

LEVANTAMENTO DE PRODUTOS COMERCIAIS REGISTRADOS A BASE DE BACTÉRIAS DO GÊNERO *Bacillus* COMO FUNGICIDAS MICROBIOLÓGICOS

Anna Júlia de Oliveira Lucas Mendes, Karulina Ribeiro Oggioni, Giovanna Beatriz Reis e Moura, Jordania Bolzan dos Santos, Lucas Jordão Santana Tigre, Simone de Paiva Caetano Bucker Moraes, Willian Bucker Moraes.

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário s/n, 29500-000, Alegre-ES, Brasil, deoliveiralucasmendesannajulia@gmail.com, karulianaoggioni13@gmail.com, giovanna.beatris57@gmail.com, jordaniabolzan@gmail.com, lucasjst01@gmail.com, simonepaivabucker@gmail.com, willian.moraes@ufes.br.

Resumo

As doenças fúngicas na agricultura causam grandes perdas, resultando em diversos problemas como redução na produção de alimentos e reduzindo a segurança alimentar. O controle biológico se tornou um método essencial para o manejo integrado de doenças (MID), onde é utilizado inimigos naturais como fungos e bactérias para controlar doenças agrícolas, além de promover o crescimento das plantas e resultando em uma agricultura mais sustentável. O gênero *Bacillus* apresenta um grande potencial para o controle de fitopatógenos, pois apresenta alta capacidade de se repicar, alta viabilidade em ambientes hostis e produz um ampla gama de metabólitos secundários com propriedades antifúngicas. Nesse sentido, o controle biológico vem ganhando espaço no mercado e apresentando um custo-benefício, com essa revisão objetivou-se fazer um levantamento de fungicidas microbiológicos a base de *Bacillus* registrados no MAPA.

Palavras-chave: Controle biológico; fitopatologia; bactéria; bioformulados.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônômica, Agronomia.

Introdução

As perdas agrícolas devido a doenças de plantas é um problema significativo para a produção de alimentos e a segurança alimentar global. As perdas podem variar de uma redução na produtividade até perdas totais na colheita. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) cerca de 40% da produção agrícola global atualmente é perdida para as pragas, sendo que as doenças de plantas retiram da economia mais de 220 bilhões de dólares anualmente (FAO, 2021).

A premissão do controle biológico é utilizar inimigos naturais para controlar as doenças agrícolas, podendo ser esses inimigos naturais fungos, bactérias, entre outros microrganismos. Diversos bioformulados com diferentes microrganismos vem apresentando respostas positivas no controle de diferentes patógenos, devido a ampla gama de mecanismos nocivos contra patógenos (RAHMAN; 2016).

A rizosfera é uma região do solo que é influenciada pelas raízes das plantas e apresenta um número elevado de microrganismos, entre eles são encontrados uma grande variedade de bactérias, sejam elas patogênicas, benéficas ou neutras (ALAWIYE; BABALOLA; 2019). Algumas espécies de bactérias do gênero *Bacillus* são encontradas em solos e são promotoras do crescimento para as plantas, além de serem eficientes no controle de doenças de plantas devido a sua viabilidade em ambientes hostis e capacidade de produzir uma vasta gama de metabólitos secundários (DIMKIĆ *et al.*, 2022).

As espécies do gênero *Bacillus* tem capacidade de se repicar rapidamente, são eficientes no controle de doenças de plantas devido a sua viabilidade em ambientes hostis e capacidade de produzir uma vasta gama de metabólitos secundários, além de possuir um amplo alcance de biocontrole (DIMKIĆ *et al.*, 2022) (SHAFI; TIAN; JI, 2017). Esse gênero produz uma ampla gama de agentes antifúngicos, capazes de destruir a parede celular de fungos patogênicos, dentre esses agentes estão as bacilisina, micobacilina, subtilina, dentre outros (DADRASNIA *et al.*, 2020). Os compostos

produzidos por *Bacillus* mais importantes para o biocontrole são os lipopetídeos como surfactinas e fengicinas, bacteriocinas e sideróforos (FIRA *et al.*, 2018).

É necessário controlar a ocorrência de plantas para garantir uma produção eficiente e de qualidade, consequentemente garantir a segurança alimentar de toda população mundial. O controle químico é amplamente utilizado, principalmente na agricultura de larga escala, que tem desempenhado um papel crucial na melhoria da quantidade e da qualidade da colheita (SHAFI; TIAN; JI, 2017). Porém, atualmente tem-se preocupado com o uso das moléculas químicas devido aos perigos para o meio ambiente e os impactos na saúde humana. Com isso, o uso de bioformulados vem ganhando espaço no manejo de doenças de plantas, sendo usado no manejo integrado de pragas (MIP). Esta revisão tem como objetivo mostra a aptidão de biocontrole do gênero *Bacillus*.

