

**CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS EM PLANTAS MEDIADO POR  
LEVEDURAS E SEUS MECANISMOS DE AÇÃO**

Jeferson Carlos Carvalho<sup>1\*</sup>; Odair José Kuhn<sup>2</sup>; Eloisa Lorenzetti Tartaro<sup>3</sup>; José Renato Stangarlin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docente, Faculdade de Ensino Superior de Marechal Cândido Rondon ISEPE, Marechal Cândido Rondon, Brasil;

<sup>2</sup>Docente, Universidade Estadual do Oeste do Paraná UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, Brasil;

<sup>3</sup>Docente, Universidade Federal do Paraná UFPR, Palotina, Brasil.

\*Autor para contato: carvalhojc012@gmail.com

**RESUMO:** A presente revisão possui o objetivo de discorrer sobre os mecanismos de controle biológico de doenças em plantas mediados por leveduras, para reforçar a importância de métodos biológicos de controle de doenças em plantas. O controle biológico de doenças em plantas ocorre através da utilização de microrganismos antagonistas para o controle de microrganismos fitopatogênicos, apresentando-se como um novo e promissor nicho de mercado para os próximos anos. Métodos biológicos possuem amplo espectro de controle devido à expressão de vários mecanismos simultaneamente. Esses mecanismos são representados pela antibiose, que se dá através da produção de um ou mais compostos antimicrobianos, competição por espaço e nutrientes, parasitismo, em que o antagonista se beneficia do fitopatógeno, predação, cujo antagonista se alimenta do fitopatógeno retirando os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento por ingestão. Ainda, na promoção de crescimento, o agente de biocontrole favorece o desenvolvimento das plantas, seja através da interação por disponibilidade de água, nutrientes, produção de enzimas e fitohormônios. E, por fim, a indução de resistência, na qual os microrganismos antagonistas atuam como indutor, ativando mecanismos de defesas latentes da planta. O controle pode ocorrer através de um mecanismo ou pelo sinergismo entre vários mecanismos. Entre os microrganismos estudados para o controle biológico de doenças temos as leveduras, as quais apresentam características desejáveis para um agente de biocontrole, como resistência a condições ambientais adversas, rápida e fácil multiplicação, compatibilidade com demais métodos de controle, estabilidade genética, não patogênico ao homem e planta, entre outros. Na literatura já se têm trabalhos com a utilização de leveduras para o controle biológico de doenças causadas por fungos, nematoides, vírus e bactérias, demonstrando o potencial do seu uso como antagonista no controle biológico de doenças de plantas. Considerando que se tem buscado métodos de controle de doenças de plantas com menor impacto ambiental, apresentando segurança alimentar, agregando valor ao produto e que apresente bons resultados, o controle biológico de doenças utilizando leveduras se apresenta com grande potencial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Antagonista, antibiose, indução de resistência, promoção de crescimento, *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, *Phaseolus vulgaris*.

**BIOLOGICAL CONTROL OF DISEASES IN PLANTS MEDIATED BY  
YEASTS AND THEIR MECHANISMS OF ACTION**

**ABSTRACT:** The present review aims to discuss the mechanisms of biological control of diseases in plants mediated by yeasts, to reinforce the importance of biological methods of disease control in plants. Biological control of diseases in plants occurs through the use of antagonist microorganisms for the control of phytopathogenic microorganisms, presenting itself as a promising new market niche for the coming years. Biological

methods have a broad spectrum of control due to the expression of several mechanisms simultaneously. These mechanisms are represented by antibiosis, that takes place through the production of one or more antimicrobial compounds, competition for space and nutrients, parasitism, in which the antagonist benefits of the phytopathogen, predation, whose antagonist feeds on the phytopathogen by removing the nutrients necessary for its development by ingestion. Furthermore, in the promotion of growth, the biocontrol agent favors the development of plants, either through interaction by water availability, production of enzymes and phytohormones. And finally, resistance induction, in which antagonistic microorganisms act as an inducer, activating latent plant defense mechanisms. Control can occur through a mechanism or through synergism between various mechanisms. Among the microorganisms studied for biological disease control we have yeasts, which have desirable characteristics for a biocontrol agent, such as resistance to adverse environmental conditions, quick and easy multiplication, compatibility with other control methods, genetic stability, non-pathogenic to man and plant, among others. In the literature, studies have already been carried out with the use of yeasts for biological control of diseases caused by fungi, nematodes, viruses and bacteria, demonstrating the potential of their use as an antagonist in the biological control of plant diseases. Considering that methods of disease control of plants with lower environmental impact have been sought, presenting food safety, adding value to the product and presenting good results, biological control of diseases using yeasts presents great potential.

**KEY-WORDS:** Antagonist, antibiosis, resistance induction, growth promotion, *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, *Phaseolus vulgaris*.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o controle biológico de doenças em plantas vem crescendo muito por conta dos resultados obtidos em pesquisas e a replicação destes em condições de campo, apresentando-se como uma ferramenta com grande potencial para auxiliar no controle de doenças. Este ocorre pela utilização de microrganismos antagonistas, não patogênicos ao homem e às plantas, que interfere direta ou indiretamente no desenvolvimento, ou fisiologia do microrganismo fitopatogênico, resultando em controle ou atraso do seu desenvolvimento.

Este método de controle pode auxiliar no manejo de doenças de plantas, haja vista que atua por diversos mecanismos de controle, com amplo espectro de fitopatógenos. Este controle pode durar desde dias até o ciclo todo da cultura e não possui residual tóxico ao meio ambiente e ao homem.

O antagonista pode atuar no controle biológico de doenças através de um ou mais mecanismos, de forma isolada ou em sinergia, aumentando as chances de controle das doenças. Tal fator, também passa maior segurança, por reduzir o risco de seleção de fitopatógenos resistentes, o que inviabilizaria a sua utilização. Sendo fungos e bactérias, os microrganismos mais utilizados e pesquisados como antagonistas.

Um grupo de microrganismos com grande potencial para uso como agente de controle biológico de doenças são as leveduras. Tratam-se de fungos unicelulares, capazes de suportar alterações drásticas de temperatura e umidade, comuns na superfície das folhas. São de fácil multiplicação, manuseio, aplicação e compatíveis a outros métodos de controle.

