

USO DE FOSFITOS NO CONTROLE DE DOENÇAS EM PLANTAS

Andermisânia Nunes de Moraes¹; Patrícia Correia de Sousa¹; Inaia Rhavene Freire Fagundes Nacarath²

RESUMO

A constante pressão da sociedade por produtos livres de agroquímicos vem impulsionando pesquisas para um manejo mais sustentável. Os fosfitos surgem como uma alternativa eficiente e viável para o controle de doenças em plantas, já que possuem duplo modo de ação no controle de doenças, induzindo resposta de defesa vegetal e agindo diretamente sobre o patógeno. A indução de resistência da planta ocorre em resposta a um estímulo de mecanismos de defesa vegetal antes e/ou após a chegada do patógeno nos tecidos da planta. Ademais, apesar de que não a prova onde as plantas se beneficiam do fosfito como fonte de fósforo, alguns pesquisadores apoiam a visão de que os elementos que acompanham a molécula em produtos à base de fosfito, como: cálcio (fosfito de cálcio) e potássio (fosfito de potássio), podem desempenhar um papel na nutrição, fornecendo esses elementos.

Palavras-Chave: Indução de resistência. Fitossanidade. Mecanismos de defesa

INTRODUÇÃO

Os vegetais estão constantemente expostos à ação de microrganismos, porém algumas espécies são mais suscetíveis ao ataque de organismos patogênicos que outras. Ao longo de sua evolução esses organismos patogênicos aperfeiçoaram sua capacidade em causar doenças em plantas, podendo provocar doenças tanto por penetração e colonização dos tecidos vegetais, quanto por liberação de substâncias químicas no hospedeiro (AMORIM et al. 2018).

Na literatura podem ser encontradas várias definições de doença em plantas, segundo Agrios (2005), doença em planta é o resultado do mau funcionamento das células vegetais após irritação contínua causada por um agente patogênico ou fator ambiental, levando ao desenvolvimento de sintomas que podem provocar danos parciais ou até mesmo a morte da planta, o que acarreta grandes prejuízos no que se

refere à produção agrícola, causando perda de produtividade ou perda total da produção.

As soluções para o controle de infecções causadas por fitopatógenos incluem: o controle químico, uso de cultivares mais resistentes, rotação de culturas e sistemas agroflorestais. O controle químico continua sendo a opção mais utilizada na agricultura. Portanto, há uma necessidade de buscar alternativas ao uso destes produtos (MELO-FILHO, 2015). O uso de defensivos químicos ainda é o método mais utilizado para o controle de doenças em culturas agrícolas, mas seu uso indiscriminado pode promover danos à saúde humana, contaminação do ambiente, e o seu uso constante pode resultar em patógenos mais resistentes à molécula.

Nesse sentido, há uma crescente preocupação da sociedade, tanto em relação a preservação ambiental, quanto a produção de alimentos mais seguros, livres de agroquímicos. Dessa forma, sistemas de cultivos mais sustentáveis e menos dependentes do uso de agrotóxicos vêm sendo desenvolvidos. A utilização de produtos alternativos vem demonstrando resultados satisfatórios, tanto na eficiência no controle de doenças em plantas, quanto na redução de custo de produção (Ávila, 2009).

Nesse contexto, produtos capazes de induzirem a resistência em plantas podem ser uma alternativa promissora de controle, podendo ser incorporada ao manejo integrado de doenças. A indução de resistência em plantas ocorre em resposta a ativação de mecanismos de defesa vegetal, após sofrer estímulos. Os mecanismos de defesa envolvidos podem ser tanto físicos, quanto bioquímicos, sendo responsáveis por modificações no tecido vegetal, tais como: formação de barreiras que atrasam ou impedem a penetração do patógeno e a produção de substâncias tóxicas ao patógeno (FERNANDES et al., 2009).

O mercado não dispõe de uma gama de indutores de resistência. No Brasil, há apenas um produto registrado como indutor de resistência em plantas, o acibenzolar-S-metil, sendo considerado um dos indutores mais promissores. Essa molécula foi sintetizada e lançada comercialmente sob as marcas Bion® e Actigard®, sendo assim, se tornaram o primeiro representante eficaz de produtos eficientes na indução de resistência de plantas (INACIO, 2011). Vários produtos vêm sendo estudados e demonstram eficácia na ativação de defesa vegetal, dentre eles os fosfitos. Os fosfitos surgem como uma alternativa eficiente e viável para o controle de doenças em plantas,

já que possuem duplo modo de ação no controle de doenças, induzindo resposta de defesa vegetal e agindo diretamente sobre o patógeno (SILVA et al., 2018).

