

Estudo do Produto Biológico BetaSoil® para Agricultura

BetaSoil® Biological Product Study for Agriculture

Bruna Fernanda Albertti^{*a}; Mayara Mari Murata^b; Josemeyre Bonifacio da Silva Marques^b; Hélio Hiroshi Sugimoto^a

^aUniversidade Anhanguera São Paulo, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Biotecnologia e Inovação em Saúde. SP, Brasil.

^bUnopar. PR, Brasil.

*E-mail: bruna.albertti@zbiotec.com.br

Resumo

O Brasil é um dos maiores consumidores de agroquímicos e nas últimas décadas houve aumento expressivo na sua utilização o que tem implicado em uma série de problemas relacionados com a contaminação ambiental e com a saúde humana. A preocupação crescente sobre o uso de agroquímicos tem levado a ciência a ampliar o estudo do potencial dos compostos biológicos para uso na agricultura, seja para a produção no sistema orgânico ou convencional. O presente trabalho teve como objetivo, o estudo do produto biológico **BetaSoil®**, desenvolvido pela empresa Zbiotec, obtido por fermentação de um consórcio de bactérias e leveduras em melaço de cana-de-açúcar e extratos vegetais. Os microrganismos benéficos são capazes de produzir substâncias orgânicas importantes para as plantas como hormônios e vitaminas por meio de metabolismo secundário, enquanto as plantas são capazes de influenciar a composição da microbiota ao redor de seu sistema radicular pela exsudação de carboidratos, proteínas e outros compostos. Esta interação entre a planta, bactérias e leveduras ocorre na rizosfera, onde os microrganismos através de diferentes mecanismos aumentam a solubilização de fosfatos minerais, produzem hormônios vegetais como ácido indol acético, ácido giberélico, citocininas e etileno e além do auxílio na fixação simbiótica do nitrogênio. Esta relação traz vários benefícios a agricultura como a promoção do crescimento vegetal e controle de organismos fitopatogênicos, especialmente fungos, por meio da produção de antibióticos e outros compostos orgânicos.

Palavras-chave: Produto Biológico. Microrganismos. Agricultura. Saúde. Fermentação.

Abstract

Brazil is one of the largest consumers of agrochemicals and in recent decades there has been a significant increase in their use, which has led to a series of problems related to environmental contamination and human health. The growing concern about the use of agrochemicals has led science to expand the study of the potential of biological compounds for use in agriculture, whether for production in organic or conventional systems. The aim of this article was to study the biological product **BetaSoil®**, developed by the company Zbiotec, obtained by fermentation of a consortium of bacteria and yeasts in sugar cane molasses and vegetable extracts. Beneficial microorganisms are able to produce important organic substances such as hormones and vitamins through secondary metabolism, while plants are able to influence the composition of the microbiota around their root system by exuding carbohydrates, proteins and other compounds. This interaction between the plant, bacteria and yeast occurs in the rhizosphere, where microorganisms, through different mechanisms, increase the solubilization of mineral phosphates, produce plant hormones such as indole acetic acid, gibberellic acid, cytokinins and ethylene. This relationship brings several benefits to agriculture, such as the promotion of plant growth and phytopathogenic organisms control, especially fungi, through the production of antibiotics and other organic compounds.

Keywords: Biological product. Microorganisms. Agriculture. Health. Fermentation.

1 Introdução

O Brasil consome cerca de 20 % dos agroquímicos comercializados no mundo (PELAEZ *et al.*, 2015) e o consumo cresce a cada ano (BOMBARDI, 2017). Em 2020, a venda de produtos formulados com agroquímicos correspondeu a 685 mil toneladas de ingredientes ativos, com um incremento de 10,51% nas vendas internas comparadas ao ano anterior (IBAMA, 2020).