As leveduras podem realizar o controle biológico através da produção de compostos tóxicos aos patógenos. Estes vão atuar inibindo ou retardando o desenvolvimento do agente fitopatogênico. Além disso, são capazes induzir resistência, sendo reconhecido pelas plantas, desencadeando uma cascata de reações através de rotas metabólicas secundárias (vias de sinalização através da síntese de ácido salicílico e do ácido jasmônico), culminando na produção de defesas pela planta.

O agente de biocontrole também pode promover o crescimento de plantas através da produção exógena de fitohormônios, agindo como mecanismo de compensação, pois pode aumentar a altura da planta, número de folhas, área foliar e volume radicular, melhorando a absorção de água e nutrientes e aumentando a fotossíntese e, conseqüentemente, refletindo na produtividade.

Diante do exposto a presente revisão de literatura tem por objetivo discorrer sobre os mecanismos de controle biológico de doenças em plantas mediados por leveduras, para reforçar a importância de métodos biológicos de controle de doenças em plantas.

### **CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS EM PLANTAS**

O controle biológico de doenças de plantas ocorre pelo emprego de microrganismos antagonistas com grande adaptabilidade para o controle de microrganismo fitopatogênico (Romeiro, 2007; Medeiros et al., 2018).

Os produtos biológicos são aplicados principalmente como inoculante em sementes, mas podem ser também aplicados em raízes, covas, sulcos de semeadura e parte aérea de plantas. São normalmente diluídos em água e aplicados como um produto preventivo (Romeiro, 2007; Lobo Júnior et al., 2009). A utilização de microrganismos benéficos, que competem de alguma forma com os agentes causadores de doenças em plantas, vem crescendo.

Nos últimos, anos várias empresas e pesquisadores estão investindo esforços nesta área para descobrir, produzir e inserir no mercado novos produtos, mostrando a grande evolução tanto das pesquisas quanto dos resultados obtidos nessa linha de trabalho (Medeiros et al., 2018).

Atualmente 52 produtos biológicos estão registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) objetivando o controle de doenças fúngicas, nematológicas e bacterianas em plantas (Mapa, 2020). Destes produtos apenas dois estão registrados para o controle de bactérias fitopatogênicas. Existe, então, uma carência de produtos e informações do modo de ação desses para o controle dos agentes fitopatogênicos, visto que, até o presente momento, não há registro de nenhum produto desta natureza para *Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli*, bem como conhecimento de como estes atuam no controle.

### **Mecanismos de controle biológico**

Os agentes de controle biológico podem atuar através dos mecanismos de antibiose, competição, parasitismo, predação, promoção de crescimento e indução de resistência (Medeiros et al., 2018).

A antibiose é um mecanismo pelo qual o antagonista produz compostos antimicrobianos. Estes podem ser voláteis e não voláteis, atuando diretamente sobre o patógeno, alterando a sua fisiologia ou crescimento através da alteração da permeabilidade de membrana plasmática e degradação celular. Esse mecanismo pode ser comparado com a ação de fungicidas, por apresentar toxicidade ao patógeno (Medeiros et al., 2018).

Os compostos antimicrobianos são sintetizados em baixas concentrações, pelo metabolismo secundário do microrganismo. Apresentam-se como grupos de compostos orgânicos heterogêneos e de baixa massa molecular, que alteram o desenvolvimento e/ou metabolismo de outro microrganismo (Thomashow et al., 1997).

Esse mecanismo de controle é amplamente estudado, tendo sido identificado grande número de antibióticos produzido por microrganismos (8.700 antibióticos diferentes), sendo 2.900 produzidos por bactérias e outros 4.900 por fungos (Bérdy, 2005). Acredita-se que a grande maioria dos antibióticos ainda não foram identificados (Raaijmakers; Mazzola, 2012).

A utilização desses compostos antimicrobianos é considerada um dos mecanismos mais potentes para a competição intraespecífica entre microrganismos, favorecendo o estabelecimento do microrganismo antagonista sobre o sítio de desenvolvimento, em um local com recursos limitados (Raaijmakers; Mazzola, 2012).

No mecanismo de competição, o agente biológico cresce rapidamente sobre a superfície em que se encontra, competindo pelo espaço, conseqüentemente, restringindo

o espaço para crescimento do patógeno. Além disso, compete por nutrientes, absorvendo-os rapidamente ou imobilizando-os, não disponibilizando para os patógenos (Medeiros et al., 2018).

Os microrganismos altamente competitivos por nutrientes e espaço, apresentam grande potencial para o controle biológico. Os antagonistas competem por sítios de infecção e nutrientes livres em tecido de plantas, restringindo o desenvolvimento de patógenos (Calvo-Garrido et al., 2014; Spadaro; Droby, 2016).

Outra forma de ação no mecanismo de competição ocorre através da modulação do biofilme de água livre sobre a superfície da planta, pela síntese de biosurfactantes por parte do antagonista, reduzindo a quantidade de água livre sobre a planta, impedindo a infecção da planta pelo patógeno (Köhl et al., 2019).

Outra alteração importante é o pH no meio em que estão inseridos os microrganismos. No caso de bactérias em pH ótimo para o seu desenvolvimento fica na faixa de 6,5 e 7,5 e para leveduras varia de 4,0 a 6,5. O desenvolvimento e a modulação do microambiente podem reduzir a infecção e, conseqüentemente, severidade da doença (Kunz, 2006).

Outro mecanismo de controle biológico é o parasitismo. Neste caso o microrganismo parasita obtém nutrientes necessários para o seu desenvolvimento de outro microrganismo. O caso desta interação que ocorre com outro parasita, microrganismo fitopatogênico, é denominada de hiperparasitismo (Köhl et al., 2019).

No hiperparasitismo, o microrganismo antagonista é capaz de colonizar as estruturas do patógeno pela produção de enzimas hidrolíticas, reduzindo o inóculo, conseqüentemente, impactando na severidade da doença (Medeiros et al., 2018; Ghorbanpour et al., 2018).

### **Indução de resistência**

Na indução de resistência o microrganismo antagonista induz a planta a produzir defesas contra patógenos, através do reconhecimento de compostos liberados sobre a superfície da planta. Esse processo pode resultar em mudanças morfológicas na planta, produção de enzimas, proteínas entre outros componentes de defesa desta (Lorito et al., 2010).

