



MATHEUS HENRIQUE DE BRITO PEREIRA

**EFICÊNCIA DO FOSFITO DE POTÁSSIO NO MANEJO DA
FERRUGEM DO FEIJOEIRO**

LAVRAS – MG

2019

MATHEUS HENRIQUE DE BRITO PEREIRA

**EFICÊNCIA DO FOSFITO DE POTÁSSIO NO MANEJO DA FERRUGEM DO
FEIJOEIRO**

Monografia apresentada à Universidade
Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Agronomia, para a
obtenção do título de Bacharel

Prof. Dr. Mário Lúcio Vilela de Resende
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por guiar e iluminar meu caminho, me dando discernimento e saúde para lutar pelos meus sonhos e conquistar meus objetivos.

Aos meus pais pela fonte inesgotável de amor, carinho, compreensão e incentivo em todas as minhas decisões. Aos meus irmãos por todo apoio.

À toda minha família, que sempre me ajudaram e apoiaram.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela excelente formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica.

À Empresa Agrichem do Brasil, pelo apoio na execução do experimento.

Ao Orientador Ph. D. Mário Lúcio Vilela de Resende, pela oportunidade, confiança, e por toda sua competência e aos ensinamentos que me foram passados.

À Dra. Deila e Dr. Bruno, pela amizade, confiança, pela paciência, pelos ensinamentos, pela disponibilidade e disposição em me ajudar na condução deste trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Fisiologia do Parasitismo, Ana Cristina, Ariana, Alexandre, Bárbara, Carolina, Moisés, Marluce, Duda, Rafaela, Fábio, Fernanda, Mariana, Natalia, Priscilla, André, Tharyn, Victor, Yohana, Ludmila, Manoel, Juliana e Betânia, pelo convívio e ensinamentos.

Aos amigos do Laboratório de Sistemática e Ecologia de fungos, Ph. D. Ludwig, Sarah, Larissa, Camila, Aceide, Marileide, Bárbara, Cláudia, Edinho e Filipe por todo convívio e ensinamentos.

Aos membros da banca avaliadora, por terem aceitado o convite e colaborado na realização deste trabalho.

Aos meus amigos de república Thiago, José e Victor pela amizade e convivência.

Aos amigos de Lavras pelo convívio diário, companheirismo e momentos de alegria, em especial, Rafa, Thamires, Thalita, Nevenka, Walber, Larissa, João Arthur, Arthur, Thiago, Carol e Giselle.

Aos amigos feitos durante a graduação, só tenho a agradecer pelos momentos únicos, aos quais ficarão guardados na lembrança da melhor época da minha vida.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A ferrugem do feijoeiro (*Uromyces appendiculatus*) é uma doença amplamente disseminada, ocorrendo nas lavouras em todo Brasil. Os danos provocados podem ser mais severos quanto mais cedo ocorrer a doença no ciclo da cultura, sendo muito influenciados pela suscetibilidade das cultivares atacadas. O manejo da ferrugem é realizado, principalmente, por cultivares resistentes e pelo controle químico. A utilização de fosfitos é uma alternativa que vem sendo utilizada no manejo de fitopatógenos em aplicação isolada ou em associação ao controle químico. Dessa maneira, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de fosfito de potássio associado ou não ao controle químico no manejo da ferrugem do feijoeiro. O experimento foi conduzido em condições de campo, no município de Lavras – MG, com os seguintes tratamentos: FP (fosfito de potássio $0,75 \text{ L ha}^{-1}$), Fungicida (trifloxistrobina + proclorazoxolol $0,5 \text{ L ha}^{-1}$), FP + Fungicida, FP + Fungicida + Óxido cuproso ($0,05 \text{ L ha}^{-1}$) e Testemunha. Foram realizadas três aplicações via foliar, nos estádios V4, R5 e R6, utilizando pulverizador pressurizado a CO_2 . O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições. Foram realizadas quatro avaliações da severidade da doença para o cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença e posterior análise estatística. As associações FP + Fungicida + Óxido cuproso e FP + Fungicida proporcionaram redução significativa da severidade da ferrugem, com controle de 85,6 e 83,3%.

Palavras-chave: *Uromyces appendiculatus*. Controle. *Phaseolus vulgaris*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 CULTURA DO FEIJOEIRO.....	6
2.2 FERRUGEM DO FEIJOEIRO.....	7
2.3 FOSFITOS NO MANEJO DE DOENÇAS.....	8
3 OBJETIVO.....	10
4 MATERIAL E MÉTODOS	10
4.1 ÁREA EXPERIMENTAL	10
4.2 AVALIAÇÕES DA INCIDÊNCIA E SEVERIDADE DA DOENÇA E PRODUTIVIDADE.....	10
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	11
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
6 CONCLUSÕES.....	15
REFERÊNCIAS.....	15

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris L.*) é uma cultura de grande importância social e econômica para o Brasil (BARBOSA; GONZAGA, 2012). A produção do grão é difundida em todo o território brasileiro e sendo feito ao longo do ano três safras (CONAB, 2019).

