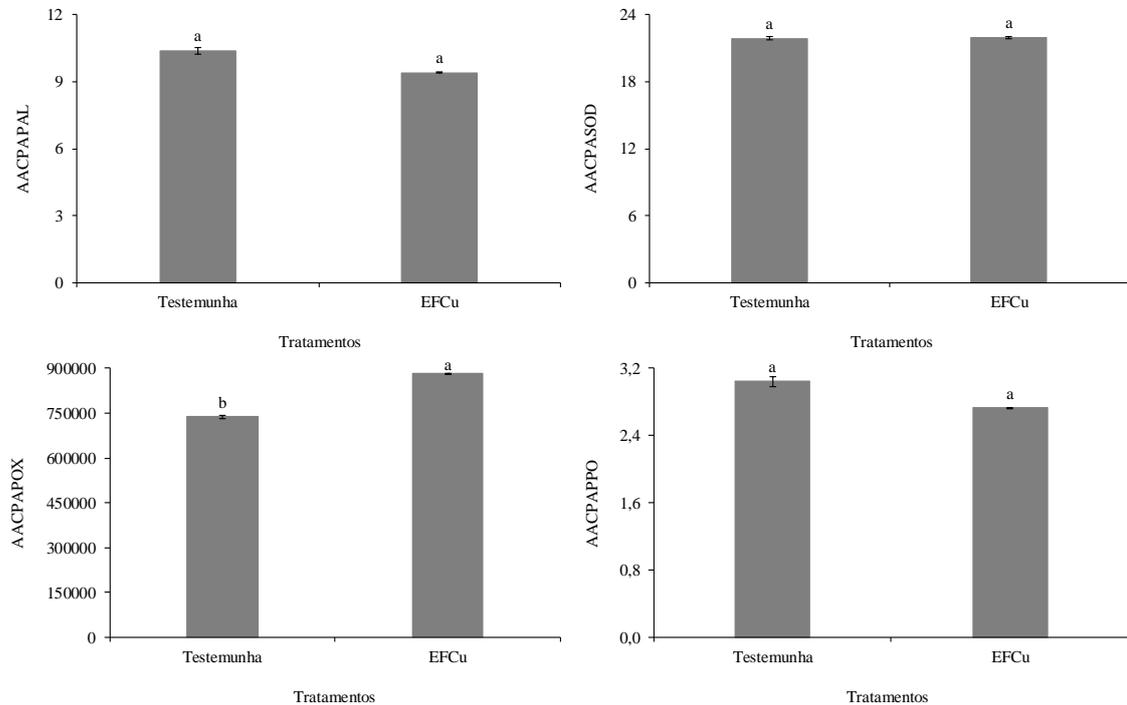
O tratamento com etilfosfonato de cobre a 2 L.ha<sup>-1</sup> aplicado no sulco de plantio, no estágio V1, sete e quatorze dias após V1, foi o que promoveu maior controle da doença. Por este motivo foi selecionado para os testes bioquímicos das enzimas. Ao longo das avaliações, o etilfosfonato de cobre não apresentou aumento na atividade das enzimas PAL, SOD e PPO, entretanto promoveu aumentos na atividade da POX, em relação à testemunha, aos dois, quatro e oito dias após aplicação 1 (DAA1), aos dois dias após aplicação 2 (DAA2), aos dois, quatro e oito dias após aplicação 3 (DAA3) e aos quatro e oito dias após aplicação 4 (DAA4) (Figura 3). No cálculo da área abaixo da curva de progresso da atividade das enzimas, comprovou-se que para a PAL, SOD e PPO plantas pulverizadas com etilfosfonato de cobre não diferiram da testemunha. Enquanto que para a POX, o tratamento com etilfosfonato de cobre teve maior atividade enzimática e diferiu da testemunha (Tabela 4). Portanto o produto proporcionou maior atividade de uma importante enzima de defesa em feijoeiro.

