

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 07/08/2025.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ATIVIDADE ANTAGONISTA DE *Bacillus
bombysepticus* JAB01 CONTRA *Sclerotinia
sclerotiorum***

Paula Klotz Brandão Rodrigues

Engenheira Agrônoma

2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ATIVIDADE ANTAGONISTA DE *Bacillus
bombysepticus* JAB01 CONTRA *Sclerotinia
sclerotiorum***

Paula Klotz Brandão Rodrigues

Orientadora: Profa. Dra. Eliana Gertrudes de Macedo Lemos

Coorientador: Prof. Dr. Manoel Victor Franco Lemos

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Genética e Melhoramento de plantas

2023

R696a Rodrigues, Paula Klotz Brandão
Atividade antagonista de *Bacillus bombysepticus* JAB01 contra
Sclerotinia sclerotiorum / Paula Klotz Brandão Rodrigues. --
Jaboticabal, 2023
84 f. : tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Eliana Gertrudes de Macedo Lemos
Coorientador: Manoel Victor Franco Lemos

1. Agronomia. 2. Controle biológico. 3. *Bacillus* (Bacteria). 4.
Genômica. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Impacto da pesquisa na sociedade, relacionado aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Impacto Potencial dessa Pesquisa:

A pesquisa desta tese promete um impacto na agricultura e na indústria de controle de fitopatógenos contribuindo com práticas agrícolas sustentáveis no cultivo de soja e de outras plantas hospedeiras do fungo, com potencial para redução do uso de fungicidas no controle da doença mofo branco e consequentemente beneficiar agricultores, consumidores e o meio ambiente, promovendo práticas agrícolas mais responsáveis e eficazes. Ela se concentra na eficácia da bactéria *Bacillus bombysepticus* JAB01 no controle do fungo *Sclerotinia sclerotiorum*. Além disso, a pesquisa destaca a presença de genes com potencial de promover o crescimento vegetal e genes com potencial aplicação biotecnológica, podendo ser utilizados tanto na indústria agrícola quanto em outras áreas.

Potential Impact of this Research:

The research in this thesis promises to have an impact on agriculture and the plant pathogen control industry by contributing to sustainable agricultural practices in the cultivation of soybeans and other plants that host the fungus, with the potential to reduce the use of fungicides to control white mold disease and consequently benefit farmers, consumers and the environment, promoting more responsible and effective agricultural practices. It focuses on the effectiveness of the bacteria *Bacillus bombysepticus* JAB01 in controlling the fungus *Sclerotinia sclerotiorum*. Furthermore, the research highlights the presence of genes with the potential to promote plant growth and genes with potential biotechnological application, which can be used both in the agricultural industry and in other areas.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

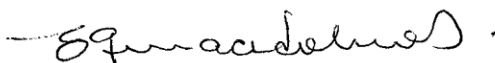
TÍTULO DA TESE: ATIVIDADE ANTAGONISTA DE *Bacillus bombysepticus* JAB01 CONTRA *Sclerotinia sclerotiorum*

AUTORA: PAULA KLOTZ BRANDÃO RODRIGUES

ORIENTADORA: ELIANA GERTRUDES DE MACEDO LEMOS

COORIENTADOR: MANOEL VICTOR FRANCO LEMOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. ELIANA GERTRUDES DE MACEDO LEMOS (Participação Virtual)
Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental / FCAV UNESP Jaboticabal

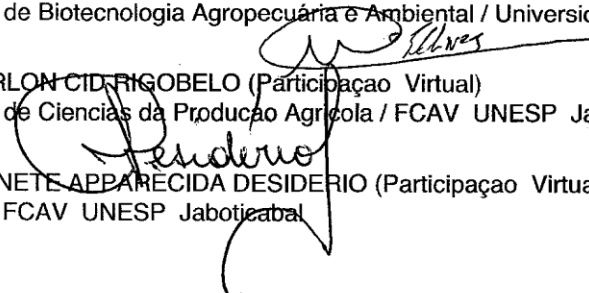
Prof. Dr. ADALBERTO PESSOA JUNIOR (Participação Virtual)
Departamento de Tecnologia Bioquímica e Farmacêutica / FCF USP São Paulo/SP