A produção do feijoeiro é limitada por diversos fatores, destacando-se os problemas fitossanitários, que podem ocasionar grandes perdas (BARBOSA; GONZAGA, 2012). A ferrugem do feijoeiro, doença cujo agente etiológico é o fungo *Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger, pode ocorrer em hastes e vagens, sendo, no entanto, mais predominantes nas folhas (WENDLAND, A et al., 2016). É considerada uma doença de grande importância para a cultura, podendo ocasionar danos de 45% podendo chegar a 100% de perdas de produtividade, que está relacionado à severidade precoce da infecção (JESUS JUNIOR et al., 2001, HALL, 1991; STAVELY, 1994). O controle da ferrugem do feijoeiro é realizado com utilização de controle químico e rotação de cultura, eliminação de plantas e restos culturais. O uso de cultivares resistentes é um método mais restrito devido a alta variabilidade patogênica do fungo (MODESTO et al., 2005). No Brasil, mais de 80 raças já haviam sido identificadas até 1980 (CARRIJO et al., 1980). Segundo FALEIRO et al. (1999) somente em Minas Gerais de 15 isolados obtidos, 13 constituíram raças fisiológicas diferentes, confirmando a alta variabilidade nas populações deste fungo.

O uso de fungicidas para o controle de doenças fúngicas é muito utilizado. No entanto, produtos químicos podendo trazer muitos riscos à saúde humana e à contaminação ambiental, devido a presença de resíduos tóxicos (ROBERTS e KUCHARREK, 2006).

A utilização de fosfitos pode ser considerada como uma estratégia adicional a ser incluída em programas de manejo de doenças para reduzir o intensivo uso de fungicidas (LOBATO et al. 2008). A utilização desses produtos em diferentes culturas tem aumentado nos últimos anos, devido à eficiência verificada no controle de patógenos (COSTA et al., 2014; DALIO et al., 2012; PEREIRA, V. et al., 2010), evidenciada por dois modos de ação: a toxidez direta contra patógenos, inibindo o crescimento micelial e levando à ruptura das hifas, e ações indiretas, que incluem estímulos dos mais variados mecanismos de defesa das plantas, tanto na ausência, quanto na presença de patógenos (DALIO et al., 2012; ESHRAGHI et al., 2011; LIM et al., 2013). De acordo com Lim et al. (2013), a pré-ativação de genes por fosfito antes da infecção ajuda a induzir respostas de defesa de forma antecipada e mais rápida, resultando no aumento dos níveis de resistência. Eshraghi et al. (2011) relataram que fosfito induz a expressão de genes de defesa em plantas de *Arabidopsis thaliana* na ausência do

patógeno e que os fitormônios ácido salicílico e ácido jasmônico/etileno estão envolvidos nos mecanismos de defesa induzidos por esse composto, tanto na ausência, quanto na presença do patógeno.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO FEIJOEIRO

O cultivo do feijoeiro no Brasil é concentrado em três épocas: a primeira safra, também chamada de “safra das águas”; a segunda safra ou “safra da seca”; e a terceira safra, denominada “safra de outono-inverno”. Nesta última, sobretudo na região Central do país, devido ao uso da irrigação e da adoção de tecnologias apropriadas, maiores índices de produtividade têm sido alcançados (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

Cultivado no sistema solteiro ou consorciado com outras culturas, o feijoeiro é produzido principalmente nos estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, além de alguns estados do Nordeste e Norte. O sistema de produção é heterogêneo, pois a produção de subsistência convive com a produção altamente tecnificada (SOUZA; WANDER, 2014). O feijoeiro também é uma cultura importante na sucessão de cultivos ao longo do ano, já que pode ser cultivado em período relativamente curto, com ciclo produtivo geralmente em torno de 90 dias (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019), considerando o cultivo de feijão em três safras, a produção nacional na safra 2018/2019 foi de 2,93 milhões de toneladas, e a estimativa da safra 19/20 é 2,83 milhões de toneladas. Os cinco principais estados produtores da leguminosa são Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Bahia e Goiás. Segundo Souza e Wander (2014), há evidências de que a expansão de culturas mais rentáveis, intensivas em tecnologia e com amplo mercado internacional tem substituído áreas de outras culturas, entre elas, o feijão. Em contrapartida, destaca-se o importante papel da tecnologia, associada ao melhoramento de cultivares de feijoeiro e a melhores processos produtivos, uma vez que, a produtividade tem incrementado o valor da produção de feijão e abrandado o efeito substituição do feijoeiro por outras culturas. O feijoeiro é cultivado durante todo o ano numa grande diversidade de ecossistemas, situação que expõe as plantas a muitos fatores que lhes são desfavoráveis. Entre eles, destacam-se as doenças. Essa leguminosa é hospedeira de diversos patógenos, como fungos, bactérias, vírus e nematoides. A importância de cada doença varia segundo o ano, a época, o local e a cultivar utilizada. As perdas anuais decorrentes por doenças são, geralmente, significativas, o que justifica a adoção de medidas de controle (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

2.2 FERRUGEM DO FEIJOEIRO

A ferrugem do feijoeiro, causado pelo fungo *Uromyces appendiculatus* (Pers.: Pers.) Unger [sin. *U. phaseoli* (Reben) Wint.], é provavelmente uma das doenças que mais acometem a cultura do feijão (MUIMBA-KANKOLONGO, 2018). O fungo é um parasita obrigatório do tipo autoécio (completa todo seu ciclo de vida em um único hospedeiro) e macrocíclico (produz todos os estádios de esporos) (ANDRUS, 1931). Sabe-se que existem várias raças patogênicas de *U. appendiculatus*, sendo que no mundo, mais de 250 raças já foram identificadas (MUIMBA-KANKOLONGO, 2018, HALEY et al., 1994). No Brasil, até o ano de 1980 foram identificadas 80 raças (CARRIJO et al., 1980). Segundo Faleiro et al. (1999) somente em Minas Gerais de 15 isolados fúngicos obtidos de coletas, 13 constituíram raças fisiológicas diferentes, confirmando a alta variabilidade nas populações deste fungo.