Considerando a importância da agricultura brasileira e os prejuízos causados pelas doenças que afetam as culturas agrícolas, surge a seguinte problemática: é possível controlar os patógenos causadores de doenças em plantas de forma eficiente e sustentável? Estudos têm demonstrado o resultado positivo ao uso de fosfitos no controle de doenças em plantas. A eficiência de controle dos fosfitos é evidenciada, na redução da infecção e da severidade das doenças em diversos trabalhos descritos na literatura e reunidos nesta revisão. Devido à eficácia dos fosfitos é importante que estes sejam introduzidos no manejo integrado das doenças que afetam as culturas agrícolas.

Baseando-se na necessidade de medidas alternativas de controle dos patógenos que afetam as culturas agrícolas, justifica-se este trabalho, o qual apresenta um compilado de estudos sobre a eficiência dos fosfitos no controle de doenças em plantas.

O presente projeto de pesquisa tem como objetivo geral abordar sobre o uso de fosfito no controle de doenças em plantas. Apresentando os seguintes objetivos específicos: Indução de resistência em plantas a patógenos; Mecanismos de resistência em plantas a patógenos; Fosfitos na agricultura; Indutores de resistência; e Uso de fosfito no controle de doença de plantas.

O trabalho é desenvolvido com base em pesquisa bibliográfica com caráter descritivo e exploratório, baseada em livros, revistas e artigos com relação ao tema estudado, cujas principais palavras chaves utilizadas foram: Indução de resistência, Fitossanidade, Mecanismos de defesa. Os principais sites de buscas foram: Embrapa, Scielo e Google Scholar. A bibliografia utilizada está entre os anos de 1997 a 2021.

REVISÃO DE LITERATURA

INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA DE PLANTAS A PATÓGENOS

Os organismos vegetais estão em constante exposição à ação de microrganismos, como fungos, bactérias, vírus e nematoides. No entanto, estudos

demonstram que algumas espécies são mais suscetíveis ao ataque de patógenos do que outras (AGRIOS, 1997).

Ao longo de sua evolução os patógenos aprimoraram sua capacidade de causar doenças em plantas. Ao penetrarem os tecidos vegetais de forma física, química ou sendo inoculado diretamente na planta através de um vetor é iniciada uma infecção. Esses microrganismos patogênicos podem se fixar na superfície das plantas por meio de (secreções adesivas), promovendo pressão suficiente para que aconteça o rompimento do tecido vegetal, sendo que alguns patógenos possuem apenas secreções enzimáticas para penetrarem nos tecidos vegetais (AMORIM et al., 2018). Por outro lado, no processo evolutivo das plantas, essas também desenvolveram mecanismos de defesa para resistir ao ataque dos patógenos em seus tecidos.

A indução de resistência de plantas a patógenos acontece em resposta à ativação, tanto por tratamentos bióticos, como por tratamentos abióticos. Antes da planta induzir suas respostas de defesa, a resistência apresenta-se em níveis reduzidos ou ausentes, sendo ativados posteriormente a entrada do patógeno nos tecidos da planta hospedeira. A ativação dos mecanismos de defesa resulta na capacidade da planta em prolongar ou deter a entrada ou uma subsequente ação de um patógeno em seus tecidos (BARROS et al., 2010), este sistema de defesa vegetal é de grande complexidade.

O primeiro relato de indução de resistência foi há mais de 100 anos, quando Ray e Beauverie, em 1901, induziram a resistência de begônias usando esporos atenuados de *Botrytis cinérea*. Quase trinta anos depois, Carbonne e Kalaljev comprovaram esse estudo, demonstrando que a resistência sistêmica adquirida também depende do estado do hospedeiro. Chester em 1933, notou que plantas susceptíveis tinham capacidade de adquirir resistência depois de um primeiro contato com um patógeno avirulento (MAZARO, 2007; PIRES, 2011).

A indução de resistência pode ser sistêmica adquirida (SAR) e/ou induzida (RSI) embora semelhantes fenotipicamente, são fenômenos distintos e isso se deve a forma da qual são induzidos e desencadeados, mas no final se expressam em forma de resistência de cunho sistêmico (BARROS et al., 2010). Explica-se a SAR pela capacidade de causar necrose a partir do sítio de infecção como reação de defesa após receber o sinal de invasores, mesmo após a reação localizada esse sinal continua a ser transmitido para outras partes da planta, fazendo com que essa ative suas reações de defesa longe do sítio de infecção, fazendo com que ela se proteja

contra infecções subsequentes. Na RSI o agente indutor não provoca sintomas, como ocorre na SAR, mas fará com que a planta se proteja sistematicamente (SILVA, 2008).