Figura 3 - Progresso da atividade das enzimas PAL, SOD, POX e PPO, ao longo das avaliações, em função da aplicação de etilfosfonato de cobre 2 L.ha<sup>-1</sup> aplicado no sulco de plantio + aplicação foliar em V1, 7 dias após V1 e 14 dias após V1, comparado com a testemunha.



Fonte: Do autor, 2018

Figura 4 - Área abaixo da curva de progresso da atividade das enzimas PAL, SOD, POX e PPO. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ( $p \leq 0,05$ ), pelo teste de Tukey.



Fonte: Do autor, 2018

No teste *in vitro* de toxidez direta (Tabela 3), os tratamentos com etilfosfonato de cobre 1 e 2 e o fungicida bendazol, diferiram da testemunha e entre si. Já o tratamento com acibenzolar-S-metil (ASM) só se diferenciou da testemunha em 01 isolado, porém não o suficiente para afirmar que é tóxico a ele. Pode-se constatar que todos os isolados testados tiveram toxidez ao etilfosfonato de cobre nas duas concentrações utilizadas.

Com isso podemos inferir que o etilfosfonato de cobre, além de induzir a atividade da POX em feijoeiro, atua diretamente sobre *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*, pois causou toxidez e limitou seu desenvolvimento.

Tabela 3 - Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) e Inibição (%) para cada isolado de *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* nos diferentes tratamentos. (Continua)

Isolados / Inibição (%)	Tratamentos (IVCM)				
	Test	ASM	Etilfosfonato 1	Etilfosfonato 2	Fungicida
CML 1834	3,03 a	3,05 ab	2,49 bc	2,33 c	0,00 d
Inibição (%)	0	0	18	23	0

Tabela 3 - Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) e Inibição (%) para cada isolado de *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* nos diferentes tratamentos. (Conclusão)

<b>CML 1835</b>	3,07 a	3,06 a	2,37 b	2,24 b	0,00 c
<b>Inibição(%)</b>	0	0	23	27	100
<b>CML 2046</b>	2,79 a	2,77 a	2,19 b	1,32 c	0,00 d
<b>Inibição(%)</b>	0	1	22	53	100
<b>CML 2047</b>	2,65 a	1,93 b	1,07 c	0,48 d	0,00 e
<b>Inibição(%)</b>	0	27	60	82	100
<b>CML 2048</b>	2,67 a	2,50 a	1,84 b	1,86b	0,43 c
<b>Inibição(%)</b>	0	6	31	30	84

\*Abreviações das coleções de culturas: CML – Coleção Micológica de Lavras, Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

\*Tratamentos: Testemunha (Test); acibenzolar-S-metil (ASM); Etilfosfonato de cobre 1 L.ha<sup>-1</sup> (Etilfosfonato 1); Etilfosfonato de cobre 2 L.ha<sup>-1</sup> (Etilfosfonato 2); Bendazol (fungicida)

Fonte: Do autor, 2018

Verificou-se em ambas as áreas experimentais maior controle da doença nos esquemas de aplicação do etilfosfonato de cobre a 2 L.ha<sup>-1</sup>. Esse efeito levou à ativação de defesa do feijoeiro por um tempo maior, pois, após cada uma das aplicações do produto, a atividade da POX aumentou em relação à testemunha. Isto possivelmente levou à maior lignificação das raízes do feijoeiro e à consequente resistência das plantas à penetração do patógeno.

Na literatura não são citados trabalhos sobre fosfitos ou fosfonatos no controle de *Fusarium solani* em feijoeiro. Entretanto, trabalhos com outras culturas e patógenos mostram que estes produtos promovem controle de doenças pela ativação dos mecanismos de resistência das plantas e por meio de toxidez direta. Alexandre et al. (2014) verificaram que uma formulação comercial de fosfito de potássio aplicada nas doses de 1,25 e 1,75 g.L<sup>-1</sup> reduziu significativamente a incidência da antracnose (*Colletotrichum tamarilloi*) em frutos de jiló (*Solanum gilo*) e promoveu incrementos significativos na expressão das enzimas ascorbato peroxidase, catalase e polifenoloxidase. Segundo Peruch et al. (2007) e Pereira et al. (2010), formulações comerciais de fosfitos de potássio apresentam eficácia no controle do míldio (*Plasmopora viticola*) da videira (*Vitis vinifera*) com efeito similar ao do fungicida comercial.