Os sintomas da doença geralmente aparecem nas faces abaxial e adaxial das folhas, onde inicialmente forma manchas cloróticas, cerca de cinco dias após a infecção. Os sintomas podem ocorrer também em vagens, pecíolos e ramos. Os urediniosporos produzidos são marrons-avermelhados (cor da ferrugem) e as pústulas secundárias geralmente se desenvolvem ao redor das pústulas primárias (MUIMBA-KANKOLONGO, 2018). As pústulas começam a eclodir expondo os urediniosporos quando as frutificações do fungo amadurecem, aproximadamente 15 dias após a inoculação. A infecção e o subsequente desenvolvimento do patógeno são favorecidos por alta umidade e temperaturas entre 18 e 23 ° C. Em condições favoráveis, e se a infecção é severa, as folhas tornam-se secas e escuras, sofrendo posterior senescência (STAVELY e PASTOR-CORRALES, 1989; PAULA JÚNIOR e ZAMBOLIM, 1998).

O *U. Appendiculatus* está distribuído em todo o mundo, mas sua infecção ocorre principalmente nas regiões tropicais e subtropicais úmidas (STAVELY e PASTOR-CORRALES, 1989), como é o caso do Brasil, onde têm-se a ocorrência de temperaturas moderadas e alta umidade do ar que favorecem. Por isso, as principais perdas na produção do feijoeiro decorrentes da incidência do fungo ocorrem nestas regiões.

No Brasil, a principal via de reprodução do patógeno é assexuada, mecanismo também presente em seu ciclo de vida, o qual pode gerar grande variabilidade genética ao longo das várias gerações do fungo (GROTH e OZMON, 1994).

2.3 FOSFITOS NO MANEJO DE DOENÇAS

O fósforo é um dos principais nutrientes requeridos para o desenvolvimento das plantas. Esse elemento não ocorre naturalmente de forma livre devido à sua alta reatividade, combinando-se rapidamente com outros elementos, como o oxigênio e o hidrogênio. O ânion fosfato (HPO_4^{2-}) é a principal forma de fósforo utilizada pelas plantas para sua nutrição. Já os fosfitos (H_2PO_3^-), que são sais do ácido fosforoso, diferem do fosfato pela substituição de um átomo de oxigênio por um de hidrogênio em sua molécula. Esta substituição resulta em diferenças profundas na forma em que os dois compostos se comportam em organismos vivos.

Devido às suas similaridades estruturais, fosfito é considerado análogo ao fosfato, entretanto fosfito não é incorporado a compostos orgânicos e assim, se acumula nos tecidos, pois este composto não pode ser reduzido a fosfato dentro da planta (DALIO et al., 2012; GUEST; GRANT, 1991; MCDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001). Dessa maneira, a utilização de fosfitos na agricultura tem sido investigada principalmente no que diz respeito aos seus efeitos no controle de doenças (DELIPOULOS; KETTLEWELL; HARE, 2010). Estudos relatam que os fosfitos exercem um complexo modo de ação contra fungos e oomicetos, que envolvem ação direta, por meio da inibição da esporulação ou redução da taxa de crescimento, e efeitos indiretos, com uma rápida e forte estimulação de mecanismos de defesa da planta, tanto na presença quanto na ausência do patógeno (DALIO et al., 2012; DELIPOULOS; KETTLEWELL; HARE, 2010; ESHRAGHI et al., 2011; LIM et al., 2013).

Na cultura do cafeeiro, Ogoshiet al. (2013) verificaram que fosfito de potássio proporcionou redução de 62,5% da severidade da antracnose, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. Os autores ainda observaram que o fosfito inibiu a germinação de conídios, a formação do apressório e o crescimento micelial do fungo. Também estudando fosfito no controle de patógenos da cultura do cafeeiro, Costa et al. (2014) verificaram efeito tóxico desse produto na germinação de uredinósporos de *Hemileia vastatrix* e também na germinação de conídios e no crescimento micelial de *Cercospora coffeicola*. Silva et al. (2015), em estudo utilizando microscopia eletrônica, observaram que fosfito de potássio reduziu o crescimento micelial e a emissão do tubo germinativo de *C. lindemuthianum*, agente etiológico da antracnose do feijoeiro.

Na indução de resistência em plantas, Eshraghiet al. (2011) verificaram a indução da expressão de genes de defesa em resposta ao tratamento com fosfito em plantas de *Arabidopsis thaliana*. Os autores, também, observaram que os fitormônios ácido salicílico e ácido jasmônico/etileno estão envolvidos nos mecanismos de defesa induzidos por fosfito, tanto na ausência, quanto na presença do patógeno, sugerindo que o tratamento com esse composto poderia permitir o recrutamento de moléculas que participam de diferentes rotas de resposta de defesa contra patógenos, tanto biotróficos, quanto necrotróficos. Limet al. (2013), estudando o patossistema *Solanum tuberosum* L. –*Phytophthora infestans*, verificaram o aumento da expressão de proteínas associadas à defesa de plantas após o tratamento com fosfito e sugeriram que a pré-ativação dessas proteínas em plantas tratadas com fosfito antes da infecção, contribui para o aumento dos níveis de resistência do hospedeiro. Nesse estudo, também, foi verificada a indução de resposta de hipersensibilidade e a formação de calose após o ataque do patógeno em folhas tratadas com fosfito.