Os mecanismos envolvidos nas respostas de defesa das plantas podem ser estruturais ou bioquímicos. Os mecanismos de defesa, tanto estruturais (mecanismos são responsáveis por atrasar a penetração do patógeno), como os mecanismos bioquímicos (exigem um gasto de energia pela planta), são subdivididos em pré-formados e pós-formados. Como mecanismos estruturais pré-formados pode-se citar cutícula, tricomas, estômatos, fibras/vasos condutores e os pós-formados envolvem a formação de papilas, halos, lignificação, glicoproteínas ricas nos aminoácidos hidroxiprolina (HRGP) e glicina (GRP), camadas de cortiça, camadas de abscisão, e tiloses. Os mecanismos bioquímicos pré-formados são fenóis, alcalóides glicosídicos, lactonas insaturadas, glicosídeos fenólicos e cianogênicos, inibidores proteicos, quitinases e β -1,3 glucanases e como mecanismos bioquímicos pós-formados pode-se citar as fitoalexinas, proteínas relacionadas à patogênese e espécies ativas de oxigênio (STANGARLIN et al., 2011).

MECANISMOS DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS A PATÓGENOS

As defesas estruturais são as chamadas barreiras físicas, são responsáveis por promover o atraso na penetração do patógeno no hospedeiro, elas atuam como barreiras à penetração e colonização do patógeno. Estes mecanismos podem ser tanto pré, quanto pós-formados. Os pré-formados se referem a estruturas produzidas pelo vegetal, independente se há uma ação do patógeno, essas estruturas possuem uma diversidade de funções na planta, além da resistência. No grupo dos pós-formados a expressão é desencadeada após a ação do patógeno na superfície da planta hospedeira. (BARROS et. al., 2010).

A cutícula é um mecanismo de defesa pré-formado, camada externa as células da epiderme, sua composição é por cutina e ceras, materiais cuja a função é evitar a perda de água dos vegetais, além dessa função também é uma barreira contra patógenos que colonizam a superfície. A resistência a entrada de organismos fitopatogênicos ocorre pela complexidade dos polímeros de cutina, os quais são difíceis de serem degradados. Polímeros de cutina só podem ser degradados por microrganismos que tem como mecanismo de ataque, enzimas denominadas cutinases (JOÃO; RAGA, 2016).

Estômatos são aberturas naturais da planta, sua função é regular as trocas gasosas entre planta e ambiente, como abertura natural, com certeza será um espaço para a entrada para muitos patógenos. Geralmente há maior densidade estomática na face abaxial (LIMA; LOPES; FILHO, 2010).

Segundo Aragão et al. (2000), os tricomas desempenham um papel de grande importância na defesa vegetal, principalmente a insetos fitófagos. Tricomas não glandulares conseguem atuar de modo direto sobre os insetos, prejudicando todas as atividades dos insetos, os tricomas glandulares podem atuar também como complementos na defesa química devido a substâncias fenólicas.

Como mecanismos estruturais pós-formados têm-se os halos, que são modificações na parede celular no entorno do ponto de penetração para impedir a perda de água e dificultar a penetração de microrganismos fitopatogênicos. Essas transformações acontecem pelo aumento nas concentrações de silício, lignina, celulose e suberina (AGRIOS, 2005).

A principal função da papila é promover resistência à penetração do fitopatógeno e impedir a troca de metabólitos, entre o patógeno e o hospedeiro. A papila é composta por derivados fenólicos, suberina, silício, celulose e lignina. (STANGARLIN et al., 2011)

A lignina oferece mais rigidez estrutural, estabilidade dos tecidos e atua como um bloqueio contra um ato patogênico, é encarregada pela inibição do desenvolvimento e pela função dos carboidratos e proteínas, no objetivo de fortalecer as paredes celulares ou na construção de lignina em volta do patógeno. A lignificação das hifas do patógeno, chamada de tubo lignífero, afasta do hospedeiro e dificulta a passagem de nutrientes e água do hospedeiro até o fungo e a passagem de enzimas e toxinas do patógeno até o hospedeiro (BEZERRA et al., 2020).

Em relação aos mecanismos bioquímicos, as fitoalexinas agem diretamente no invasor, e assim como a morte dos tecidos afetados, resulta nos prejuízos ligados à reação de hipersensibilidade da planta. Esses sistemas são realizados apenas perto da área de contaminação em solução ao ataque de todos os patógenos e fatores não biológicos que causam a necrose. Consistem em uma variedade de compostos defensivos, sobretudo antimicrobiana, referentes a diferentes químicas (ZORZETE, 2010).