Já de acordo com Araújo et al. (2008) uma formulação comercial de fosfito de potássio apresenta eficácia no controle da mancha foliar gala (*Colletotrichum gloeosporioides*) em macieira (*Malus domestica*).

De acordo com Barros et al. (2010) e Carvalho (2012), a indução de resistência das plantas a um determinado patógeno pode induzir a mesma a direcionar os produtos da fotossíntese, utilizados no crescimento e desenvolvimento, para gerar as defesas constitutivas relacionadas ao metabolismo secundário, constituindo estes desvios em um custo adaptativo que trará um atraso nos processos do metabolismo primário e reduzirá a produtividade. No presente trabalho os tratamentos com dois, três ou quatro aplicações do fosfito na dose de 2 L.ha<sup>-1</sup> promoveram maior controle da doença, porém promoveram um incremento menor na produtividade quando comparados ao tratamento com quatro aplicações do produto na dose de 1L.ha<sup>-1</sup>. A maior quantidade de produto aplicado possivelmente levou as plantas a uma maior ativação do sistema de defesa. Com isso, as plantas tiveram sua produção reduzida. Já no caso do tratamento com quatro aplicações na dose de 1L.ha<sup>-1</sup>, este efeito foi menor e a produção alcançada maior.

Trabalhos com a cultura do feijoeiro corroboram com os resultados obtidos neste ensaio. Segundo Hoffmann et al. (2012), a aplicação de acibenzolar-S-metil em plantas de feijoeiro promoveu custo metabólico, e com isso reduziu a produtividade do feijoeiro em condições de infestação natural do cretamento bacteriano em campo. Já Kuhn & Pascholati (2010) verificaram redução no crescimento do feijoeiro inoculado com *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* e tratadas com acibenzolar-S-metil.

Assim, temos resultados que comprovam a eficiência do uso de fosfitos e fosfonatos para o controle de doenças em várias culturas, e somados aos resultados apresentados no presente trabalho tornam-se uma alternativa viável para auxiliar o produtor no manejo da podridão radicular do feijoeiro.

## 5 CONCLUSÕES

O etilfosfonato de cobre promoveu o controle da podridão radicular do feijoeiro quando aplicado no suco de plantio ou quando aplicado no sulco de plantio seguido de uma, duas ou três aplicações na parte aérea na dose de 2 L.ha<sup>-1</sup>. Este produto proporciona incrementos na produtividade do feijoeiro na dose de aplicados 1L.ha<sup>-1</sup> no sulco e em mais 03 aplicações foliares. A aplicação do etilfosfonato de cobre induziu o aumento na atividade da enzima peroxidase de guaiacol em plantas de feijão.

Pode-se inferir que o etilfosfonato de cobre, além de indutor de resistência da planta, atuou diretamente sobre o patógeno, pois causou toxidez direta ao fungo e limitou seu desenvolvimento *in vitro*.

## REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Agrofit**. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 21 fev. 2018.
- ALEXANDRE, E. R.; HERCULANO, L. M.; SILVA, J. M.; OLIVEIRA, S. M. A.. 2014. Fosfitos no manejo da antracnose do jiló. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 49: 930-938.
- ALMEIDA, H. O. et al. Enzimas marcadoras de indução de resistência diferencialmente reguladas em soja resistente e suscetível à ferrugem-asiática-da-soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 163- 172, 2012.
- AMORIM, L. Sobrevivência do inóculo. In: Bergamin Filho, A., Kimati, H. & Amorim, L. (Eds.) **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 3. ed. São Paulo. Agronômica Ceres. 1995. v.1, pp.246-267.
- ARAÚJO L, STADNIK MJ, BORSATO LC, VALDEBENITO-SANHUEZA RM. Fosfito de potássio e ulvana no controle da mancha foliar da gala em macieira. **Trop Plant Pathology** 2008; 33:148e52.
- ARAÚJO, L.; STADINIK, M. J.; BORSATO, L. C.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.. 2008. Fosfito de potássio e ulvana no controle da mancha foliar da gala em macieira. **Tropical Plant Pathology**, 33: 148-152.
- BARBOSA, Flávia Rabelo; GONZAGA, Augusto César De Oliveira. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira : 2012-2014. **Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antônio de Goiás, p. 247, dez. 2012.
- BARROS, F. C.; Sagata, E.; Ferreira, L. C. C.; Juliatti, F. C.. 2010. Indução de resistência em plantas contra fitopatógenos. **Bioscience Journal**, 26: 231-239.
- BERNI, R. F.; Silveira, P. M.; Costa, J. L. S.. 2002. Influência do preparo do solo e da rotação de culturas na severidade de podridões radiculares no feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 32: 69 – 74.
- BUFFARA, C.R.S.; ANGELOTTI, F.; TESSMANN, D.J.; SOUZA, C.D. de; VIDA, J.B. Atividade de fosfito de potássio na pré e pós-infecção de *Phakopsora euvitidis* em folhas de videira. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.3333-3340, 2013.
- CAIXETA, A. O.; Vieira, B. S.; Canedo, E. J.. Efeito do fosfito de potássio sobre fungos patogênicos do feijoeiro. **Revista do Centro Universitário de Patos de Minas**, 3: 35 – 43. 2012.
- CAMPOS, A. D.; FERREIRA, A. G.; HAMPE, M. M. V.; ANTUNES, I. F.; BRANCÃO, N.; SILVEIRA, E. P.; OSÓRIO, V. A.; AUGUSTIN, E. Atividade da peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão à antracnose. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,

39: 637 – 643. 2004.

CARDOSO, J. E. Controle de patógenos de solo na cultura do feijão. **In: Seminário sobre Pragas e Doenças do Feijoeiro, 4., 1991, Campinas. Anais...** Campinas: IAC, 1992. p. 45-50.

CARDOSO, J. E.; Costa, J. L. da S. Interações entre fungos de solo patógenos do caupi. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 13, n. 2, p. 143, jul. 1988.

CARMONA, M.; SAUTUA, F. Os fosfitos no manejo de doenças nas culturas extensivas. **Revista Plantio Direto**, v.126, p.19-22, 2011.

Carvalho, N. L.. 2012. Resistência Genética Induzida em Plantas Cultivadas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, 7: 1379-1390.

CASA, R. T. et al. Podridão radicular em feijão no sistema plantio direto. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages-RS, v. 10, n. 1, p. 37-43, mar. 2011.

CAVALCANTI, L.S. et al. Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos. **Piracicaba: FEALQ**, 2005.263p

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Conab**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_09\\_11\\_10\\_42\\_03\\_boletim\\_graos\\_setembro\\_2018.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2018.pdf)>. Acesso em: 02 fev. 2018.

COSTA, B. H. G.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; MATHIONI, S. M.; PÁDUA, M. A.; SILVA JÚNIOR, M. B. Suppression of rust and brown eye spot diseases on coffee by phosphites and by-products of coffee and citrus industries. **Journal of Phytopathology**, 162: 1 – 8. 2014.

DALIO, R.J.D.; RIBEIRO JUNIOR, P.M.; RESENDE, M.L.V.; SILVA, A.C.; BLUMER, S.; PEREIRA, V.F.; OSSWALD, W.; PASCHOLATI, S.F. O triplo modo de ação dos fosfitos em plantas. In: LUZ, W.C. (Org.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas – RAAP**, Passo Fundo, v.20, p 206-242, 2012.