Documento assinado digitalmente
ACACIO APARECIDO NAVARRETE
Data: 22/08/2023 12:00:33-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. ACACIO APARECIDO NAVARRETE (Participação Virtual)
Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental / Universidade Brasil (UNB) - Fernandópolis/SP

Prof. Dr. EVERLON CIDRIGOBELLO (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal



Profa. Dra. JANETE APARECIDA DESIDERIO (Participação Virtual)
ViceDiretoria / FCAV UNESP Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
ADALBERTO PESSOA JUNIOR
Data: 23/08/2023 16:18:30-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Jaboticabal, 07 de agosto de 2023

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Paula Klotz Brandão Rodrigues- nascida em 08 de junho de 1991, em Barra Mansa, Rio de Janeiro. Iniciou sua graduação no curso de Agronomia em 2011 pela Universidade Federal de Lavras, onde foi monitora da disciplina Estatística Experimental por 2 anos, participou do Núcleo de estudos em Floricultura e Paisagismo e fez estágio no setor de plantas ornamentais. O curso foi concluído no final do ano 2016. No ano de 2017 iniciou o curso de mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas na mesma universidade e obteve o título de mestre no início de 2019. Em março do mesmo ano, iniciou o curso de doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas sob a orientação da professora Doutora Eliana Gertrudes de Macedo Lemos.

“Nada do que vivemos tem sentido se não tocarmos o coração das pessoas.”

Cora Coralina

Dedicatória

Dedico esse trabalho ao meu filho Bernardo, que é o grande amor da minha vida. Por você desejo ser uma pessoa melhor todos os dias. Espero que a minha jornada te inspire a enfrentar suas dificuldades, que você acredite no seu potencial, e que adquira muitos conhecimentos ao longo da sua vida. E principalmente seja feliz sendo quem você é, você é incrível meu amor.

Agradecimentos

Agradeço a minha família, sem eles nada disso seria possível. Sou grata pelo carinho, amor e apoio. Em especial à minha avó Vera (*in memorian*) que foi uma mulher incrível que sempre me incentivou e que nunca mediu esforços para que eu tivesse boas oportunidades.

Ao meu filho Bernardo e meu companheiro Guilherme. Obrigada pelo apoio, amo vocês.

Às minhas amigas Nati, Ba, Pam, Tati, Mi e Iza. Minha vida mudou depois que me aproximei de vocês, serei eternamente grata pela amizade, pelos conselhos, os momentos de pausa e muitas risadas, e as cervejinhas nas horas de lazer.

Aos meus parceiros Luis e Max pelo auxílio na execução dos experimentos e pela amizade.

À toda a equipe LBMP pelo conhecimento, convívio e pelos momentos de risadas nos momentos de descontração.

Ao técnico do laboratório João Carlos, pelo auxílio e amizade.

A minha orientadora Eliana, que é uma mulher, pesquisadora e orientadora incrível. Obrigada por ter acreditado em mim, e por todo o conhecimento. Você é essencial para o sucesso da nossa equipe.

Ao meu coorientador Manoel Victor, que sempre foi muito gentil e solícito quando precisei de ajuda.

À universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (Unesp fcav) e ao programa de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pelos anos de aprendizado, oportunidades e crescimento profissional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Obrigada a todos que contribuíram de forma direta ou indireta nesse percurso.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – Considerações Gerais	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Uso de biológicos no controle de pragas e patógenos	2
2.2. Uso de bactérias no biocontrole de fungos	4
2.3. Mofo branco	6
2.4. Gênero <i>Bacillus</i>	8
2.5. Compostos antimicrobianos de <i>Bacillus</i>	10
3. Referências	13
CAPÍTULO 2 - Antifungal activity of <i>Bacillus</i> isolate JAB01 against white mold disease caused by <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	23
1 Introduction	23
2. Materials and Methods	25
2.1. Isolates and culture conditions	25
2.4. Bioassay of antagonist activity <i>in vitro</i> by diffusible substances	26
2.5. Germination and viability of sclerotia and oxalic acid production	26
2.6. Seed bacterization	27
2.7. Detached leaves	27
2.8. Evaluation of the inhibitory activity of VOCs produced by <i>Bacillus</i> JAB01 <i>in vitro</i> against <i>S. sclerotiorum</i>	28
2.9. Effects of VOCs on sclerotia germination	28
2.10. Effects of VOCs on detached leaves	29
2.11. Scanning Electron Microscopy (SEM)	29
3. Results	30
5. Conclusion	40
6. References	41
CAPÍTULO 3 Genomic features of <i>Bacillus bombysepticus</i> JAB01, a potential biocontrol agent of White mold disease	46
1. INTRODUCTION	46
2. MATERIALS AND METHODS	48

2.1. Whole genome sequencing of <i>B. bombysepticus</i> JAB01	48
2.2. Genome annotation and identification of genes of interest in <i>B. bombysepticus</i> JAB01.....	48
2.3. Phylogenomic analysis and Average Nucleotide Identity (ANI)	49
2.4. Comparative genomics analysis	49
2.5. Plant Growth Promotion traits and functional enrichment.....	50
3. RESULTS.....	50
4. Discussion:.....	60
5. Conclusion.....	64
6. References	65

**ATIVIDADE ANTAGONISTA DE *Bacillus bombysepticus* JAB01
CONTRA *Sclerotinia sclerotiorum***

RESUMO - A descoberta do potencial antagonista de bactérias possibilitou o uso de biológicos bacterianos como estratégia mais segura no controle de pragas e patógenos. Prospectar microrganismos com atividade de biocontrole e promoção do crescimento vegetal é essencial ao processo de uso de produtos biológicos no controle de fitopatógenos. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito antagonico do isolado bacteriano JAB01 por meio da capacidade de controle *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum* e avaliar seu potencial como promotor de crescimento vegetal por meio de análises do genoma completo do isolado, buscando genes associados ao biocontrole e promoção de crescimento vegetal. *B. bombysepticus* JAB01 produz substâncias difusíveis e COVs que suprimem o crescimento micelial de *S. sclerotiorum* e inibem a germinação miceliogênica de sua estrutura de resistência. Além disso JAB01 foi capaz de suprimir o desenvolvimento dos sintomas da doença em sementes e folhas destacadas de soja. O isolado foi identificado como *Bacillus bombysepticus* JAB01 por meio de análise filogenômica e ANI e possui diversos genes relacionados a produção de metabólitos secundários com atividade antimicrobiana, sideróforos, enzimas hidrolíticas, solubilização de macronutrientes, fitohormônios, compostos orgânicos voláteis entre outros compostos de interesse biotecnológico.

Palavras chave: Antibiose, Biocontrole de patógenos, Caracterização de moléculas, Mofo Branco.

ABSTRACT- The discovery of the bacterial antagonist potential allowed the use of bacterial biologicals as a safer strategy in the control of pests and pathogens. Characterizing antagonistic activity is an important step towards the process of using bacteria to control phytopathogens. The objective of this work was to evaluate the antagonistic effect of the bacterial isolate JAB01 through the in vitro control capacity of *Sclerotinia sclerotiorum* and to evaluate its potential as a plant growth promoter through analyzes of the complete genome of the isolate, searching for genes associated with biocontrol and promotion of plant growth. *B. bombysepticus* JAB01 produces diffusible substances and VOCs that suppress mycelial growth of *S. sclerotiorum* and inhibit mycelial germination of its resistance structure. Furthermore JAB01 was able to suppress the development of disease symptoms in soybean seeds and detached leaves. The isolate was identified as *Bacillus bombysepticus* JAB01 through phylogenomic analysis and ANI and has several genes related to the production of secondary metabolites with antimicrobial activity, siderophores, hydrolytic enzymes, solubilization of macronutrients, phytohormones, volatile organic compounds, among other compounds of biotechnological interest.

Keywords: Antibiosis, Biocontrol of pathogens, Characterization of molecules, White Mold.