Os fosfitos têm promovido uma eficiente proteção contra doenças em diversos patossistemas (GADAGAet al., 2017, BURRA et al., 2014, COSTA et al., 2014, COSTA et al., 2018, SILVA JÚNIOR et al., 2018, SILVA et al., 2019). Em feijoeiro, Silva et al. (2015) verificaram em casa-de-vegetação que fosfito de potássio reduziu em 60,4% a severidade da antracnose. Além disso, fosfito de potássio aumentou a atividade das enzimas peroxidase e fenilalanina amônia-liase em plantas inoculadas e não inoculadas com o patógeno. Efeito positivo de fosfito de potássio, também, foi observado para a redução da incidência e da severidade da brusone do trigo, com 36% e 56% de controle, respectivamente, em comparação com plantas não tratadas (PAGANI; DIANESE; CAFÉ-FILHO, 2014).

Nojosa et al. (2009) observaram redução da severidade da Mancha de Phoma em mudas de cafeeiro pulverizadas com fosfito de potássio, assemelhando-se ao controle proporcionado pelo fungicida padrão. Fosfito de zinco foi uma alternativa eficiente no controle do oídio em mini cepas de eucalipto, com aproximadamente 56% de redução da doença (SILVA et al., 2016). Uma estratégia inovadora no âmbito da gestão integrada das culturas é a utilização de compostos químicos biocompatíveis que melhorem o controle de doenças em plantas por meio da indução de resistência. Dentre esses, os fosfitos têm recebido uma atenção especial, pois têm sido capazes de controlar doenças causadas por oomicetos e fungos, por meio da ação direta sobre os patógenos e um efeito indireto, pela estimulação de respostas de defesa no hospedeiro (DELIOPOULOS; KETTLEWELL; HARE, 2010; MACHINANDIARENA et al., 2012).

Além da aplicação isolada, a associação de fosfito com fungicidas tem sido uma alternativa eficaz no manejo de doenças, em virtude de proporcionar efeito aditivo ou sinérgico (NEVES, 2006). Trabalhos utilizando fosfitos de potássio no manejo da ferrugem do feijoeiro são escassos. Desta forma, pesquisas focadas nesta temática são necessárias visando verificar o potencial da utilização de fosfitos no manejo da doença.

3 OBJETIVO

Avaliar a eficiência de fosfitos de potássio associado ou não a fungicida no manejo da ferrugem do feijoeiro.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado na Fazenda experimental Muquém pertencente a Universidade Federal de Lavras - UFLA. Utilizou-se a cultivar de feijoeiro BRS UAI sendo a parcela experimental constituída por 6 linhas x 4 metros totalizando 14,4 m² e a parcela útil totalizou 9,6 m². Os tratamentos utilizados (Tabela 1) foram aplicados nos estágios V4 (abertura do terceiro trifólio), R5 (pré floração), R6 (floração). Utilizou-se para as aplicações pulverizador costal motorizado e o volume de calda aplicado foi 150 L ha⁻¹.

Tabela 1. Especificação dos tratamentos, composição e doses aplicadas

Especificação	Composição	Doses (L ha ⁻¹)
1. Testemunha	-----	---
2. Fosfito de potássio	29% K ₂ O + 33,6% P ₂ O ₅	1,0
3. Fungicida	Trifloxistrobina+ protioconazol	0,5
4. Fungicida + fosfito de potássio	Trifloxistrobina+ protioconazol, 29% K ₂ O + 33,6% P ₂ O ₅	0,5+1,0
5. Fungicida + fosfito de potássio + Óxido cuproso	Trifloxistrobina+ protioconazol, 29% K ₂ O + 33,6% P ₂ O ₅ , Cu (50%)	0,5+1,0+0,05

4.2 AVALIAÇÕES DA INCIDÊNCIA E SEVERIDADE DA DOENÇA E PRODUTIVIDADE

Foram avaliados oito trifólios por parcela sendo quantificadas a incidência e a severidade da ferrugem. A severidade foi avaliada por escala diagramática proposta por Godoy et al. (1996). Foram realizadas quatro avaliações com intervalo de cinco dias entre cada

avaliação. Os índices médios de incidência e severidade quantificados foram transformados em área abaixo da curva de progresso da incidência da ferrugem (AACPIF) e área abaixo da curva de progresso de severidade da ferrugem (AACPSF) de acordo com fórmula proposta por Shaner & Finney (1977). A produtividade de grãos foi obtida pelo arranquio manual das plantas na área útil de cada subparcela e posterior trilha mecânica, padronizando-se o grau de umidade a 13% de base úmida.

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 5 tratamentos e quatro repetições. Os dados originais de AACPIF, AACPSF e produtividade foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. As variáveis estudadas foram analisadas utilizando o programa Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se diferença significativa na AACPIF entre os tratamentos avaliados (Figura 1). A aplicação do fungicida + fosfito de potássio + óxido cuproso resultou em menor AACPIF, com percentual de controle de aproximadamente 37%, diferindo-se dos demais tratamentos testados. A aplicação do fungicida + fosfito de potássio, fungicida e fosfito de potássio resultaram em controle de 27%, 21% e 10%, respectivamente. A associação do fungicida com fosfito de potássio e óxido cuproso foi eficaz resultando em redução da incidência da ferrugem em plantas de feijoeiro. A aplicação de fosfitos apresenta resultados na inibição na germinação de esporos ou crescimento micelial em diversos patossistemas. Costa et al. (2014) verificaram efeito do fosfito de potássio na inibição da germinação de uredíniosporos de *Hemileia vastatrix* indicando toxidez direta dos fosfitos sobre o patógeno. A toxidez direta do fosfito sobre o patógeno interrompe e /ou reduz o processo de infecção do fungo, resultando em menor intensidade da doença. Além da eficácia do fosfito, o óxido cuproso também tem efeito fungitoxico em diversos patógenos (Hardy et al., 2007, Holderness, 1992, Vicent, Armengol & Garcia-Jimenez, 2009, Behlau et al., 2017.). Desta forma, a combinação do fungicida, fosfito e óxido cuproso, foi eficaz na redução da AACPI.