DEPEC. **Departamento de pesquisas e estudos econômicos**. Disponível em: <[https://www.economiaemdia.com.br/economiaemdia/pdf/infset\\_feijao.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/economiaemdia/pdf/infset_feijao.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2018.

EKE, P. et al. Mycorrhiza consortia suppress the fusarium root rot (*Fusarium solani* f. sp. *Phaseoli*) in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Biological Control**, [S.L], v. 103, p. 240-250. 2016.

FERNANDES, L.H.M.; RESENDE, M.L.V. de; PEREIRA, R.B.; COSTA, B.H.G.; MONTEIRO, A.C.A.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M. Acibenzolar-s-metil no controle da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro em condições de campo. **Coffee Science**, v.8, p.24-32, 2013.

FILION, M., ST-ARNAUD, M., JABAHI-HARE, S.H. Quantification of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* in mycorrhizal bean plants and surrounding mycorrhizosphere soil using real time polymerase chain reaction and direct isolations on selective media. **Phytopathology** 93, 229–

235. 2003 February 2003, Volume 93, Number 2. Pages 229-235

GIANOPOLITIS, C. N. & RIES, S. K.. 1977. Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, 59 (2): 309-314.

GRANT, M.; LAMB, C. Systemic immunity. **Current Opinion in Plant Biology**, Oxford, v. 9, n. 4, p. 414-420, Aug. 2006.

GUEST, D.; GRANT, B. The complex action of phosphonates as antifungal agents. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, Amsterdam, v. 66, n. 2, p. 159-187, May 1991.

HAMMERSCHMIDT, D.; KUC, J. Lignification as a mechanism for induced systemic resistance in cucumber. **Physiological Plant Pathology**, London, v. 20, n. 1, p. 61-71, Jan. 1982.

HAMMERSCHMIDT, Ray. PHYTOALEXINS: What Have We Learned After 60 Years?. **Annu. Rev. Phytopathology**, East Lansing, Michigan, n. 37, p. 285–306, jan. 1999.

HILLOCKS, R.J. & WALLER, J.M. Soilborne diseases and their importance in tropical agriculture. In: Hillocks, R.J. & Waller, J.M. (Eds.) **Soilborne Diseases of Tropical Crops**. Wallingford. CAB International. 1997. pp.3-16

HOFFMANN, M. R. B.; KUHN, O. J.; STANGARLIN, J. R.; BATTISTUS, A. G.; STULP, J. L.; MEINERZ, C. C. Controle do cretamento bacteriano comum por *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces boulardii* e óleo essencial de laranja em feijoeiro susceptível e moderadamente resistente. **Revista Cultivando o Saber**, 5: 8-23. 2012.

INDEXFUNGORUM. **Index Fungorum**. Disponível em:  
<<http://www.indexfungorum.org/names/namesrecord.asp?recordid=346147>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

JACKSON, T. J. et al. Action of the fungicide phosphate on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, Bethesda, v. 49, n. 1, p. 147-154, Jan. 2000.

JÚNIOR, Murillo Lobo; GERALDINE, Alaerson Maia; CARVALHO, Daniel Diego Costa. Controle biológico de patógenos habitantes do solo com *Trichoderma* spp., na cultura do feijoeiro comum. **Circular técnica Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antônio de Goiás, GO, v. 1, n. 85, dez. 2009.

KAR, M. ; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**. 57, pp. 315-319. 1976.

KIRALY, L. BARNA, B. KIRALY, Z. Plant resistance to pathogen infection: forms and mechanisms of innate and acquired resistance. **Journal of Phytopathology** 155: 385-396. (2007)

KUHN, O.J. & PASCHOLATI, S.F. Custo adaptativo da indução de resistência em feijoeiro mediada pela rizobactéria *Bacillus cereus* ou acibenzolar-S-metil: atividade de enzimas,

síntese de fenóis e lignina e biomassa. **Summa Phytopathologica**, v.36, n.2, p.107-114, 2010.