Os compostos não voláteis são subprodutos do metabolismo das leveduras, e podem atuar como eliciadores, ativando mecanismos de defesa das plantas (Di Piero et

al., 2005). Eles podem ser de natureza proteica, lipídica, carboidratos, entre outros (Walters et al., 2005).

A ativação dos mecanismos de defesa das plantas é promovida após o reconhecimento por receptores específicos, de padrões moleculares associados a patógenos (PAMPs), padrões moleculares associados a danos (DAMPs) e padrões moleculares associados a microrganismos (MAMPs), que desencadeiam uma cascata de sinais, resultando na ativação de genes de defesas na planta (Camargo, 2018).

A resistência pode ser induzida localmente ou atuar por via sistêmica, em toda a planta. Pode ser denominada de resistência sistêmica adquirida (SAR), normalmente ativada por microrganismos necrotróficos, causando a elevação na concentração de ácido salicílico endógeno da planta. No caso da resistência sistêmica induzida (RSI), esta é ativada por microrganismos saprófitos, provocando a elevação nas concentrações de ácido jasmônico e etileno (Conrath et al., 2015; Camargo, 2018).

Outro efeito relacionado à indução de resistência é o pré-condicionamento (*priming*), estado em que a planta é induzida, mas não expressa mecanismos de resistência. Os mecanismos de resistência só serão expressos quando a planta reconhecer a presença do patógeno (Crisp et al., 2016; Pascholati; Dalio, 2018). Entretanto, após o reconhecimento os mecanismos de resistência são expressos de forma mais rápida e em maior magnitude (Kuhn et al., 2006). Esse fenômeno pode ser considerado um ganho adaptativo, pois se não houver patógeno o custo da indução de resistência não se torna significativo.

As plantas evoluíram suas defesas para dificultar ou impedir a entrada e estabelecimento dos patógenos, sendo essas defesas pré-formadas ou pós-formadas (Anil et al., 2014). O agente do controle biológico em muitos casos pode ser capaz de ativar estas defesas.

A indução de resistência ocorre em resposta à ativação da síntese de moléculas de sinalização após o reconhecimento de ataque do patógeno. Esta indução se dá por um microrganismo saprófita ou agente abiótico. Assim, o teor de ácido salicílico, ácido jasmônico e etileno são alterados na indução de resistência, sendo que os dois primeiros são considerados os principais fitohormônios de defesa (Cao et al., 2011; Bigeard et al., 2015).

O ácido salicílico é um fitohormônio com grande importância, que desempenha papel de regulador na germinação, maturidade dos frutos, regulação do desenvolvimento de flores, diferenciação sexual, movimento estomático, além de ser necessário para

induzir uma resposta de defesa contra patógenos (Raskin, 1992). Esse fitohormônio é sintetizado no cloroplasto após a percepção do patógeno ou agente indutor, através da via de síntese do isochorismato (Wildermuth et al., 2001).

Os jasmonatos são fitohormônios lipídicos, sintetizados via rota dos octadecanoides (Soares; Machado, 2007; Fonseca et al., 2009). Esses atuam na planta como sinalizador, desencadeando resposta a estresses (ferimentos, exposição a ozônio, déficit hídrico e ataque por patógenos necrotróficos e pragas). Também é importante, possuindo efeito, como inibição da germinação de sementes e pólen, atraso do crescimento de raízes, promoção da ondulação de gavinhas, regulação do acúmulo de proteínas de estoque durante o desenvolvimento das sementes, além do envolvimento na regulação temporal do crescimento e do desenvolvimento de flores e alguns processos de desenvolvimento da planta (Lorenzo; Solano, 2004; Cao et al., 2011; Goossens et al., 2016; Zhang et al., 2019). Essas substâncias endógenas das plantas têm um importante papel no processo de sinalização que regulam os genes de defesa.

A sinalização pode ocorrer por apenas um fitohormônio, se ocorrer a síntese de ácido salicílico, este irá inibir a síntese do ácido jasmônico, enquanto o ácido jasmônico inibe a síntese de ácido salicílico (Vlot et al., 2009; Pieterse et al., 2012; Sanchez; Kay, 2016; Karapetyan; Dong, 2018).

No caso do etileno, este aumenta a produção de inibidores de proteinase induzidos por ácido jasmônico (O'donnell et al., 1996; Diezel et al., 2011). Além de seu papel na defesa, também é importante na regulação dos processos de desenvolvimento vegetal, atuando no amadurecimento de frutos, senescência e abscisão de flores e folhas (Diezel et al., 2011; Taiz et al., 2017).

A sinalização através do ácido jasmônico possui dois caminhos, que cruzam com outras vias hormonais, justamente do etileno e do ácido abscísico, por meio de fatores de transcrição em comum (Kazan; Manners, 2008; Kazan, 2015; Zhu; Lee, 2015), culminando na ativação de genes de resposta à defesa contra patógenos.

Esses genes constituem os mecanismos pós-formados, os quais a planta produz após o reconhecimento do eliciador. Estes mecanismos podem ser de natureza estrutural (papilas, halos, lignificação, glicoproteínas ricas em aminoácidos hidroxiprolina e glicina, camada de cortiça, camada de abscisão e tiloses) e bioquímica, através de compostos químicos produzidos após a infecção (fitoalexinas, proteínas relacionadas à patogênese, espécies ativas de oxigênio e fototoxinas) (Pascholati; Dalio, 2018).

### **Promoção de crescimento de plantas**

A promoção de crescimento de plantas pode ser induzida por diversos microrganismos como rizóbios, micorrizas, *Trichoderma*, bactérias e leveduras. As leveduras são microrganismos saprófitas que podem atuar como promotores de crescimento, interagindo com as plantas e induzindo ou produzindo fitohormônios de crescimento. Também podem disponibilizar nutrientes e/ou troca de metabólitos com a planta, alterando assim o desenvolvimento destas (Machado et al., 2011; Khan et al., 2012).

Os rizóbios são os mais pesquisados da classe dos microrganismos promotores de crescimento, principalmente pela sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio, mas também por induzir a produção de reguladores de crescimento e solubilização do fósforo entre outros (Hernández, 2015).