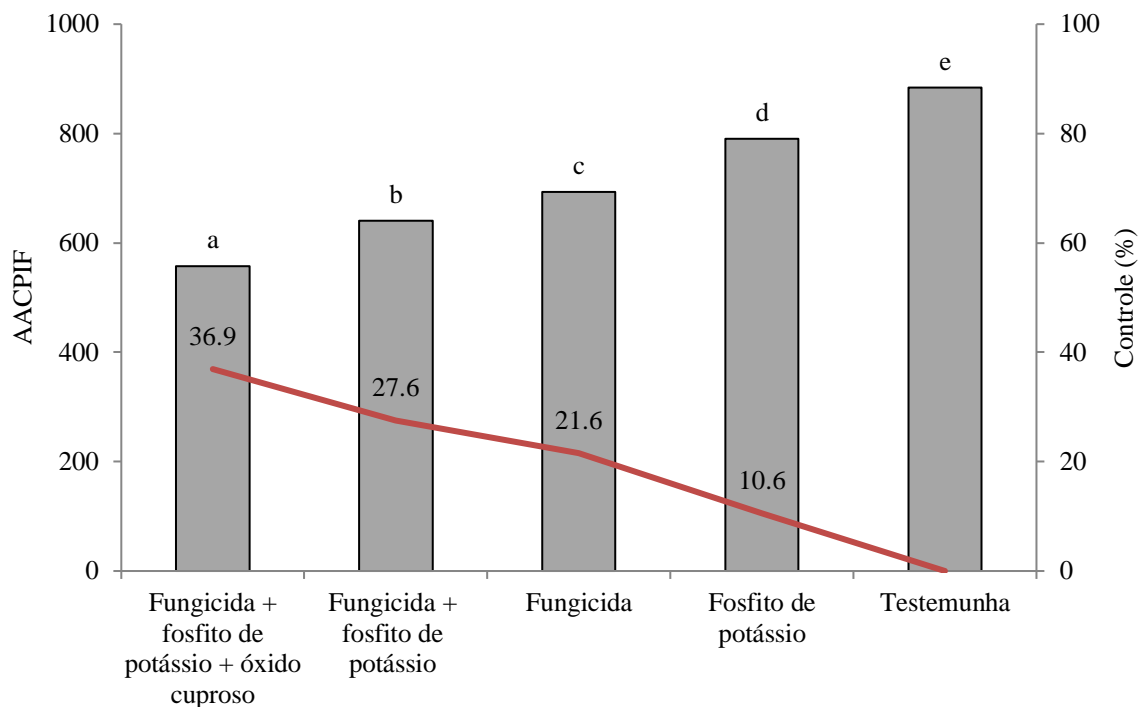


Figura 1- Área abaixo da curva de progresso da incidência da ferrugem do feijoeiro (AACPIF) em função dos tratamentos testado. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

A aplicação dos tratamentos fosfito de potássio + fungicida + óxido cuproso e fungicida + fosfito de potássio, influenciou significativamente a severidade da ferrugem do feijoeiro, resultando em menor AACPSF e elevado percentual de controle 86% e 83%, respectivamente, quando comparada a testemunha (Figura 2). Já os tratamentos fungicida e fosfito de potássio, aplicados isoladamente, apresentaram 74% e 56% de controle respectivamente, quando comparado a testemunha. A eficácia da aplicação de fosfito de potássio na redução da severidade de doenças foi relatada por outros autores. Silva et al (2019) observaram que a aplicação de fosfito de potássio isoladamente ou em associação com fungicida epoziconazole + piraclostrobina resultou em redução da intensidade da ferrugem do cafeeiro.