LOBATO, M. C.; MILAGROS, F. M.; TAMBASCIO, C.; DOSIO, G. A. A.; CALDIZ, D. O.; DALEO, G. R.; ANDREU, A. B.; OLIVIERI, F. P.. 2011. Effect of foliar applicatons of phosphite on post-harvest potato tubers. **European Journal of Phtopathology**, 130: 155 – 163.

MAGUIRE, James D.. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, [S.L], v. 2, p. 176- 177, dez. 1962.

MELO, L. G. D. L. et al. Indutores de resistência abióticos no controle da fusariose do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 10, p. 1703-1709, out. 2016.

MÉTRAUX, J. P. Induced defenses in plants. In: RODRIGUES, F. A.; ROMEIRO, R. S. (Ed.). **Indução de resistência em plantas a patógenos**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 7-24.

MÉTRAUX, J. P. Systemic acquired resistance and salicylic acid: current state of knowledge. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 107, n. 1, p. 13-18, Nov. 2001.

MICHEREFF, Sami; ANDRADE, Domingos; A, Maria Menezes. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife : UFRPE: Imprensa Universitária, 2005. 398 p.

MIRANDA, B. A; LOBO JÚNIOR, M., CUNHA, M. G.. 2007. Reação de Cultivares de feijoeiro às podridões radiculares causadas por *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* f. sp. phaseoli. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 37: 221 – 226. 2007.

MONTESANO, M.; BRADER, G.; PALVA, E. T. Pathogen derived elicitors: searching for receptors in plants. **Molecular Plant Pathology**, London, v. 4, n. 1, p. 73-79, Jan. 2003.

MYCOBANK. **Mycobank**. Disponível em:  
<<http://www.mycobank.org/Biolomics.aspx?Table=Mycobank&Rec=212476&Fields=All>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

NOJOSA, G. B. A. et al. Efeito de indutores de resistência em cafeeiro contra a mancha-de-Phoma. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 35, n. 1, p. 60-62, jan./fev. 2009.

PEREIRA, V. F.; RESENDE, M. L. V.; MONTEIRO, A. C. A.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; REGINA, M. A.; MEDEIROS, F. C. L.. 2010. Produtos alternativos na proteção da videira contra o míldio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 45: 25-31.

PEREIRA, V. F.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; REGINA, M. A.; MOTA, R. V.; VITORINO, L. R. R. Fosfito de potássio no controle do míldio da videira e características físico-químicas de uvas Merlot. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47: 1581-1588. 2012.

PERUCH, L. A. M.; MEDEIROS, A. M.; DELLA BRUNA, E.; STADINIK, M. J. Biomassa cítrica, extrato de algas, calda bordalesa e fosfitos no controle do míldio da videira, CV. Niágara Branca. **Revista de Ciência Agroveterinárias**, 6: 143-148. 2007.

PFENNING, Ludwig Heinrich; MARTINS, Melissa Faria. 283 ESPÉCIES DE Fusarium ASSOCIADAS AO CAFEIEIRO NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS. **Trabalho apresentado no Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (1.: 2000 : Poços de Caldas, MG)**, Brasília, D.F. : Embrapa Café; Belo Horizonte : Minasplan, v. 2, p. 1490, jan. 2000.

RAMOS, E. U.; BORGES LEMOS, L; BENETOLI DA SILVA, T. R. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Instituto Agrônômico de Campinas. Campinas, Brasil. vol. 64, núm. 1, pp. 75-82. 2005.

REMUSKA, Angie Carneiro; DALLAPRIA, Maristella. EFEITO DE Bacillus thuringiensis E Trichoderma sp. NO CRESCIMENTO DE FUNGOS FITOPATOGÊNICOS EFFECT OF Bacillus thuringiensis AND Trichoderma sp. ON THE GROWTH PATHOGENIC FUNGI. **UEPG Exact Earth Sci., Agr. Sci. Eng**, Ponta Grossa, v. 3, n. 13, p. 31-36, dez. 2007.