O cenário social e ambiental do uso crescente de agroquímicos é preocupante e tem encorajado inúmeras pesquisas em torno de substâncias biológicas para o uso na agricultura (CALVO *et al.*, 2014). Estes ativos biológicos são produtos compostos de substâncias ou microrganismos com

potencial para fornecer vários benefícios às plantas, incluindo aumento da eficiência na absorção de nutrientes do solo e maior tolerância ao estresse hídrico ou ao ataque de doenças (DU JARDIN, 2015).

Em decorrência dos custos elevados do controle químico e pela possibilidade de redução do potencial de inóculo dos patógenos no solo, o uso de formulados biológicos para o controle de doenças tem aumentado nos últimos anos (BARBOSA; GONZAGA, 2012). Neste sentido, a empresa ZBiotec – Tecnologia Microbiológica, localizada na cidade de Limeira – SP, vem estudando este mercado e desenvolvendo produtos biológicos para uma agricultura mais sustentável, visando a redução do uso de insumos convencionais.

Um dos produtos comerciais desta empresa é o BetaSoil® que é composto de água, melaço de cana-de-açúcar, extratos vegetais e microrganismos viáveis e tem como objetivo acelerar a decomposição de resíduos orgânicos, e atuar ajudando a repor a biodiversidade nos sistemas de produção agrícola, exauridos pelo longo período de uso e aplicações de produtos químicos. Entretanto, considerando suas particularidades, que apresentam características tão diferentes daqueles considerados defensivos químicos se faz necessário a pesquisa e desenvolvimento para a produção, comercialização e uso dos produtos biológicos garantindo assim benefícios para o solo, o meio ambiente e para o produtor agrícola.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo, o estudo do produto biológico *BetaSoil*®, desenvolvido pela empresa Zbiotec, obtido por fermentação de um consórcio de bactérias e leveduras em melaço de cana-de-açúcar e extratos vegetais.

2 Desenvolvimento

2.1 Agroquímicos e sua relação com o solo

Ao longo do tempo, a atividade agrícola desempenhou importante papel no desenvolvimento econômico do país e do mundo, impulsionada pelo uso de tecnologias avançadas, oportunizando o aumento significativo na produtividade. Por outro lado, esta agricultura moderna trouxe impactos negativos ao meio ambiente e a saúde humana (MELO *et al.*, 2020).

O período compreendido entre os anos de 1950 a 1970 caracterizou-se pela criação, no Brasil, de um mercado consumidor de agroquímicos. Ao adotar uma política de modernização da agricultura, baseada na mecanização e no uso intensivo de insumos químicos, o governo facilitou o acesso desses recursos ao agricultor (KAGEYAMA, 1990) devido a redução dos custos por meio de isenções de impostos e pelas linhas de crédito rural que incentivassem o seu uso (PELAEZ *et al.*, 2015).

Do volume total de agroquímicos comercializados no Brasil em 2020, 60,35 % eram herbicidas, 15,8 % fungicidas e 11,77 % inseticidas. De acordo com o relatório de comercialização de agroquímicos divulgado pelo IBAMA (2020), entre os ingredientes ativos mais vendidos, neste período, foram Glifosato, seguido por 2,4-D, Mancozebe e Atrazina. A ampla utilização desses produtos, o desconhecimento dos riscos associados à sua utilização, o desrespeito às normas de segurança em seu manuseio, a livre comercialização, a grande pressão comercial por parte das empresas distribuidoras e produtoras e os problemas sociais encontrados no meio rural constituíram importantes causas que levaram ao agravamento dos quadros de contaminação humana e ambiental observados no Brasil (MIRANDA *et al.*, 2007). Dentre estas causas pode-se citar a contaminação de solos agrícolas, de águas superficiais e subterrâneas e de alimentos, podendo, em episódios mais graves, inviabilizar o consumo destes (JARDIM; ANDRADE; QUEIROZ, 2009).