Estudos vêm demonstrando a eficácia de quitosana, biofertilizantes, silício, fosfitos, entre outros produtos como ativadores de mecanismos de defesa vegetal (INACIO, 2011).

FOSFITOS NA AGRICULTURA

O fosfito (PO_3^{-3}) é um sal que deriva do ácido fosforoso (H_3PO_3), sendo resultado da neutralização por uma base, seja ela hidróxido de sódio, de potássio ou de amônio. Portanto, o fosfito é uma forma diminuta de fosfato, onde há a substituição do átomo de oxigênio (O) por um átomo de hidrogênio (H). As grandes funções do uso são as rápidas sucções do produto pelas plantas que requer menos energia, é benéfica à absorção de Zn, Ca, K, B, Mo, Mn, por ser um excelente agente complexante, além de prevenir doenças fúngicas, induzindo a produção de certas antitoxinas de plantas (SANTOS et al., 2011).

O fosfito possui alta solubilidade em água e solventes orgânicos, e sua taxa de absorção pelas raízes e folhas é mais rápida que a absorção do fosfato (BLUM; DIANESE, 2010). Segundo Carmona; Sautua (2011) existem várias discussões sobre fosfitos serem considerados fertilizantes e em particular como fonte de fósforo (P), uma vez que as plantas não podem utilizar os fosfitos em forma direta como fonte de fósforo, assim como fazem com os fosfatos.

Os fosfitos são translocados facilmente na planta por serem altamente solúveis e possuir um alto grau de mobilidade, após serem aplicados no solo ou nas folhas, eles serão transformados em fosfato. À medida que acelera a resistência indutiva, a ação por vias metabólicas é capaz de definir a condição da indução nas plantas expostas à indução por meio de enzimas-chaves que agem nas plantas para combater os patógenos (BRUZAMARELLO, 2016).

Em 1930, foram realizados trabalhos que objetivavam avaliar algumas formas de P para serem empregadas como fertilizantes. Segundo Ávila (2009) nesses estudos, os fosfitos foram tidos como uma forma ineficiente de fonte de P para os vegetais e de lenta conversão a fosfato, sendo então descartado temporariamente o seu uso na produção agrícola, porém 40 anos mais tarde foi demonstrado que um produto resultante da reação do fosfito com etanol (etil-fosfanato), demonstrou resultados satisfatórios no controle de uma diversidade de patógenos de plantas.

INDUTORES DE RESISTÊNCIA

A ativação dos mecanismos de defesa inicia-se após a planta reconhecer os sinais que indicam presença do patógeno, este reconhecimento resulta da ligação de um elicitor a um receptor presente na membrana plasmática da célula vegetal, a partir daí é iniciada a síntese dos compostos de defesa por parte da planta, onde o hospedeiro continua a transdução de sinais, que resulta em uma reprogramação metabólica ativando barreiras físicas e químicas implicadas no processo (FERNANDES et al., 2009). As respostas de defesa são de grande eficácia no controle de doenças de plantas devido à multiplicidade e eficiência dos mecanismos de defesa.

É sabido que o mercado não dispõe de um número grande de indutores de resistência registrados, porém, estudos têm revelado a eficácia de vários outros produtos com potencial de ativação de defesa vegetal. Os extratos vegetais vêm apresentando eficiência na ativação de defesa em plantas. MAZARO et al. (2013), conduziram um experimento com intuito de avaliar o potencial de extratos de *Calendula officinalis* L. (extrato alcoólico, infusão e maceração) na ativação de defesas vegetais e obtiveram resultados significativos na indução das fitoalexinas gliciolinas em cotilédones de soja, onde todos os preparados apresentaram capacidade de indução das fitoalexinas. Em seu experimento usando extrato bruto aquoso de alecrim pimenta em cotilédones de soja, Carvalho (2010) demonstrou potencial elicitora de fitoalexinas gliceolina em todas concentrações utilizadas 5%, 10% e 15%.

Vários trabalhos de pesquisa comprovam a capacidade da quitosana em induzir a transcrição de genes responsáveis pela sintetização da proteinase, a quitosana também é responsável de aumentar a produção de fitoalexinas, ácido salicílico e outros compostos fenólicos (SCHÖNHALS et. al., 2017).