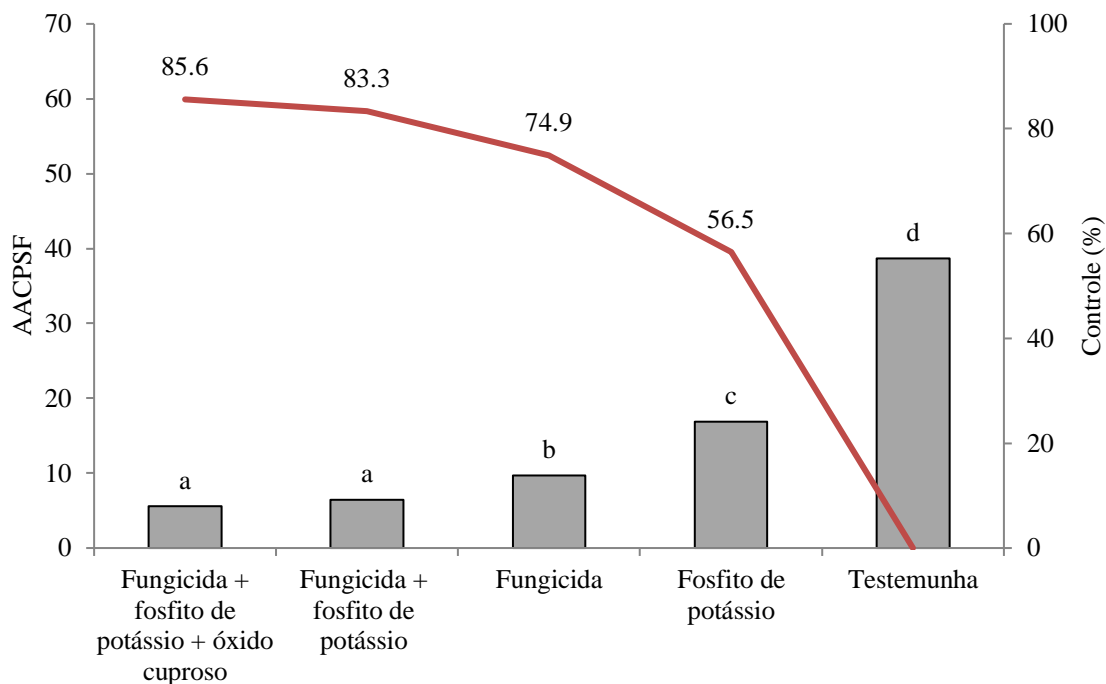


Figura 2- Área abaixo da curva de progresso da severidade da ferrugem do feijoeiro (AACPSF) em função dos tratamentos diferentes testados. Medias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Na curva de progresso da severidade da ferrugem do feijoeiro, a aplicação dos tratamentos fungicida+ fosfito de potássio + óxido cuproso e fungicida+ fosfito de potássio reduziu o progresso da doença expressivamente, quando comparado aos demais tratamentos testados (Figura 3). A aplicação do fosfito de potássio e o tratamento controle (testemunha) apresentaram aumento crescente da severidade da doença ao longo das avaliações. De acordo com Jackson et al. (2000), o efeito da aplicação de fosfito no controle *Phytophthora cinnamomi* em *Eucalypto marginata* foi determinada pela concentração de fosfito na interação planta-patógeno. Desta forma, alta concentração de fosfito agiu diretamente sobre o patógeno inibindo seu crescimento, enquanto baixa concentração estimulou diversas enzimas de defesa da planta. Na dose avaliada (1L ha^{-1}) a aplicação do fosfito de potássio isoladamente, possivelmente não foi eficaz na toxidez direta nos esporos de *U. appendiculatus* e/ou indução de defesa das plantas de feijoeiro. Desta forma, faz-se necessário o teste de novas doses de fosfito de potássio para manejo da ferrugem do feijoeiro.

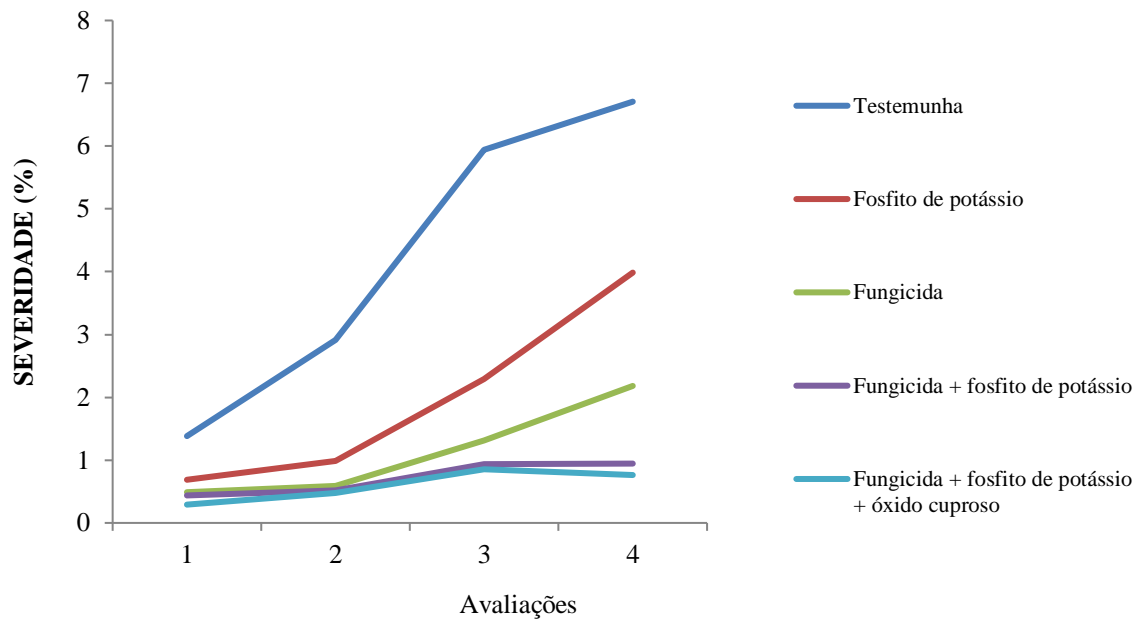


Figura 3- Curva de progresso da severidade da ferrugem do feijoeiro em função dos tratamentos testados.

Fonte: Do autor (2019).

A aplicação dos diferentes tratamentos não influenciou significativamente a produtividade do feijoeiro, quando comparado ao tratamento controle (Figura 4).