No entanto, pesquisas com o viés de promoção de crescimento de plantas por leveduras são recentes e têm demonstrado grande potencial. Sun et al. (2014), trabalhando com 12 linhagens de leveduras isoladas *Drosera indica* L. (planta carnívora), revelaram que todos os isolados produziram o regulador de crescimento ácido indol-3-acético (AIA). Assim indicando que leveduras podem atuar promovendo o crescimento de plantas.

### **LEVEDURAS COMO AGENTES DE BIOCONTROLE**

As leveduras são encontradas na microbiota epifítica, endofítica e no solo (Valdebenito-Sanhueza, 2000). Estes microrganismos são fungos unicelulares, possuindo formato oval ou esférico, com diâmetro de 2 a 10  $\mu\text{m}$ . A sua colônia possui aspecto úmido, ceroso e pastoso. A sua reprodução é assexuada, por brotamento ou cissiparidade, sendo classificada como Ascomycota (Kreger-Van Rij, 1984) ou Basidiomycota para leveduras que apresentam blastósporos, resultado do processo de brotação para formar uma nova célula leveduriforme (Trujillo, 2012).

O potencial das leveduras como agente de controle biológico de doenças de plantas, se dá em função destes microrganismos serem geneticamente estáveis, não carecer de nutrientes especiais para rápida multiplicação, possuírem resistência a condições adversas do ambiente onde serão aplicadas, além de serem eficientes contra uma alta gama de patógenos e possuírem uma grande diversidade de gêneros que podem ser explorados (Ruiz-Moyano et al., 2016)



A utilização de leveduras no controle biológico de doenças apresenta grande potencial e pode se tornar uma alternativa importante para o manejo de doenças em plantas. As leveduras apresentam vários mecanismos de atuação, como a indução de resistência em plantas (Zanardo et al., 2009). Também pode ocorrer o controle através da competição por espaço e nutrientes, antibiose ou parasitismo (Machado; BettioL, 2010). O que representa um grande e promissor potencial da utilização de leveduras no controle de doenças de plantas.

As leveduras podem ser empregadas como agentes de controle biológico para doenças de parte aérea de plantas, pois na superfície foliar ocorrem rápidas alterações de temperatura e umidade, o que pode comprometer o desenvolvimento de microrganismos. No entanto, as leveduras apresentam resistência a essas condições, além de apresentar rápido crescimento e estabelecimento (Medeiros et al., 2018).

A utilização de leveduras para o controle biológico de doenças em plantas já foi relatada em estudos para o controle de fungos (Zanardo et al., 2009; Lima et al., 2013; Spadaro; Droby, 2016; Heling et al., 2017), nematoides (Fialho et al., 2012; Mokbel; Alharbi, 2014; Hashem et al., 2008), vírus (Lee et al., 2017) e contra bactérias fitopatogênicas (Mello et al., 2011; Melo et al., 2015; Heling et al., 2016; Lee et al., 2017).

### **Leveduras no controle de fungos**

Ziedan e Farrag (2011), investigando o controle biológico de *Cercospora beticola*, utilizando leveduras, observaram através de microscopia de varredura a colonização do tecido foliar por *Saccharomyces cerevisiae*, próximo às estruturas do fitopatógeno. Indicando, assim, a utilização dos mecanismos de competição e parasitismo.

Zanardo, Pascholati e Fialho (2009) utilizaram os exsudatos de leveduras para controlar a antracnose no pepino (*Colletotrichum orbiculare*, Syn. *Colletotrichum lagenarium*). Esses exsudatos apresentaram atividade eliciadora, induzindo a defesa de plantas, culminando na redução da severidade da doença.

Na área de alimentos, a levedura *Rhodotorula glutinis* já foi testada para a redução de micotoxina patulina sintetizada por *Penicillium expansum* em maçã. Indicando que *R. glutinis* pode metabolizar e/ou afetar negativamente o acúmulo ou síntese desta micotoxina, além de reduzir a infecção de maçãs por este patógeno (Castoria et al., 2005).

O potencial antimicrobiano de carotenoides extraídos de *R. glutinis* foi provado por El-Sheekh et al. (2010) que os adicionaram como suplemento alimentar para ratos.

Os ratos alimentados com a adição de carotenoides sobreviveram durante duas semanas após a infecção com *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida albicans*, demonstrando o grande potencial deste composto antimicrobiano produzido pela levedura.

Zhang et al. (2008), trabalhando com *R. glutinis* para o controle de *Botrytis cinerea* em pós-colheita nos frutos de pêssego, relataram que a utilização da levedura reduziu em até 69,3% a germinação de esporos do patógeno. Os autores ainda constataram que a combinação de *R. glutinis* com o acibenzolar-S-metil, apresentou incidência de 16,67%, valor consideravelmente menor se comparado com o controle que apresentou 46,67% de incidência, demonstrando o potencial antagonístico da levedura.

Heling et al. (2017), observaram que *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces boulardii*, apresentavam halo de inibição de crescimento micelial e produção de compostos voláteis, restringindo o desenvolvimento de *Colletotrichum musae*. Tal resultado indica que o controle deste patógeno ocorre por meio do mecanismo de antagonismo, já que os autores observaram a redução do progresso da doença em até 48%.

Leveduras também podem ser eficientemente utilizadas na proteção de frutos contra ferimentos, pois no local do ferimento sobre a epiderme da fruta, ocorre competição por carboidratos, quantidades limitadas de nitrogênio e aminoácidos. Nesse caso, as leveduras desempenham papel fundamental nas interações antagonísticas, como *Pichia guilliermondii* antagonista contra os patógenos *Penicillium digitatum*, *P. expansum*, *B. cinerea* e *Colletotrichum* spp. em diferentes frutos e *Aureobasidium pullulans* e *P. expansum* em maçã (Spadaro; Droby, 2016).

Bettiol et al. (2012) relataram a competição por nutrientes presentes em ferimentos de citros (*Citrus* sp.) realizada pela levedura *Candida oleophila* contra *Penicillium digitatum*, de modo que a levedura apresenta rápida multiplicação e colonização, prevenindo a infecção pelo patógeno.