Mazaro et al. (2012) conduziu um experimento que tinha por objetivo avaliar a atividade de enzimas relacionadas à indução de resistência vegetal em morangueiros com uso de quitosana a 1,0%, onde foi possível observar a ativação das proteínas relacionadas a patogenicidade, na qual as rotas metabólicas foram ativadas para a produção de quitinases, após 168 horas da aplicação de quitosana e 120 horas para ativação de B -1,3-glucanase concluindo então, a capacidade de ativação pelo uso de quitosana. Piero;Garda (2008), observaram redução em mais de 50% na severidade da antracnose em feijoeiro quando utilizada a dosagem de 9 mg de quitosana por unidade de planta, pode-se notar também a capacidade da quitosana em alterar o

metabolismo relacionado à indução de resistência em feijoeiro a *Colletotrichum lindemuthianum*.

O silício vem sendo utilizado como indutor de resistência em diversas culturas, o míldio em trigo, a podridão em plantas de milho causada por *Fusarium moniliforme* e *Pythium aphanidermatum* (KORNDÖRFER et al., 2011), o acúmulo de silício nas lâminas foliares cria uma dupla camada de sílica-celulose, criando uma barreira mecânica impedindo a penetração de hifas, conferindo resistência a doenças fúngicas (MARAFRON & ENDRES, 2011).

Dentre os diversos agentes utilizados para a diminuição dessas doenças nas plantas, destacam-se: acibenzolar-S-metil, cobre, fosfito de potássio e silício. Embora não possa prevenir doenças, a maioria dos agentes pode reduzir sua força em 20% a 85%, além de sua ampla aparência e longa duração. Ao aplicar substâncias biológicas e não biológicas que podem ativar os mecanismos de defesa das plantas, o uso de intensificadores ou indutores de plantas pode atender aos requisitos de eficiência de controle e menor impacto ao meio ambiente (UCHÔA et al., 2014).

USO DE FOSFITOS NO CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS

Fosfitos têm sido utilizados no controle de doenças de plantas, isso ocorre tanto pelo seu efeito direto sobre os patógenos, quanto pela ativação da indução de resistência vegetal. Há relatos de fosfitos no controle de diversas doenças, como a ferrugem da uva, a ferrugem do trigo, o oídio, o bolor da soja e a podridão da maçã, os quais têm mostrado resultados favoráveis no controle de outros patógenos (SILVA et al., 2018).

A detecção de resistência é configurada em aprimorar os recursos de defesa da planta, uma ampla série de microrganismos pode ser ativada indutor biológico ou não biológico, a fórmula a base de fosfito como fertilização foliar, tem recebido atenção no controle de doenças, principalmente Oomycetes (TUNES et al., 2019).

Estudos têm demonstrado que os modos de ação fosfito são diversos, podendo agir diretamente sobre os patógenos (MÜLLER, 2015), ou indiretamente, por meio da ativação das respostas de defesa das plantas.

Abreu et al. (2021), observaram a eficácia de fosfito de potássio na indução de resistência ao crestamento gomoso do caule em melancia causada pelo fungo *Didymella bryoniae*, onde todas as dosagens utilizadas (D1: 0; D2:100; D3: 200; D4: 300; e D5: 400 µL/ml) se mostraram eficientes. No ensaio in vitro, inibiu o crescimento

micelial do fungo e no ensaio in situ, o tratamento de semente proporcionou total indução da resistência à *D. bryoniae*. No trabalho de Meneghetti et al., (2009) o fosfito de potássio não induz resistência contra o *P. pachyrhizi* em soja.

Comochena (2015) testou o fosfito de potássio na cultura da soja para mostrar a eficácia da redução e gravidade da doença do mofo branco, especialmente na qual foi utilizada a fase R1 e R2, V4 + R1. Em todos os testes foram utilizados os seguintes fosfitos: Fosfito A (P2O5-40%; K2O-20% - 1 L/ha); Fosfito B (P2O5-40%; K2O-28% - 1 L/ha); Fosfito C (P2O5-40%; K2O-20% - 1 L/ha), Fosfito D (P2O5-30%; K2O-20% - 2,4L/ha). Portanto, nestes processos patológicos o mecanismo de agir do fosfito torna-se a resistência induzida no estímulo de peroxidases (POX) e fenilalanina (FAL).

Os tratamentos por meio do uso de fungicida de aspecto isolado ou ligada ao fosfito A e a acibenzolar-S-metil (ASM) garantiram o domínio do oídio, da ferrugem da folha e das manchas marrom e amarela do trigo. O fungicida de aspecto isolado e a associação do fungicida com fosfito proporcionaram crescimento de produtividade. O indutor de resistência ASM separado ou em ligação com fungicidas tem resultado sobre o oídio e a ferrugem da folha (SILVA et al., 2011).