RESENDE MLV, COSTA JCB, CAVALCANTI FR, RIBEIRO JÚNIOR PM, CAMILO FR Seleção de extratos vegetais para indução de resistência e ativação de respostas de defesa em cacaueteiro contra a vassoura-de-bruxa. **Fitopatologia Brasileira** 32:213-221.(2007).

RESENDE, M.L.V., SALGADO, S.M.L. & CHAVES, Z.M. Espécies ativas de oxigênio na resposta de defesa de plantas a patógenos. **Fitopatologia Brasileira** 28:123-130. 2003.

SANTOS, A. B.; SILVA, O. F. Manejo do nitrogênio. In: Aidar, H.; Kluthcouski, J.; Stone, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás-GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 207-216.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A.. 2003. Controle químico da mancha angular do feijoeiro comum. **Summa Phytopatologica**. 29: 202 – 204.

SILVA, A. N.; AZEVEDO, G. B.; ROCHA SOBRINHO, G. G.; NOVAES, Q. S. Efeito de Produtos químicos e de Trichoderma spp. no controle de Fusarium solani do maracujazeiro. **Interciência**, 39: 398-402. 2014.

SILVA, M. D. C. et al. Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee berry disease. **Brazilian Journal Plant Physiology**, [S.L], v. 1, n. 18, p. 119-147, dez. 2007.

SILVA, O. C.; SANTOS, H. A. A.; DALLA PRIA, M. MAY-DE-MIO, L. L.. Potassium phosphite for control of downy mildew of soybean. **Crop Protection**, 30: 598–604. 2011.

SPOLTI, P.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M.; CAMPOS, A.D.; DEL PONTE, E.M. Modo de ação de fosfitos de potássio no controle da podridão olho de boi em maçã. **Summa Phytopathologica**, v.41, p.42-48, 2015. DOI: 10.1590/0100-5405/1982.

STICHER, L.; MAUCH, M. B.; METRAUX. J. P. Systemic acquired resistance. Palo Alto-USA. **Annual Review of Phytopathology**, v. 35, p. 235-270, 1997.

TEIXEIRA, H.; PAULA JÚNIOR, T.J.; VIEIRA, R.F.; SILVA, M.B.; FERRO, C.G.; LEHNER, M.S. *Trichoderma* spp. decrease *Fusarium* root rot in common bean. **Summa Phytopathologica**, v.38, n.4, p.334-336, 2012.

TOLÊDO-SOUZA, E. D.; LOBO JÚNIOR, M.; SILVEIRA, P. M.; CAFÉ FILHO, A. C.. Interações entre *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e *Rhizoctonia solani* na severidade da podridão radicular do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 39: 13 – 17. 2009.

UCHÔA, C. do N.; POZZA, E.A.; UCHÔA, K.S.A.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; TOYOTA, M.; MORAES, W. da S.; FREITAS, M.L. de O.; SILVA, B.M. da. Acibenzolar-S-Metil e silício como indutores de resistência à Sigatoka-negra em bananeira cultivar Grand Naine (AAA). **Revista Agrarian**, v.7, p.189-196, 2014.

VOIGT, K. Management of *Fusarium* Diseases. In: Kempken F. (eds) **Agricultural Applications**. The Mycota (A Comprehensive Treatise on Fungi as Experimental Systems for Basic and Applied Research), vol 11. Springer, Berlin, Heidelberg (2002)

ZAMBOLIM, L. et al. Feijão comum: podridão, tombamento, e murcha causados por fungos de solo. In: VALE, F.X.R.; ZAMBOLIM, L. (Eds). Controle de doenças de plantas: grandes culturas. Viçosa: UFV. **Departamento de Fitopatologia**; Brasília, DF: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 2v. p.375-402

ZUCKER. M. Induction of phenylalanine deaminase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. **Plant Physiology**. 40: 779-84. 1965.