Stangarlin et al. (2010) verificaram que *S. boulardii* e seus derivados, induzem a síntese das fitoalexinas gliceolina em soja e deoxiantocianidinas em sorgo. Compostos estes relacionados à defesa dessas plantas, com características antimicrobianas, demonstrando que as leveduras possuem a capacidade de indução de resistência.

Boava et al. (2010) observaram o efeito de *S. cerevisiae* no controle de ferrugem do eucalipto (*Puccinia psidii*), através da indução de resistência. Os autores observaram o incremento da atividade da enzima peroxidase, além de expressivo aumento na atividade de quitinases.

Ruiz-Moyano et al. (2016) estudaram a eficiência dos isolados *Hanseniaspora opuntiae* L479 e *Metschnikowia pulcherrima* L672, contra *Penicillium expansum*, *Cladosporium cladosporioides* e *B. cinérea*. Observaram que as leveduras apresentaram ação sobre os patógenos através da produção de compostos antimicrobianos e competição por espaço e nutriente.

A utilização de *Pseudozyma aphidis* promove a indução de resistência em *Arabidopsis*, reduzindo o desenvolvimento de *B. cinerea* de forma local e sistêmica. Ação confirmada pela expressão dos genes PR1 (sua função ainda não é bem conhecida) e PDF1.2 (defencina), indicando o efeito *priming* em *Arabidopsis* (Buxdorf et al., 2013a). Essa sinalização de defesa é dependente das vias do ácido jasmônico (JA) e ácido salicílico (SA) (Buxdorf et al., 2013b; Gafni et al., 2015).

### Leveduras no controle de nematoides

Hashem et al. (2008), trabalhando com *Pichia guilliermondii* Moh10, *Pachytrichospora transvaalensis* Y-1240, *Candida albicans* Moh Y-5 e *Geotrichum terrestre* Y 2162, observaram uma redução de até 92%, chegando a taxa de mortalidade de até 100% de juvenis de *Meloidogyne incognita* em videira, apresentando como mecanismo de ação a produção de compostos tóxicos aos nematoides e o parasitismo.

Fialho et al. (2012) observaram a produção de compostos voláteis de *S. cerevisiae*, resultando em 100% de mortalidade de juvenis de *M. javanica*. Indicando que este gênero de levedura produz compostos nematicidas.

Também trabalhando com *S. cerevisiae*, para o controle de *M. javanica* na cultura da berinjela, Mokbel e Alharbi (2014), aplicando uma suspensão de células da levedura no solo, obtiveram redução de 69,5% do número de galhas.

Karajeh (2013), trabalhando com a mesma levedura e nematoide, na cultura do pepino obteve o aumento no crescimento da planta, aumento de produção e incremento no teor de compostos fenólicos, indicando que houve indução de resistência na planta.

### Leveduras no controle de vírus

Lee et al. (2017) observaram que a levedura *Pseudozyma churashimaensis* realizou controle do vírus do mosaico do pepino (*Cucumber Mosaic Virus - CMV*), vírus da mancha de pimenta (*Pepper Mottle Virus - PepMoV*), vírus da mancha leve de pimenta (*Pepper Mild Mottle Virus -PMMoV*) e vírus da murcha do feijão fava (*Broad Bean Wilt*

*Virus - BBWV*) através da indução de resistência. Evidenciando, assim, que as leveduras possuem amplo espectro de ação, podendo utilizá-las para o controle de vírus.

### Leveduras no controle de bactérias

Em estudo realizado por Mello et al. (2011), utilizando levedura para o controle da podridão-mole em couve-chinesa, os autores constataram que as leveduras apresentaram redução de até 39% do progresso da doença. Indicando que também podem interferir no desenvolvimento de bactérias fitopatogênicas.

A eficiência dos isolados *Rhodotorula aurantiaca*, *Pichia anomala* e *R. glutinis*, no controle mancha bacteriana de frutas, causada por *Acidovorax citrulli*, em melão, reduziu o progresso da doença em até 58%. Possivelmente através do mecanismo de indução de resistência, haja vista que não foi constatado a produção de compostos antimicrobianos e competição por parte das leveduras (Melo et al., 2015).

Em pesquisa realizada por Heling et al. (2016), utilizando *R. glutinis* para o controle de cretamento bacteriano comum do feijoeiro (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), o isolado de levedura *R. glutinis* (AH 14-3) reduziu em 53,70% a severidade da doença, demonstrando o seu potencial para o controle de doenças de plantas.

Segundo Lee et al. (2017), a levedura *Pseudozyma churashimaensis*, foi eficiente no controle de *X. axonopodis* pv. *vesicatoria* em plantas de pimenta. Reduzindo em 60% a severidade da doença, através da indução de resistência com efeito *priming*.

*Sporidiobolus johnsonii* (AH 16-1) já foi testada para o manejo de *X. axonopodis* pv. *phaseoli* (cretamento bacteriano comum do feijoeiro) e apresentou redução de 50,83% na severidade da doença. Apontando, dessa forma, um direcionamento para as pesquisas com esta levedura, possivelmente atuando por mais de um mecanismo de controle (Heling et al., 2016).

Os metabólitos extracelulares de *Pseudozyma aphidis* influenciaram diretamente, inibindo o desenvolvimento de *Clavibacter michiganensis* em tomateiro. Reduziram em 60% a severidade do cancro bacteriano, indicando que a indução de resistência e antibiose foram os mecanismos efetivos na redução desta doença (Barda et al., 2015).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle biológico de doenças de plantas por leveduras vem apresentando resultados significativos, demonstrando amplo espectro, através resultados positivos para

doenças fúngicas, virais, nematológicas e bacterianas. Esse ocorre através de vários mecanismos de controle que conferem segurança e eficiência, além de não apresentar contraindicação para a saúde humana e do meio ambiente.

O biocontrole apresenta grande potencial para o futuro do controle de doenças de plantas, apresentando-se como alternativa para os métodos de controle existentes, além de baixo ter custo para sua aplicação.

As leveduras inserem-se neste segmento por apresentar características desejáveis tais como: resistência às alterações no microambiente onde são inseridas; atuação por diversos mecanismos de controle biológico e estabilidade genética, o que confere segurança quanto a sua eficiência; não necessita de um meio de cultura específico para sua multiplicação; tem rápido crescimento e não apresenta características patogênicas ao ser humano.