Bernardi (2017) realizou um experimento que testou a eficácia do produto fosfitos no controle de fungos de sementes do milho, verificou-se que o uso do fosfito de potássio e manganês no tratamento foi eficaz com redução de 100% no controle do crescimento radial do fungo *F. verticilliodes*, nas doses de 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 mL⁻¹ 100 kg. Para *Fusarium graminearum* o tratamento com melhor controle foi o fosfito de cobre e manganês usando as doses 1,5; 3,0; 1; 1; 2 e 3 mL⁻¹ 100 kg, nestes tratamentos houve completa inibição do crescimento do fungo.

Fuzitani et al., (2013), utilizaram mudas de pupunheira e com o uso do fosfito que apresentou uma menor severidade de podridão da base do estipe (PBE), a aplicação é realizada antes da transmissão de *Phytophthora palmatum*, o que pode reduzir os sintomas da doença. Quando é aplicado de forma curativa, independente da dosagem, e quando aplicado de forma preventiva na dosagem de 2,5 mL.L⁻¹ com 3 aplicações e na dosagem de 5,0 mL.L⁻¹ com 2 ou 3 aplicações a ocorrência e a gravidade do PBE são significativamente reduzida.

Perez et al. (1995), apresentaram que os baixos níveis de fosfitos podem retardar o metabolismo do patógeno do fungo *Phytophthora* e *Cryptogamie mycologie*, gerando assim o mecanismo de proteção do hospedeiro e produzindo um melhor efeito contra o ataque das doenças.

Em seu trabalho, Nozaki e Kliemann (2016), constataram a eficiência do fosfito associado à fungicida no controle de antracnose em feijoeiro nos estádios R8 e R9. Utilizando 10 % P_2O_5 + 6 % Ca – 400 mL hL^{-1} em uma aplicação, porém quando se faz duas aplicações obtêm-se um melhor resultado, foi aplicado 40 % P_2O_5 + 20 % K_2O - 150 mL hL^{-1} .

Dianese et al., (2009), relataram que a podridão-do-pé do mamoeiro causada pelo oomiceto *Phytophthora palmivora* foi reduzida por pulverização de fosfito de potássio, magnésio e de cálcio com as doses B40% P_2O_5 + 20% K_2O .

A Figura 1 ilustra o modo de ação do fosfito na presença e ausência do patógeno.

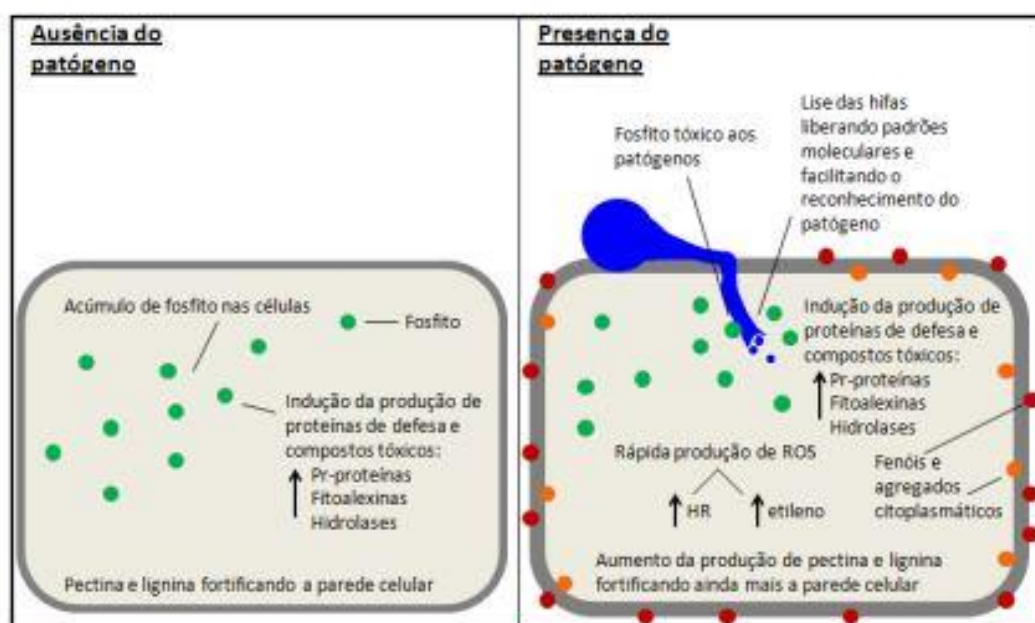


FIGURA 1. Representação do modo de ação do fosfito em plantas na ausência e presença do patógeno. ROS: espécies reativas de oxigênio; HR: resposta de hipersensibilidade. Fonte: Pascholati, 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fosfitos são uma alternativa eficiente e viável para o controle de doenças em plantas, essa eficácia está associada ao duplo modo de ação dos fosfitos: induzindo resposta de defesa vegetal e também por ação direta sobre os patógenos. A dosagem de fosfito aplicada pode variar dependendo do produto aplicado. Em geral, recomenda-se aplicar 7 a 10 vezes ao longo do ciclo da cultura ou a cada duas