A soja é a lavoura com maior valor de produção do Brasil,

seguido de milho em grão, cana-de-açúcar e café (IBGE, 2020). Como principal commodity no país, na safra de 2020/21 o país produziu cerca de 135 milhões de toneladas de soja fazendo do Brasil, o maior produtor mundial desta cultura com a ocupação de aproximadamente 38,5 milhões de hectares de área plantada (CONAB, 2020). O aumento crescente dessa cultura no país tem sido acompanhado pelo aumento também crescente do uso de herbicidas (MIRANDA *et al.*, 2007). Nos Estados Unidos, dados do Departamento de Agricultura (USDA) (PERES, 2009) mostraram que essa relação entre aumento da produtividade da soja e uso de herbicidas, é ainda mais evidente quando se considera a produção de soja transgênica e o consumo do herbicida glifosato, produto destinado, principalmente, ao controle de ervas daninhas nas culturas de soja geneticamente modificada para ser resistente a esse herbicida.

Desde o início do ano 2019, o Brasil registrou mais de 197 novos agroquímicos com uso permitido, e com isso se estabeleceu um recorde: nunca tantas permissões foram concedidas tão rapidamente no país. Dos novos agroquímicos que chegaram ao mercado, 26 % não são permitidos na União Europeia (REIS, 2019).

Nos sistemas agrícolas, o solo sofre influência direta da utilização de agroquímicos nas culturas, principalmente em sistemas inadequados de cultivo (STEFFEN; STEFFEN; ANTONIOLLI, 2011). De acordo com Merten e Minella (2002), a contaminação do solo e da água pode ser acentuada em áreas manejadas em sistema de preparo convencional, ou seja, em situações em que os solos são submetidos a preparos intensivos e manejados sem a presença de resíduos orgânicos na superfície. O manejo inadequado do solo por meio das atividades agrícolas pode com o tempo trazer graves consequências, exaurindo suas reservas orgânicas e minerais, transformando solos com grande potencial de produção em solos de baixa fertilidade (DUARTE *et al.*, 2000).

Um pesticida ideal não deve afetar adversamente outros organismos além de suas pragas-alvo. Os impactos negativos sobre os componentes bióticos podem ocorrer em diferentes níveis, de organismos individuais a comunidades, afetando o equilíbrio de todo o ecossistema. A principal causa disso é que menos de 0,1 % dos pesticidas usados no controle de pragas atingem suas metas com precisão deixando o restante das substâncias ativas nos ecossistemas. (SHAO; ZHANG, 2017).

Dependendo de vários fatores como a composição de pesticidas, propriedades físico-químicas e biológicas do solo, frequentemente apresentam taxas lentas de degradação no ambiente do solo. Como consequência, a aplicação repetida destes pode levar à sua acumulação em concentrações prejudiciais aos microrganismos do solo (RICE; ANDERSON; COATS, 2002).

2.2 Agroquímicos e sua relação com a saúde humana

A exposição humana a agroquímicos constitui um

importante problema de saúde pública mundial (BOCHNER, 2006). Ela pode ocorrer ambientalmente, por meio do ar, do consumo via resíduos em alimentos e água, bem como ocupacionalmente, durante ou após a aplicação (VAN DEN BERG, 2012). O uso generalizado dos agroquímicos, estimado em 2×10^9 kg em todo o mundo anualmente, levanta preocupações públicas significativas em relação à segurança desses produtos (GRUBE *et al.*, 2011).

De forma geral, as intoxicações por agroquímicos são condicionadas a composição química, mecanismo de ação e princípio ativo do produto utilizado, ao tipo e intensidade da exposição, ao uso inadequado e à falta de utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs). Um fator agravante em relação a esse tipo de intoxicação é a precariedade dos mecanismos de fiscalização existentes, visto que, as notificações dependem da análise de profissionais de saúde que muitas vezes não conseguem diagnosticar as intoxicações por agroquímicos, seja por falta de capacitação ou por escassez de recursos, resultando em subnotificação, mascarando o verdadeiro índice de intoxicações por esses produtos no país (HUNGARO, 2015). Sequelas, tanto sensitivas como motoras podem ser geradas devido à exposição a agroquímicos, além de deficiências cognitivas transitórias e permanentes (ISSA *et al.*, 2011), pois existe uma possível inter-relação entre a exposição crônica a agroquímicos e o aparecimento de doenças degenerativas do Sistema Nervoso Central (SOUZA, 2011).