## REFERÊNCIAS

ANIL, K.; NARAYAN DAS, S.; PODILE, A. R. Induced defense in plants: a short overview. **Proceedings National Academy of Sciences**, v. 84, n. 3, p. 669–679, 2014.

BARDA, O.; SHALEV, O.; ALSTER, S.; BUXDORF, K.; GAFNI, A. *Pseudozyma aphidis* induces salicylic-acid-independent resistance to *Clavibacter michiganensis* in tomato plants. **Plant Disease**, v. 99, n. 5, p. 621–626, 2015.

BÉRDY, J. Bioactive microbial metabolites. **The Journal of Antibiotics**, v. 58, p. 1-6, 2005.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B.; PINTO, A. V.; PAULA JUNIOR, T. J.; CORREA E. B.; MOURA, A. B.; LUCON, C. .M. M.; COSTA, J. C. B.; BEZERRA, J. L. **Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças em plantas**. Jaguariúna: Embrapa meio ambiente, 2012, 156 p. (Série Documentos n. 88).

BIGEARD, J.; COLCOMBET, J.; HIRT, H. Signaling mechanisms in pattern-triggered immunity (PTI). **Molecular Plant**, v. 8, n. 4, p. 521-539, 2015.

BOAVA, L. P.; KUHN, O. J.; PASCHOLATI, S. F.; DI PIERO, R. M.; FURTADO, E. L. Efeito de indutores bióticos e abióticos na atividade de quitinase e peroxidase e no controle da ferrugem causada por *Puccinia psidii* em eucalipto. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 2, p. 168-172, 2010.

BUXDORF, K.; RAHAT, I.; GAFNI, A.; LEVY, M. The epiphytic fungus *Pseudozyma aphidis* induces jasmonic acid- and salicylic acid/nonexpressor of PR1-independent local and systemic resistance. **Plant Physiological**, v. 161, p. 2014-2022, 2013b.

BUXDORF, K.; RAHAT, I.; LEVY, M. *Pseudozyma aphidis* induces ethylene-independent resistance in plant. **Plant Signaling & Behavior**, v. 8, n. 11, p. 1-5, 2013a.

CALVO-GARRIDO, C.; VIÑAS, I.; ELMER, P. A.; USALL, J.; TEIXIDÓ, N. Suppression of *Botrytis cinerea* on necrotic grapevine tissues by early-season applications of natural products and biological control agents. **Pest Management Science**, v. 70, p. 595–602, 2014.

CAMARGO, L. E. A. Genética da interação patógeno-hospedeiro. In: In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de fitopatologia Volume 1: princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino: Editora Agronômica Ceres Ltda. 2018. p. 85-92.

CAO, F. Y.; YOSHIOKA, K.; DESVEAUX, D. The roles of ABA in plant-pathogen interaction. **Journal of Plant Resources**, v. 124, n. 4, p. 489-499, 2011.

CASTORIA, R.; MORENA, V.; CAPUTO, L.; PANFILI, G.; DE CURTIS, F.; DE CICCIO, V. Effect of the biocontrol yeast *Rhodotorula glutinis* strain LS11 on patulin accumulation in stored apples. **Phytopathology**, v. 95, n. 11, p. 1271-1278, 2005.

CONRATH, U.; BECKERS, G. J. M.; LANGENBACH, C. J. G.; JASKIEWICZ, M. R. Priming for enhanced defense. **Annual Review of Phytopathology**, v. 53, p. 97–119, 2015.

CRISP, P. A.; GANGULY, D.; EICHTEN, S. R.; BOREVITZ, J. O.; POGSON, B. J. Reconsidering plant memory: intersections between stress recovery, RNA turnover, and epigenetics. **Science Advances**, v. 2, n. 2, p. 1-14, 2016.

DIEZEL, C.; ALLMANN, S.; BALDWIN, I. T. Mechanisms of optimal defense patterns in *Nicotiana attenuata*: flowering attenuates herbivory-elicited ethylene and jasmonate signaling. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 53, p. 971–983, 2011.

DI PIERO, R. M.; GARCIA JUNIOR, D.; TONUCCI, N. M. Indutores bióticos. In: CALVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. da S. (Ed.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**, Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 29-50.

EL-SHEEKH, M. M.; MAHMOUD, Y. A. G.; ABO-SHADY, A. M.; HAMZA, W. Efficacy of *Rhodotorula glutinis* and *Spirulina platensis* carotenoids in immunopotentiality of mice infected with *Candida albicans* SC5314 and *Pseudomonas aeruginosa* 35. **Folia Microbiologica**, v. 55, n. 1, p. 61–67, 2010.

FIALHO, M. B.; BESSI, R.; INOMOTO, M. M.; PASCHOLATI, S. F. Nematicidal effect of volatile organic compounds (VOCs) on the plant-parasitic nematode *Meloidogyne javanica*. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 2, p. 152-154, 2012.

FONSECA, S.; CHINI, A.; HAMBERG, M.; ADIE, B.; PORZEL, A.; KRAMELL, R.; MIERSCH, O.; WASTERACK, C.; SOLANO, R. (+)-7-iso-Jasmonoyl-L-isoleucine is the endogenous bioactive jasmonate. **Nature Chemical Biology**, v. 5, p. 344–350, 2009.

GAFNI, A.; CALDERON, C. E.; HARRIS, R.; BUxDORF, K.; DAFA-BERGER, A.; ZEILINGER-REICHERT, E.; LEVY, M. Biological control of the cucurbit powdery

mildew pathogen *Podosphaera xanthii* by means of the epiphytic fungus *Pseudozyma aphidis* and parasitism as a mode of action. **Front Plant Science**, v. 6, n. 132, p. 1-11, 2015.

GHORBANPOUR, M.; OMIDVARI, M.; ABBASZADEH-DAHAI, P.; OMIDVAR, R.; KARIMAN, K. Mecanismos subjacentes aos efeitos protetores de fungos benéficos contra doenças de plantas. **Biological Control**, v. 117, p. 147-157, 2018.