semanas até a fase final vegetativa. A aplicação deve ser feita com pulverizador, a solução é aplicada de forma que cubra toda a planta, as propriedades sistêmicas do fosfito facilitam sua rápida absorção e distribuição para caules e folhas. O uso de fosfitos contribui para uma agricultura mais sustentável e deve ser uma alternativa incorporada ao manejo integrado das doenças de plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABREU D. G. de; MARTINS W.S.; MIRANDA F. F. R. de. **Indução de resistência ao crestamento gomoso do caule em melanciaira com uso de fosfito**. Rev. Sítio Novo Palmas v. 5 n. 1 p. 118-127 jan./mar. 2021.

AGRIOS G.N. **Plant pathology**.5. ed. San Diego, Academic Press, 2005.

AGRIOS G.N. **Plant pathology**. 4th ed. New York: Academic Press, 1997. 635p.

AMORIM, L., REZENDE, J.A.M., BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia - princípios e conceitos**, 5a. Ed., vol. I, Editora Agronômica Ceres, Ouro Fino, MG, 2018.

ARAGÃO, C. ; DANTAS, A. F.; BENITES, F. R. G., **Tricomas foliares em tomateiro com teores contrastantes do aleloquímico 2-tricadona** - Scientia Agricola, v.57, n.4, p.813-816, out./dez. 2000

ÁVILA, F. B de. **Fosfito no crescimento, nutrição fosfatada e aspectos da indução de resistência em milho**. Lavras: UFLA, 2009. 74p

BARROS, F. C. et al. **Indução de resistência em plantas contra fitopatógenos**. Bioscience Journal, Uberlândia , v. 26, n. 2, p. 231-239, Mar/Apr 2010.

BERNARDI, C. **Fosfitos associados a fungicidas para controle de doenças e sanidade de sementes de milho**. Departamento de Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Dois Vizinhos, jan/abril 2017. v.10, n.1

BEZERRA, J. D.C.. **Biossíntese de lignina em plantas submetidas ao déficit hídrico**. 2020. v.14, n.9, a653, p.1-14, Universidade Federal da Paraíba, Areia-Pb, 2020.

BORIN, R. C. et al,. **Desempenho fisiológico e indução de resistência de sementes de milho tratadas com fungicidas associados a fertilizantes à base de fosfitos**. Brazilian Journal of Development. Curitiba, 2019.

BORGHI et al., **Estado da arte da agricultura e pecuária do estado do Tocantins/** – Palmas : Embrapa Pesca e Aquicultura, 2015. 64 p. : il. color. (Documentos / Embrapa Pesca e Aquicultura, ISSN 2318- 1400; 13).

BRUZAMARELLO, J. **Potencial de Fosfitos na Indução da Resistência Sistêmica Adquirida em plantas de Soja**. 2016. 29f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, Outubro/2016.

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

CAMOCHENA, R. C.. **Desempenho de fosfitos de potássio no manejo de mofo branco em soja**. 2015. 79 f. Pós-Graduação em Agronomia- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

COSTA R. V. da et al.. **Perdas causadas pelas podridões do colmo na produtividade do milho safrinha no Estado do Tocantins**. Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 23 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 28

DIANESE A. de C; Blum L. E. B; Lopes L. F. **Aplicação de fosfito de potássio, cálcio ou magnésio para a redução da podridão-do-pé do mamoeiro em casa de vegetação** Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.8, p.2309-2314, nov, 2009.

FERNANDES C. de F. F et al. **Mecanismos de defesa de plantas contra o ataque de agentes fitopatogênicos**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2009. 14 p. — (Documentos / Embrapa Rondônia, 0103-9865; 133).

FUZITANI, E. **Eficiência de fosfitos no controle da podridão da base do estipe em mudas de pupunheira**. Biblioteca florestal. Colombo-PR, 2013. 5 p.

INACIO, V. S. **Respostas da cultura do tomateiro a diferentes frequências de aplicação de acibenzolar-s-metil e quitosana**. Florianópolis: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011. 49p. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/121401>

JOÃO, R. E.S; RAGA, A. **Mecanismos de defesa das plantas contra o ataque de insetos sugadores**. Instituto Biológico -APTA. Documento técnico 23- abil de 2016 - p.1-13

LOPES, C.A; ÁVILA, A. C. de. **Doenças do Tomateiro**. 2º ed. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2015. 151p. Disponível em: [https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/778171/1/CNPHDOE N.DOTOMAT.05.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/778171/1/CNPHDOE_N.DOTOMAT.05.pdf).