Para cada caso registrado de intoxicação aguda a Fiocruz estima que, outros 50 não são notificados; ou são subestimados como problema de saúde pública, interferindo no processo de informação-decisão-ação governamental (BOMBARDI, 2015).

Pluth, Zanini e Battisti (2019), relacionaram a exposição a agroquímicos ao câncer, doença crônica que é uma das principais causas de morbimortalidade em todo o mundo, com mais de 14 milhões de novos casos desde 2012. Em 2015, 8,8 milhões de pessoas no mundo morreram em decorrência de neoplasias malignas, o equivalente a um em cada seis de todas as mortes globais. No estudo, os autores observaram que os pesticidas mais relacionados ao câncer se enquadravam na categoria de herbicidas, inseticidas e fungicidas. Os grupos químicos mais frequentes associados a cânceres incluíam organofosforados, piretróides, organoclorados e tiocarbamatos.

De acordo com Corcino *et al.* (2019), a classificação toxicológica e de periculosidade ambiental, instituída pela Lei 7.802 de 11 de julho de 1989, descreveu que os produtos utilizados por pequenos produtores na região do Submédio do Vale do São Francisco eram extremamente tóxicos ao homem e altamente perigosos ao meio ambiente. A classificação dos agroquímicos conforme sua toxicidade e periculosidade deveria ser parâmetro para criação de medidas de controle e de gerenciamento de riscos. Entretanto, no Brasil, essa classificação é meramente simbólica, dado que, não há

diferença entre produtos classificados como extremamente ou pouco tóxicos para os seres humanos ou meio ambiente, visto que os mesmos podem ser indicados, comercializados e utilizados por qualquer indivíduo (BEDOR, 2008).

2.3 Agricultura sustentável e o BetaSoil®

Atualmente, cientistas e linhas de pesquisas especializadas tem um foco permanente nos estudos de uso mínimo ou inexistente de compostos sintéticos nas culturas com objetivo de comprovar que é possível obter um saldo de produtividade ainda sem o uso de compostos prejudiciais para o ambiente e para a saúde humana (GARCIA, 2021). As correntes da agricultura que focam na dinâmica dos agroecossistemas, consideram a sua complexidade, o aspecto social, potencializam os sistemas produtivos baseados na biodiversidade como estratégia de mitigação de problemas corriqueiros como a ocorrência de pragas e doenças (CANUTO, 2017).

A agricultura ecológica é uma técnica que usa princípios científicos e que se encontra em construção (SOUZA, 2018). Sendo bem aplicada, pode trazer amplos benefícios aos produtores, aos consumidores e ao ecossistema (SOUZA, 2021). Neste contexto, a adição de microrganismos benéficos ao solo contribui significativamente para o aumento da diversidade microbiológica, atuando como indutores da decomposição da matéria orgânica e por consequência na disponibilização dos nutrientes às plantas, tornando estas mais resistentes ao ataque de patógenos, os quais poderiam comprometer a produtividade da cultura (PUGAS *et al.*, 2013).

O produto BetaSoil® é um composto bioativo, obtido por meio da fermentação de compostos orgânicos, que contém células vivas ou latentes de microrganismos e seus metabólitos como enzimas, antibióticos, aminoácidos, ácidos orgânicos e fitormônios. Antes de sua aplicação nas culturas é necessário passar pelo processo de ativação, o qual tem por objetivo o crescimento microbiano exponencial, em que consiste adicionar 10% de fonte de açúcar para dar início a esse processo, de forma controlada. Assim, devido ao constante crescimento nesse período, há também a formação de substâncias metabólicas produzidas pelos microrganismos. O período de ativação leva 48 horas para atingir seu pico e após a ativação o produto pode ser utilizado por até 30 dias.