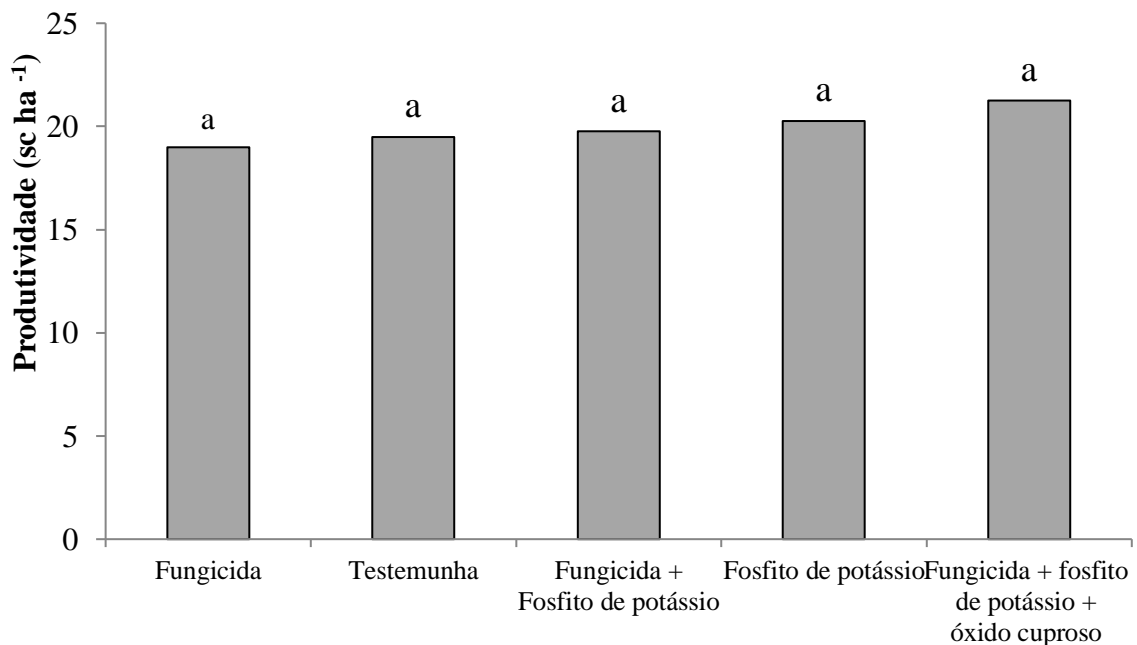


Figura 4- Produtividade do feijoeiro função dos diferentes tratamentos testados. Medias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

6 CONCLUSÕES

As associações fosfito de potássio + fungicida + óxido cuproso e fosfito de potássio + fungicida proporcionaram redução significativa da severidade da ferrugem do feijoeiro.

REFERÊNCIAS

- ANDRUS, C.F. The mechanism of sex in *Uromyces appendiculatus* and *Uromyces vignae*. **Journal of Agricultural Research**, 42:559-587, 1931.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, AC de O. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014. **Embrapa Arroz e Feijão-Documentos (INFOTECA-E)**, 2012.
- BEHLAU, F. et al. Soluble and insoluble copper formulations and metallic copper rate for control of citrus canker on sweet orange trees. **Crop protection**, v. 94, p. 185-191, 2017.
- BURRA, D. D. et al. Phosphite-induced changes of the transcriptome and secretome in *Solanum tuberosum* leading to resistance against *Phytophthora infestans*. **BioMed Central Plant Biology**, London, v. 14, p. 254, Oct. 2014.
- CARRIJO, I.V.; CHAVES, G.M.; PEREIRA, A.A. Reação de vinte e cinco variedades de *Phaseolus vulgaris* a trinta e nove raças fisiológicas de *Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth., em condições de casa-de-vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, v.5, p.245-255, 1980

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, primeiro levantamento, outubro/2019**. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 01 nov. 2019.

COSTA, B. H. G. et al. Potassium phosphites in the protection of common bean plants against anthracnose and biochemical defence responses. **Journal of Phytopathology**, v. 166, n. 2, p. 95-102, 2018.

COSTA, B. H. G. et al. Suppression of rust and brown eye spot diseases on Coffee by phosphites and by-products of coffee and citrus industries. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 162, p. 635-642, 2014.

DALIO, R. J. D. et al. O triplo modo de ação dos fosfitos em plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 20, p. 206-243, 2012.

DELIOPOULOS, T.; KETTLEWELL, P. S.; HARE, M. C. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review. **Crop Protection**, Newport, v. 29, n. 10, p. 1059-1075, May 2010.

ESHRAGHI, Leila et al. Phosphite primed defence responses and enhanced expression of defence genes in *Arabidopsis thaliana* infected with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, v. 60, n. 6, p. 1086-1095, 2011.

FALEIRO, F.G.; VINHADELLI, W.S.; RAGAGNIN, V.A.; ZAMBOLIM, L.; PAULA JUNIOR, T.J.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. Identificação de raças fisiológicas de *Uromyces appendiculatus* no Estado de Minas Gerais, Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v.24, p.166-169, 1999

FALEIRO, F.G. et al. Identificação de raças fisiológicas de *Uromyces appendiculatus* no Estado de Minas Gerais, Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v.24, p.166-169, 1999.

FERREIRA, D.F. **SISVAR**: sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras: UFLA, 2010.

GADAGA, S.J.G. et al. Phosphites for the control of anthracnose in common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, p. 36-44, 2017.

GODOY, C.V.; CARNEIRO, S.M.T.P.G.; IAMAUTI, M.T.; PRIA, M.D.; AMORIM, L.; BERGER, R.D.; BERGAMIN FILHO, A. Diagramatic scale for bean diseases: development and validation. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v.104, p.336-345, 1997.

GROTH, J.V., OZMON, E.A. Contrasting effects of asexual reproduction and random mating on changes in virulence frequency in a field collection of *Uromyces appendiculatus*. **Phytopathology**, 84:566-569, 1994.