MÜLLER, I.. **Indução de resistência e tratamento de sementes de soja com fosfitos de potássio**. Universidade tecnológica federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

MARAFON, A. C; ENDRES L. silicatada em cana-de-açúcar – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 46 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1517-1329; 165).

MAZARO, S.M et al., **potencial de extratos à base de Calendula officinalis L. na indução da síntese de fitoalexinas e no efeito fungistático sobre Botrytis cinerea, in vitro**. Rev. Bras. Pl. Med., Campinas, v.15, n.2, p.208-216, 2013.

MENEGHETTI, R.C; BALARDIM R.S; CORTE G.D; FAVERA D. D.; DEBONA, D. **Avaliação da ativação de defesa em soja contra *Phakopsora pachyrhizi* em condições controladas.** Ciênc. agrotec., Lavras, v. 34, n. 4, p. 823-829, jul./ago., 2010.

NOZAKI, M. de H.; KLIEMANN, O. A.. **Avaliação do uso de fosfito no controle da antracnose em feijoeiro comum.** v.9, n.31, p 19 - 25., Dourados, 2016 Pontificia Universidade Católica do Paraná (Puc/Pr), Toledo-Pr, 2015.

PEREZ, V. et al. Enhanced secretion of elicitors by *Phytophthora* fungi exposed to phosphonate. *Cryptogamie Mycologie*, v. 16, n. 3, p.191-194, 1995

PAZ Lima, M.L., Lopes, C.A. & Café Filho, A.C. Padrão estomático de *Capsicum* spp. resistentes e suscetíveis a *Oidiopsis haplophylli*. *Summa Phytopathologica*, v.36, n.1, p.25-29, 2010

REZENDE, D. C. **Fosfito de potássio no controle de *Phytophthora* spp. Em citros e faias e seu modo de ação.** Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2014.

SANTIN, M. R.. **Uso de fertilizantes organo-minerais e indutores de resistência no desempenho agrônomo do tomateiro estaqueado.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2012. 114p. Dissertação de Mestrado.

SANTOS, H. A. A.; PRIA, M. D.; SILVA, O. C.; MIO, L. L. M. **Controle de doenças do trigo com fosfitos e acibenzolar-s-metil isoladamente ou associados a piraclostrobina + epoxiconazole.** 2011. 32 v.32, n. 2, p. 433-442, Semina: Ciências Agrárias, Palmeira-Pr, 2011.

SCHÖNHALS, H.; BALZAN, F.; KLAUMANN, A. A.; BECKER, N. D.; SCHNEIDER, J.; MÜHL, F. R.; FELDMANN, N. A.; RHODEN, A. C.; BALBINOT, M. **O uso da quitosana para controle de fungos fitopatogênicos.** 4º simpósio de agronomia e tecnologia em alimento, FAI centro universitário, p. 1-4, 27 set. 2017.

SEAGRO- Secretaria do Desenvolvimento da Agricultura e Pecuária <<https://seagro.to.gov.br/agricultura/>> Acesso em: 01 mai. de 2021.

SILVA, J. B. G. D.; SCHWAN, K. R. F. ; TESSMANN, D. J.. **CONTROLE DE DOENÇAS FOLIARES DO MILHO COM FOSFITO DE POTÁSSIO.**, v. 17 n. 1, jan./mar., Scientia Agraria Paranaensis. Paraná, 2018. 127-138 p.

SILVA, R. A., **Comportamento do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) aos indutores de resistência à seca.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006. 64 p

STANGARLIN, J. R. et al.,. **A defesa vegetal contra fitopatógenos**. Scientia Agraria Paranaensis. 2011. Volume 10, número 1 - p 18-46.

TUNES, C.D. et al.,. **Fosfito de potássio como indutor de resistência em mutantes de tomateiro contra Phytophthora infestans**. Ed Revista Verde. Pombal, Paraíba, 2019. 218-223 p.

UCHÔA, C. do N. **Acibenzolar-S-Metil e silício como indutores de resistência à Sigatoka-negra em bananeira cultivar**. 2014, v. 7, n.24, p.189-196, Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (Ifce), Dourados.

ZORZETE, P. **Fungos, micotoxinas e fotoalexina em variedades de amendoim do plantio ao armazenamento**. 2010. Tese (Doutorado em Microbiologia) – Instituto de Ciência Biomédicas, Universidade de São Paulo, 2010.