CAPÍTULO I – Considerações Gerais

1. INTRODUÇÃO

Doenças causadas por fungos e patógenos oomicetos em plantas são fatores limitantes da produção agrícola. Fungos fitopatogênicos podem causar enormes prejuízos econômicos às culturas, pois podem afetar a quantidade de produção e qualidade do produto, levando a maiores custos para o produtor e podendo levar ao aumento do preço para o consumidor. Além disso, alguns são de difícil controle depois que introduzidos na cultura, devido à capacidade de produzirem estruturas de resistência que sobrevivem por vários anos no solo.

Para reduzir as perdas causadas por microrganismos no rendimento econômico de culturas no agronegócio, o método de controle mais comumente utilizado é o químico. Entretanto, o uso de produtos químicos pode levar ao desenvolvimento de populações resistentes dos patógenos. Além disso, aumentam o custo de produção e podem causar danos ao meio ambiente e a organismos não alvo, inclusive humanos. Sendo então necessária a busca de alternativas com menos efeitos adversos.

Diante dessa demanda, o controle biológico de doenças de plantas assume importância, pois é uma alternativa, ecologicamente sustentável, ao controle químico para o manejo de diversas pragas e patógenos.

Agentes de controle biológico são microrganismos como bactérias, actinomicetos e fungos. Os princípios do controle biológico baseiam-se nas relações antagônicas entre microrganismos. Tal fato se deve à capacidade de inibir ou impedir o desenvolvimento de outros microrganismos que alguns organismos possuem. Esse método de controle de doenças de plantas pode ser obtido por meio de diferentes tipos de interação entre os microrganismos, como o parasitismo, antibiose, competição, entre outros.

Portanto, devido à importância do controle de fitopatógenos, visto o impacto econômico causado a produtores e o impacto ambiental amenizado através do uso de bioprodutos e culturas transgênicas, destaca-se a importância da exploração e caracterização de novas moléculas bioativas.

Agentes de controle biológico, particularmente *Bacillus* foram relatados em diversos trabalhos por proteger as plantas contra fitopatógenos como fungos, bactérias e nematoides. O mofo branco é uma doença causada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* que tem grande importância na produção agrícola pois é um fator limitante na produção de muitas culturas de relevância mundial. Até o momento atual, não há informações na literatura sobre o efeito de *Bacillus bombysepticus* sobre o patógeno do solo *Sclerotinia Sclerotiorum*.

Diante desse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o isolado bacteriano *Bacillus bombysepticus* JAB01 quanto ao seu potencial antagonista contra *Sclerotinia sclerotiorum in vitro* buscando identificar diferentes moléculas bioativas para o desenvolvimento de novos produtos transgênicos e/ou biofungicidas e como promotor de crescimento vegetal.

5. Conclusion

This study highlighted that *Bacillus bombysepticus* JAB01 has the potential of producing vegetable hormones like IAA, iron-chelating compounds like siderophores, solubilization compounds, antimicrobial compounds and lytics enzymes like chitinase and celulase, since it has genes responsible for the production of them. Therefore, we present it as a possible viable environmental solution to control *S. sclerotiorum* and other phytopathogens.