Metodologia

Foi realizado uma busca de literatura, incluindo periódicos e trabalhos disponíveis virtualmente no Portal de Periódicos da CAPES, na plataforma SciELO e Google acadêmico, sobre o uso de *Bacillus* no manejo de doenças de plantas, entre os anos 1988 a 2022. Foi consultado também o site AGROFIT (sistema de agrotóxicos fitossanitários do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento brasileiro) para a consulta de bioformulados disponíveis (Tabela 1).

Tabela 1 -Relação de nomes das revistas e sites consultados para revisão de literatura

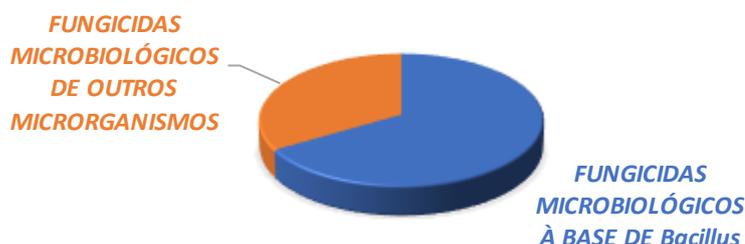
REVISTAS	SITES
Diversity	Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT)
Journal of King Saud University-Science	Food and Agriculture Organization (FAO)
Physiological and Molecular Plant Pathology	
Journal of biotechnology	
Environmental Science and Pollution Research	
Food Control	
Journal of Plant Diseases and Protection	
World Journal of Microbiology and Biotechnology	
Bacilli and agrobiotechnology	
Biotechnology & Biotechnological Equipment	
Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences	
Microbiological research	

Fonte: AGROFIT

Resultados

A partir dos dados obtidos foi possível detectar 119 bioinsumos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) classificados como fungicidas microbiológicos, sendo 79 produtos à base de *Bacillus*.

Figura 1 -Relação entre quantidade de fungicidas microbiológicos comerciais e seus ingredientes ativos.



Fonte: AGROFIT

É notório o aumento do uso de bioinsumos no manejo de doenças fúngicas de plantas, além de controlar fitopatógenos traz benefícios para a planta como: promover o crescimento através da síntese de hormônios de crescimento (LOPES *et al*, 2018). Os bioinsumos são produzidos com um ou mais ingredientes ativos (Tabela 2), além de alcançar uma ampla gama de patógenos alvo.

Tabela 2 -Relação entre quantidade de fungicidas microbiológicos comerciais à base de *Bacillus* e suas respectivas espécies presentes nos produtos comerciais.

INGREDIENTE ATIVO	QUANTIDADE DE PRODUTO COMERCIAL
<i>Bacillus velezensis</i>	10 PRODUTOS
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	42 PRODUTOS
<i>Bacillus subtilis</i>	11 PRODUTOS
<i>Bacillus pumilus</i>	3 PRODUTOS
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus velezensis</i> + <i>Bacillus pumilus</i>	4 PRODUTOS
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus velezensis</i>	3 PRODUTOS
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> + <i>Bacillus velezensis</i> + <i>Bacillus thuringiensis</i>	4 PRODUTOS
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> + <i>Bacillus velezensis</i>	1 PRODUTO

Bacillus amyloliquefaciens + *Bacillus subtilis*

1 PRODUTO

Fonte: AGROFIT

Discussão

O controle biológico resume-se em utilizar microrganismos como agente de controle de pragas, e é uma técnica importante associada ao manejo integrado de pragas (MIP) (WAAGE; GREATHEAD, 1988). Os fungicidas microbiológicos vem ganhando espaço no mercado, devido a conscientização da população a respeito do uso indiscriminado das moléculas químicas (agrotóxicos) e seus respectivos impactos negativos para o meio ambiente e a saúde da população, tornando assim uma agricultura mais sustentável.

O gênero *Bacillus* apresenta um grande potencial para o controle de fitopatógenos devido a produção de uma ampla gama de compostos antimicrobianos como lipopeptídeos, antibióticos e enzimas, competem por espaço e nutrientes com outros microrganismos patogênicos por meio da colonização além de serem indutores de resistência sistêmica (SHAFI; TIAN; JI, 2017).