GOOSSENS, J.; FERNANDEZ-CALVO, P.; SCHWEIZER, F.; GOOSSENS, A. Jasmonates: signal transduction components and their roles in environmental stress responses. **Plant Molecular Biology**, v. 91, p. 673–689, 2016.

HASHEM, M.; OMRAN, Y. A. M. M.; SALLAM, N. M. A. Efficacy of yeasts in the management of root-knot nematode *Meloidogyne incognita*, in Flame Seedless grape vines and the consequent effect on the productivity of the vines. **Biocontrol Science and Technology**, v. 18, n. 4, p. 357-375, 2008.

HELING, A. L.; KUHN, O. J.; STANGARLIN, J. R.; HENKEMEIER, N. P.; RONCATO, S. C.; GONÇALVES, E. D. V. Controle biológico de antracnose em pós-colheita de banana “Maçã” com *Saccharomyces* spp. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 1, p. 49-51. 2017.

HELING, A. L.; KUHN, O. J.; STANGARLIN, J. R.; HENKEMEIER, N. P.; CARVALHO, J. C.; LORENZETTI, E. Controle de crestamento bacteriano comum na cultura do feijoeiro, mediado por leveduras. In: CONGRESSO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DA UNIOESTE, 8., 2016, Marechal Cândido Rondon-PR. **Anais... VIII SECIAGRA**, p. 200-205, 2016.

HERNÁNDEZ, A. G. **Promoção do crescimento de leguminosas herbáceas utilizando rizóbios isolados de áreas de mineração de carvão**. 2015, 93 f. Dissertação (Mestrado Biotecnologia e Biociências) Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2015.

KARAJEH, M. R. Efficacy of *Saccharomyces cerevisiae* on controlling the root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) infection and promoting cucumber growth and yield under laboratory and field conditions. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 46, n. 20, p. 2492-2500, 2013.

KARAPETYAN, S.; DONG, X. Redox and the circadian clock in plant immunity: A balancing act. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 119, p. 56–61, 2018.

KAZAN, K.; MANNERS, J. M. Jasmonate signaling: toward an integrated view. **Plant Physiology**, v. 146, n. 4, p. 1459–1468, 2008.

KAZAN, K. Diverse roles of jasmonates and ethylene in abiotic stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 20, p. 219–229, 2015.

KHAN, Z.; GUELICH, G.; PHAN, H.; REDMAN, R.; DOTY, S. Bacterial and yeast endophytes from poplar and willow promote growth in crop plants and grasses.

**International Scholarly Research Network Agronomy**, v. 2012, Article ID 890280, 2012.

KÖHL, J.; KOLNAAR, R.; RAVENSBERG, W. J. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1-19, 2019.

KREGER-VAN RIJ, N. J. W. **The yeasts: a taxonomic study**, 3.ed. Amsterdam: Elsevier, 1984. 1082 p.

KUHN, O. J.; PASCHOLATI, S. F.; CARDOSO FILHO, J. A.; PORTZ, R. L.; OSSWALD, W. Indução de resistência sistêmica em plantas: aspectos gerais, efeitos na produção e sobre microrganismos não alvo. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 14, p. 251-302, 2006.

KUNZ, S. Fire blight control in organic fruit growing – systematic investigation of the mode of action of potential control agents. **Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land**, v. 408, p. 249–253, 2006.

LEE, G.; LEE, S.; KIM, K. M.; RYU, C. Foliar application of the leaf-colonizing yeast *Pseudozyma churashimaensis* elicits systemic defense of pepper against bacterial and viral pathogens. **Scientific Reports**, v. 7, n. 39432, p. 1-13, 2017.

LIMA, J. R.; GONDIM, D. M. F.; OLIVEIRA, J. T. A.; OLIVEIRA, F. S. A.; GONÇALVES, L. R. B.; VIANA, F. M. P. Use of killer yeast in the management of postharvest papaya anthracnose. **Postharvest Biology and Technology**, v. 83, p. 58-64, 2013.

LOBO JÚNIOR, M.; GERALDINE, A. M.; CARVALHO, D. D. C. **Controle biológico de patógenos habitantes do solo com *Trichoderma* spp., na cultura do feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiáz: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 4 p. Circular técnica 85.

LORENZO, O; SOLANO, R. Señalización de ácido jasmónico e interacciones com otras hormonas. In: MARTÍN, M. D. R.; RODRÍGUEZ, C. N. **Metabolismo y modo de acción de fitohormonas**. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca. 2004. p. 79-80.

LORITO, M.; WOO, S. L.; HARMAN, G. E.; MONTE, E. Translational research on *Trichoderma*: from omics to the field. **Annual Review of Phytopathology**, v. 48, p. 395-417. 2010.

MACHADO, M. A. C. F.; BETTIOL, W. Potencial para o biocontrole de *Botrytis cinerea* por leveduras em sistema integrado de cultivo de lírio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 539-545, 2010.

MACHADO, R. G.; DE SÁ, E. L. S.; DAMASCENO, R. G.; HAHN, L.; ALMEIDA, D.; MORAES, T.; CAMARGO, F. A. O.; REARTES, D. S. Promoção de crescimento de *Lotus corniculatus* L. e *Avena strigosa* Schreb pela inoculação conjunta de *Trichoderma harzianum* e rizóbio. **Ciência e Natura**, v. 33, n. 2, p. 111-126, 2011.



MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. **Agrofit – Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. 2020. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 02 jan. 2020.

MEDEIROS, F. H. V.; DA SILVA, J. C. P.; PASCHOLATI, S. F. Controle biológico de doenças de plantas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de fitopatologia volume 1: Princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino: Editora Agronômica Ceres Ltda. 2018. p. 261-274.

MELLO, M. R. F.; SILVEIRA, E. B.; VIANA, I. O.; GUERRA, M. L.; MARIANO, R. L. R. Uso de antibióticos e leveduras para controle da podridão-mole em couve-chinesa. **Horticultura Brasileira**, v. 29. p. 78-83, 2011.

MELO, E. A.; DE LIMA, R.; MARIANO, R.; LARANJEIRA, D.; DOS SANTOS, L. A.; GUSMÃO, L. O.; DE SOUZA, E. B. Eficácia da levedura no biocontrole da mancha bacteriana de frutas em plantas de melão. **Tropical Plant Pathology**, v. 40, p. 56–64, 2015.