6. References

- Bahadir P.S., Liaqat F., Eltem R. Plant growth promoting properties of phosphate solubilizing *Bacillus* species isolated from the Aegean Region of Turkey. *Turk. J. Bot.* 2018;42:1–14. doi: 10.3906/bot-1706-51.
- Bagyalakshmi B, Ponmurugan P, Balamurugan A (2017) Potassium solubilization, plant growth promoting substances by potassium solubilizing bacteria (KSB) from southern Indian Tea plantation soil, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, Volume 12, Pages 116-124, ISSN 1878-8181, <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.09.011>.
- Cantalapiedra CP and others, eggNOG-mapper v2: Functional Annotation, Orthology Assignments, and Domain Prediction at the Metagenomic Scale, *Molecular Biology and Evolution*, Volume 38, Issue 12, December 2021, Pages 5825–5829, <https://doi.org/10.1093/molbev/msab293>
- Carroll CS and Moore MM (2018) Ironing out siderophore biosynthesis: a review of non-ribosomal peptide synthetase (NRPS)-independent siderophore synthetases, *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 53:4, 356–381, doi: 10.1080/10409238.2018.1476449
- Gao L, Han J, Liu H, Qu X, Lu Z, Bie X. (2017) Plipastatin and surfactin coproduction by *Bacillus subtilis* pB2-L and their effects on microorganisms. *Antonie Van Leeuwenhoek* 110:1007–1018. <https://doi.org/10.1007/s10482-017-0874-y>
- Gupta P, Kumar V, Usmani Z, Rani R, Chandra A (2018) Phosphate solubilization and chromium (VI) remediation potential of *Klebsiella* sp. strain CPSB4 isolated from the chromium contaminated agricultural soil, *Chemosphere*, Volume 192, 2018, Pages 318-327, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.164>.
- Hua, J., Dong, X. Sustaining plant immunity in rising temperature. *Cell Res* 32, 1038–1039 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41422-022-00710-1>
- Huang, Q., Liu, H., Zhang, J. *et al.* Production of extracellular amylase contributes to the colonization of *Bacillus cereus* 0–9 in wheat roots. *BMC Microbiol* 22, 205 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02618-7>

Kai Blin, Simon Shaw, Hannah E Augustijn, Zachary L Reitz, Friederike Biermann, Mohammad Alanjary, Artem Fetter, Barbara R Terlouw, William W. Metcalf, Eric JN Helfrich, Gilles P van Wezel, Marnix. H Medema & Tilmann Weber. antiSMASH 7.0: new and improved predictions for detection, regulation, chemical structures, and visualisation. *Nucleic Acids Research* (2023) doi: 10.1093/nar/gkad344.

Kakoulidou I, Avramidou EV, Baránek M, Brunel-Muguet S, Farrona S, Johannes F, Kaiserli E, Lieberman-Lazarovich M, Martinelli F, Mladenov V, et al. Epigenetics for Crop Improvement in Times of Global Change. *Biology*. 2021; 10(8):766. <https://doi.org/10.3390/biology10080766>

Komijani M, Shamabadi NS, Shahin K, Eghbalpour F, Tahsili MR, Bahram M (2021) Heavy metal pollution promotes antibiotic resistance potential in the aquatic environment. *Environ Pollut* 274:116569. <https://doi-org.ez87.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.envpol.2021.116569>

Kour D, Rana KL, Kaur T, Yadav N, Yadav AN, Kumar M, Kumar V, Dhaliwal HS, Saxena AK (2021) Biodiversity, current developments and potential biotechnological applications of phosphorus-solubilizing and -mobilizing microbes: A review, *Pedosphere*, Volume 31, Issue 1, 2021, Pages 43-75, ISSN 1002-0160, [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60057-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60057-1).

Letunic I, Bork P, Interactive Tree Of Life (iTOL) v5: an online tool for phylogenetic tree display and annotation, *Nucleic Acids Research*, Volume 49, Issue W1, 2 July 2021, Pages W293–W296, <https://doi.org/10.1093/nar/gkab301>

Liu J, Zhou T, He D, Li X, Wu H, Liu W, Gao X (2011) Functions of lipopeptides bacillomycin D and fengycin in antagonism of *Bacillus amyloliquefaciens* C06 towards *Monilinia fructicola*. *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* 20:43-52. <https://doi.org/10.1159/000323501>

Lynch M, Conery JS (2003) The origins of genome complexity *Science*, 302, pp. 1401-1404

Myo EM., Liu B, Ma J, Shi L, Jiang M, Zhang K, et al. (2019). Evaluation of *Bacillus velezensis* NKG-2 for bio-control activities against fungal diseases and potential plant growth promotion. *Biological Control* 134, 23–31. doi: 10.1016/J.BIOCONTROL.2019.03.017

Nosalova L, Willner J, Fornalczyk A et al. (2023) Diversity, heavy metals, and antibiotic resistance in culturable heterotrophic bacteria isolated from former lead–silver–zinc

mine heap in Tarnowskie Gory (Silesia, Poland). *Arch Microbiol* 205, 26 (2023). <https://doi-org.ez87.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00203-022-03369-9>

Park Y.-G., Mun B.-G., Kang S.-M., Hussain A., Shahzad R., Seo C.-W., Kim A.-Y., Lee S.-U., Oh K.Y., Lee D.Y., et al. *Bacillus aryabhatai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. *PLoS ONE*. 2017;12:e0173203. doi: 10.1371/journal.pone.0173203.