As espécies de *Bacillus* produzem diversos tipos de lipopeptídeos através de seus metabolitos secundários e possuem ação específica contra patógenos de plantas. Esses peptídeos possuem propriedades antifúngicas, e os mecanismos que levam a morte dos fungos fitopatogênicos incluem bloqueio e formação de buracos na parede celular, além de desintegrar ácidos nucleicos e mitocôndrias (ZHAO *et al*, 2013). Produzem também potentes surfactinas e lipopeptídeos anfifílicos como: iturinas e micosubtilinas, bacilomicinas e fengicinas que são responsáveis por causar danos a parede, hifas fúngicas, inibir a germinação de esporos, dentre outros danos (GONG *et al*, 2014).

As bactérias do gênero *Bacillus* são capazes de induzir resistência nas plantas, que são resultados dos compostos fenólicos , modificações genéticas, enzimas, dentre outros. As bactérias produzem fitohormônios responsáveis na emissão do sinal e ativação dos genes de defesa da planta que subsequente irá produzir compostos fenólicos (GUPTA *et al*, 2000).

A combinação de diversas cepas da mesma ou de diferentes espécies potencializa o fungicida microbiológicos, pois aumenta a colonização da rizosfera, como também associa diversos modos de ação de biocontrole, resultando em uma maior proteção para as plantas (GERBORE *et al*, 2014).

Conclusão

Os fungicidas microbiológicos a base de *Bacillus* é um método eficiente para o controle de doenças fúngicas, além de ser um método importante para o manejo integrado de pragas (MIP). As espécies de *Bacillus* apresentam grande potencial para a formulação de fungicidas microbiológicos, pois apresentam diversos mecanismos de ação, promover o crescimento das plantas, são estáveis em aplicações no campo, suporta condições extremas, além de apresentar custo-benefício. Entre os fungicidas microbiológicos registrados no MAPA, 119 tem como ingrediente ativo apenas o gênero *Bacillus*, podendo ser composto de apenas uma espécie e mais de uma cepa diferente, diferentes espécies ou uma combinação de diferentes espécies e diferentes cepas entre as mesmas espécies.

Referências

ALAWIYE, Temitayo Tosin; BABALOLA, Olubukola Oluranti. Diversidade bacteriana e estrutura da comunidade na rizosfera típica de plantas. **Diversity**, v. 11, n. 10, p. 179, 2019.

DADRASNIA, Arezoo et al. Potential use of *Bacillus* genus to control of bananas diseases: Approaches toward high yield production and sustainable management. **Journal of King Saud University-Science**, v. 32, n. 4, p. 2336-2342, 2020.

DIMKIĆ, Ivica et al. Plant-associated *Bacillus* and *Pseudomonas* antimicrobial activities in plant disease suppression via biological control mechanisms-A review. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 117, p. 101754, 2022.

Food and Agriculture Organization (FAO). News: banco de dados. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/fr/c/1411810/>. Acessado em: 14/08/2024.

FIRA, Djordje et al. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species. **Journal of biotechnology**, v. 285, p. 44-55, 2018.

GERBORE, J. et al. Controle biológico de patógenos de plantas: vantagens e limitações vistas através do estudo de caso de *Pythium oligandrum*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 21, p. 4847-4860, 2014.

GONG, Qingwei, et al. "Identification of bacillomycin D from *Bacillus subtilis* fmbJ and its inhibition effects against *Aspergillus flavus*. **Food Control** 36.1 (2014): 8-14.

GUPTA, V. P., et al. "Plant growth-promoting *Bacillus subtilis* strain as potential inducer of systemic resistance in tomato against *Fusarium wilt*/Ein das Pflanzenwachstum fördernder *Bacillus subtilis*-Stamm als potentieller Resistenzinduktor gegen die *Fusarium*-Welke an Tomaten. **Journal of Plant Diseases and Protection** (2000): 145-154.

LOPES, Ralf et al. Um olhar sobre uma caixa de ferramentas multifuncional: espécies endofíticas de *Bacillus* fornecem benefícios amplos e subexplorados para plantas. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 34, p. 1-10, 2018.

RAHMAN, Mahfuz. *Bacillus* spp.: A promising biocontrol agent of root, foliar, and postharvest diseases of plants. **Bacilli and agrobiotechnology**, p. 113-141, 2016.

SHAFI, Jamil; TIAN, Hui; JI, Mingshan. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 31, n. 3, p. 446-459, 2017.

Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT). Produtos Formulados: banco de dados. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acessado em: 14/08/2024.

WAAGE, JK; GREATHEAD, DJ Controle biológico: desafios e oportunidades. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences**, v. 318, n. 1189, p. 111-128, 1988.

ZHAO, Xin, et al. "Isolation and identification of antifungal peptides from *Bacillus* BH072, a novel bacterium isolated from honey. **Microbiological research** 168.9 (2013): 598-606.