GUEST, David; GRANT, Bruce. The complex action of phosphonates as antifungal agents. **Biological Reviews**, v. 66, n. 2, p. 159-187, 1991

HALEY, S.D.; MIKLAS, P.N.; AFANADOR, L.; KELLY, J.D. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) marker variability between and within gene pools of common bean. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.119, p.122-125, 1994

SCHWARTZ, Howard F. et al. **Compendium of bean diseases**. American Phytopathological Society (APS Press), 2005.

HARDY, S.; FALLOW, K.; BARKLEY, P. Using copper sprays to control diseases in citrus. **Primefact**, v. 757, p. 1-5, 2007.

HOLDERNESS, M. Comparison of metalaxyl/cuprous oxide sprays and potassium phosphonate as sprays and trunk injections for control of *Phytophthora palmivora* pod rot and canker of cocoa. **Crop Protection**, v. 11, n. 2, p. 141-147, 1992.

JACKSON, T. J., BURGESS, T., COLQUHOUN, I., & HARDY, G. E. S. (2000). Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, 49, 147-154

DE JESUS, W. C. et al. Effect of angular leaf spot and rust on yield loss of *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, v. 91, n. 11, p. 1045-1053, 2001.

LIM, Sanghyun et al. Proteomic analysis suggests broad functional changes in potato leaves triggered by phosphites and a complex indirect mode of action against *Phytophthora infestans*. **Journal of proteomics**, v. 93, p. 207-223, 2013.

LOBATO, M. C. et al. Phosphite compounds reduced disease severity in potato seed tubers and foliage. **European Journal of Plant Pathology**, v. 122, n. 3, p. 349-358, 2008.

MACHINANDIARENA, Milagros Florencia et al. Potassium phosphite primes defense responses in potato against *Phytophthora infestans*. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 14, p. 1417-1424, 2012.

MCDONALD, Allison E.; GRANT, Bruce R.; PLAXTON, William C. Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. **Journal of plant nutrition**, v. 24, n. 10, p. 1505-1519, 2001.

MODESTO, J. C.; FENILLE, R. C.; HABERMANN, G. Efeito de fungicidas no controle da ferrugem do feijoeiro causada por *Uromyces appendiculatus* em condições de campo. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, p. 245-248, 2005.

MUIMBA-KANKOLONGO, Ambayeba. **Food Crop Production by Smallholder Farmers in Southern Africa: Challenges and Opportunities for Improvement**. Academic Press, 2018.

NEVES, J. da S. **Influência da aplicação de fosfito de potássio na severidade da ferrugem asiática da soja**. 2006. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado (M) - Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Brasília.

NOJOSA, Gutemberg Barone Araújo et al. Efeito de indutores de resistência em cafeeiro contra a mancha de Phoma. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 1, p. 60-62, 2009.

OGOSHI, Claudio et al. Potassium phosphite: a promising product in the management of diseases caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in coffee plants. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, 2013.

PAGANI, Ana Paula S.; DIANESE, Alexei C.; CAFÉ-FILHO, Adalberto C. Management of wheat blast with synthetic fungicides, partial resistance and silicate and phosphite minerals. **Phytoparasitica**, v. 42, n. 5, p. 609-617, 2014.

PAULA JÚNIOR, T.J., ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C., PAULAJÚNIOR, T.J., BORÉM, A. (Eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV. Viçosa, Minas Gerais, 1998. p.375- 433.

PEREIRA, Vanessa Foresti et al. Produtos alternativos na proteção da videira contra o míldio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 1, p. 25-31, 2010.

ROBERTS P.; KUCHAREK, T. Watermelon; Specific Common Diseases. Florida Plant Disease Management Guide: Florida Cooperative Extension Service, **Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida**. v.3, n.55, p.1-4, 2006.

SHANER, G., FINNEY, R.F. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology*, 67: 1051-1056, 1977.

SILVA JÚNIOR, M. B. da et al. Foliar fertilizers for the management of phoma leaf spot on coffee seedlings. **Journal of Phytopathology**, v. 166, n. 10, p. 686-693, 2018.

SILVA, André Costa da et al. Plant extract, zinc phosphite and zinc sulphate in the control of powdery mildew in the eucalyptus. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 93-100, 2016.

SILVA, J. AG et al. Resistance inducers applied alone or in association with fungicide for the management of leaf rust and brown eye spot of coffee under field conditions. **Journal of Phytopathology**, v. 167, n. 7-8, p. 430-439, 2019.

DA SILVA, Jhonata Lemos et al. Essential oil of *Cymbopogon flexuosus*, *Vernonia polyanthes* and potassium phosphite in control of bean anthracnose. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 9, n. 8, p. 243-253, 2015.

SOUZA, Rodrigo da Silva; WANDER, Alcides Elenor. Aspectos econômicos da produção de feijão no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 23, n. 3, p. 43-54, 2014.

STAVELY, J.R. The Bean plant In: HALL, R. (Ed.). **Compendium of bean disease**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1994. p.1-5.

STAVELY, J.R., PASTOR-CORRALES, M.A. Rust. In: SCHWARTZ, H.F., PASTOR-CORRALES, M.A. (Eds.). **Bean production problems in the tropics**. 2ed. Cali: CIAT. Cali, Colombia, 1989. p.159-194

VICENT, A.; ARMENGOL, J.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J. Protectant activity of reduced concentration copper sprays against *Alternaria* brown spot on 'Fortune' mandarin fruit in Spain. **Crop Protection**, v. 28, n. 1, p. 1-6, 2009.

WENDLAND, A. et al. Doenças do feijoeiro. AMORIM, L., REZENDE, JAM, BERGAMIN FILHO, A., CAMARGO, LEA **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**, 5 ed. Ouro Fino, Ceres, p. 383-396, 2016.