Patz SA, Gautman M, Becker S, Ruppel P, Rodríguez- Palenzuela DH, Huson PLaBAsE: A comprehensive web resource for analyzing the plant growth-promoting potential of plant-associated bacteria bioRxiv 2021 .12.13472471; doi: <https://doi.org/10.1101/2021.12.13.472471>.

Peix A, Rivas-Boyer AA, Mateos PF, Rodríguez-Barrueco C, Martínez-Molina E, Velázquez E (2001) Growth promotion of chickpea and barley by a phosphate solubilizing strain of *Mesorhizobium mediterraneum* under growth chamber conditions. *Soil Biol Biochem* 33(1):103–110

S. Carmona-Hernandez, J.J. Reyes-Pérez, R.G. Chiquito-Contreras, G. Rincon-Enriquez, C.R. Cerdan-Cabrera, L.G. Hernandez-Montiel (2019) Biocontrol of postharvest fruit fungal diseases by bacterial antagonists: a review *Agronomy*, 9 (3), pp. 121-135

Seemann, T. (2014) Prokka: rapid prokaryotic genome annotation. *Bioinformatics* 30:2068–2069.

Shahzad R., Khan A.L., Bilal S., Waqas M., Kang S.-M., Lee I.-J. Inoculation of abscisic acid-producing endophytic bacteria enhances salinity stress tolerance in *Oryza sativa*. *Environ. Exp. Bot.* 2017;136:68–77. doi: 10.1016/j.envexpbot.2017.01.010.

Smolińska U, Kowalska B (2018) Biological control of the soil-borne fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum* — a review. *J Plant Pathol* 100, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-0023-0>

Xiong W, Reynolds M, Xu Y, Climate change challenges plant breeding, *Current Opinion in Plant Biology*, Volume 70, 2022, 102308, ISSN 1369-5266, <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2022.102308>.

Yoon SH, Ha SM, Lim JM, Kwon SJ, Chun J (2017). A large-scale evaluation of algorithms to calculate average nucleotide identity. *Antonie van Leeuwenhoek*. 110:1281–1286

Zaid DS, Cai S, Hu C, Li Z, Li Y. Comparative Genome Analysis Reveals Phylogenetic Identity of *Bacillus velezensis* HNA3 and Genomic Insights into Its Plant Growth Promotion and Biocontrol Effects. *Microbiol Spectr*. 2022 Feb 23;10(1):e0216921. doi: 10.1128/spectrum.02169-21. Epub 2022 Feb 2. PMID: 35107331; PMCID: PMC8809340.

Zhang RS, Wang FG, Qi ZQ, Qiao JQ, Du Y, Yu JJ, Yu MN, Liang D, Song TQ, Yan PX, Cao HJ, Zhang H, Liu YF. Iturins produced by *Bacillus velezensis* Jt84 play a key role in the biocontrol of rice blast disease, *Biological Control*, Volume 174, 2022, 105001, ISSN 1049-9644, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.105001>.

Zheng J and others, dbCAN3: automated carbohydrate-active enzyme and substrate annotation, *Nucleic Acids Research*, 2023;, gkad328, <https://doi.org/10.1093/nar/gkad328>

Zhou H, Zhu H, Ren Z, Li X, Zhong J, Liu E (2021) Efficacy of *Bacillus tequilensis* strain JN-369 to biocontrol of rice blast and enhance rice growth, *Biological Control*, Volume 160, 2021, 104652, ISSN 1049-9644, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104652>.