MOKBEL, A. A.; ALHARBI, A. A. Suppressive effect of some microbial agents on root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* infected eggplant. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 10, p. 1428-1434, 2014.

O'DONNELL, P. J.; CALVERT, C.; ATZORN, R.; WASTERACK, C.; LEYSER, H. M. O.; BOWLES, D. J. Ethylene as a signal mediating the wound response of tomato plants. **Science**, v. 274, p. 1914–1917, 1996.

PASCHOLATI, S. F.; DALIO, R. J. D. Fisiologia do parasitismos: como as plantas se defendem dos patógenos. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de fitopatologia. Volume 1: princípios e conceitos**. 5ª ed. Editora Agronômica Ceres Ltda, 2018. p. 423-452.

PIETERSE, C. M. J.; VAN DER DOES, D.; ZAMIOUDIS, C.; LEON-REYES, A.; VAN WEES, S. C. M. Modulação hormonal da imunidade vegetal . **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, v. 28, p. 489-521, 2012.

RAAIJMAKERS, J. M.; MAZZOLA, M. Diversity and natural functions of antibiotics produced by beneficial and plant pathogenic bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, v. 50, p. 403–424, 2012.

RASKIN, I. Role of salicylic acid in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 43, p. 439–462, 1992.

ROMEIRO, R. S. **Controle biológico de doenças de plantas: fundamentos**. Viçosa: Editora UFV, 2007. 269 p.

RUIZ-MOYANO, S.; MARTÍN, A.; VILLALOBOS, M. C.; CALLE, A.; SERRADILLA, M. J.; CÓRDOBA, M. G.; HERNÁNDEZ, A. Yeasts isolated from figs (*Ficus carica* L.) as biocontrol agents of postharvest fruit diseases. **Food Microbiology**, v. 57, p. 45-53, 2016.

SANCHEZ, S. E.; KAY, S. A. The plant circadian clock: from a simple timekeeper to a complex developmental manager. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, v. 8, n. 12, p. 1-16, 2016.

SMITH, E. F. Description of *Bacillus phaseoli* n. sp. **Botanical Gazette**, v. 24, p. 192, 1897.

SOARES, A. M. Dos S.; MACHADO, O. L. T.; Defesa de plantas: sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 1, n. 1, p. 9-19, 2007.

SPADARO, D.; DROBY, S. Development of biocontrol products for postharvest diseases of fruit: the importance of elucidating the mechanisms of action of yeast antagonists. **Trends Food Science & Technology**, v. 47, p. 39–49, 2016.

STANGARLIN, J. R.; SCHULZ, D. G.; FRANZENER, G.; ASSI, L.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; KUHN, O. J. Indução de fitoalexinas em soja e sorgo por preparações de *Saccharomyces boulardii*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 1, p. 91-98, 2010.

SUN, P.; FANG, W.; SHIN, L.; WEI, J.; FU, S.; CHOU, J. Indole-3-acetic acid-producing yeasts in the phyllosphere of the carnivorous plant *Drosera indica* L. **Public Library of Science**, v. 9, n. 12, p. 22, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6 ed., 2017. p. 858.

THOMASHOW, L. S.; BONSALE, R. E.; WELLER, D. M. Antibiotic production by soil and rhizosphere microbes in situ. In: HURST, C. J.; KNUDSEN, G. R.; MCINERNEY, M. J.; STETZENBACH, L. D.; WALTER, M. V. **Manual of Environmental Microbiology**, Washington, DC: ASM Press, p. 493-499, 1997.

TRUJILLO, J. A. B. **Micología médica básica**, 4ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2012. 583 p.

VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. Leveduras para o biocontrole de fitopatógenos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Controle biológico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 41-55.

VAUTERIN, L.; HOSTE, B.; KERSTERS, K.; SWINGS, J. Reclassification of *Xanthomonas*. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 45, p. 472-489, 1995.

VLOT, A. C.; DEMPSEY, D. A.; KLESSIG, D. F. Salicylic acid a multifaceted hormone to combat disease. **Annual Review of Phytopathology**, v. 47, p. 177-206, 2009.

YADAV, S.; MANJUNATHA, K. H.; RAMACHANDRA, B.; SUCHITRA, N.; PRABHA, R. Characterization of pigment producing *Rhodotorula* from dairy

environmental samples. **Asian Journal of Dairy & Food Research**, v. 33, n. 1, p. 1-4, 2014.

WALTERS, D.; WALSH, D.; NEWTON, A.; LYON, G. Induced resistance for plant disease control: maximizing the efficacy of resistance elicitors. **Phytopathology**, v. 95, p. 1368-1373, 2005.

WILDERMUTH, M. C.; DEWDNEY, J.; WU, G.; AUSUBEL, F. M. Isochorismate synthase is required to synthesize salicylic acid for plant defence. **Nature**, v. 414, p. 562-565, 2001.

ZANARDO, N. M. T.; PASCHOLATI, S. F.; FIALHO, M. B. Resistência de plântulas de pepineiro a *Colletotrichum lagenarium* induzida por frações de extrato de *Saccharomyces cerevisiae*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1499-1503, 2009.

ZHANG, H.; MA, L.; WANG, L.; JIANG, S.; DONG, Y.; ZHENG, X. Biocontrol of gray mold decay in peach fruit by integration of antagonistic yeast with salicylic acid and their effects on postharvest quality parameters. **Biological Control**, v. 47, n. 1, p. 60-65, 2008.

ZHANG, G.; ZHAO, F.; CHEN, L.; PAN, Y.; SUN, L.; BAO, N.; ZHANG, T.; CUI, C.X.; QIU, Z.; ZHANG, Y.; YANG, L.; XU, L. Jasmonate-mediated wound signalling promotes plant regeneration. **Nature Plants**, v. 5, p. 491–497, 2019.

ZIEDAN, S. H. E.; FARRAG, E. S. H. Application of yeasts as biocontrol agents for controlling foliar diseases on sugar beet plants. **Journal of Agricultural Technology**, v. 7, n. 6, p. 1789-1799, 2011.

ZHU, Z.; LEE, B. Friends or foes: new insights in jasmonate and ethylene co-actions. **Plant and Cell Physiology**, v. 56, p. 414–420, 2015.