Os diferentes grupos microbianos que integram o produto BetaSoil® tais como bactérias lácticas, leveduras, actinobactérias e *Bacillus* sp. produzem os metabólitos acima citados, que serão fundamentais para o desenvolvimento das plantas. Estes microrganismos são agentes benéficos, tanto para as plantas quanto para o solo, pois promovem a melhoria da sua qualidade estrutural e saúde das plantas, de modo a se tornar uma ferramenta indispensável na potencialização da ciclagem de nutrientes e favorecimento dos processos naturais dos ecossistemas (CARGNELUTTI *et al.*, 2021). Outra característica do produto é a facilidade de manejo no sistema agrícola, pois sendo líquido apresenta rápida

disponibilização para as culturas, fazendo com que estas respondam rapidamente após sua aplicação.

Muitas são as vantagens em se utilizar produtos biológicos nas culturas, como o aumento da diversidade de microrganismos no solo, diminuindo ou eliminando doenças e patógenos do solo por meio de competição e antagonismo direto e produção de compostos inibidores; equilíbrio entre as condições físico-químicas e microbiológicas do solo; estímulo à emergência das plantas facilitando o manejo e a cobertura do solo, atuando juntamente com a adubação verde diminuindo a compactação; aumenta a agregação, a porosidade do solo, a infiltração de água, a água disponível no solo e a profundidade de enraizamento. Como consequência há redução da erosão e da frequência de irrigação. Além destas, o uso de produtos biológicos pode facilitar a decomposição da matéria orgânica, favorecendo a mineralização e a disponibilidade de nutrientes essenciais às plantas, permitindo a redução ou a dispensa do fertilizante químico (ANDRADE, 2020).

2.4 Microrganismos e sua interação com plantas

No solo, existem diversos tipos de microrganismos que são considerados eficientes ou também denominados de benéficos por que possuem como função a degradação da matéria orgânica a qual é sua fonte de alimento, e com isso auxiliam na ciclagem dos nutrientes, melhoram a qualidade estrutural dos solos e aumentam a saúde das plantas, além de evitarem contaminações e reduzir odores (FAN *et al.*, 2018).

Os microrganismos presentes no solo são responsáveis pela degradação da matéria orgânica e outros compostos, mineralizando os nutrientes, isto é, transformam os compostos orgânicos em compostos inorgânicos disponíveis para as plantas (CAI *et al.*, 2020). Além disso, bactérias e fungos desempenham a função de agentes biológicos induzindo a resistência sistêmica em plantas, produzindo antibióticos e sideróforos que inibem o crescimento dos patógenos (PINHO *et al.*, 2020).

Os bioinsumos, que são produtos feitos a partir de microrganismos, materiais vegetais, orgânicos ou naturais e utilizados nos sistemas de cultivo agrícola para combater pragas e doenças e/ou para melhorar a fertilidade do solo, são vistos como tecnologias sustentáveis que atuam de forma intrínseca e extrínseca sobre as plantas contribuindo para o incremento produtivo e a estabilidade do equilíbrio do agroecossistema (REZENDE *et al.*, 2021).

Tem-se conhecimento já há algumas décadas que certas bactérias habitantes de solo, quando aplicadas de forma massal sobre a rizosfera de plantas, são capazes de promover o controle de doenças, via antagonismo direto ou indução de resistência e, paralelamente promoverem o crescimento de plantas (VIEIRA JUNIOR, 2013).

As bactérias e fungos produzem, além dos metabólitos envolvidos em processos biológicos primários, um grande número de compostos, ditos secundários por não reconhecer qualquer função no metabolismo primário (MALAJOVICH,

2016). Estes metabólitos secundários são liberados no meio onde o organismo se desenvolve e podem estar envolvidos em uma variedade de processos ecológicos, devido as substâncias promotoras do crescimento vegetal, tais como fitohormônios, sideróforos, antibióticos, entre outros (DIAS; DIAS, 2007).

Os organismos benéficos da rizosfera são classificados em dois grandes grupos: rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (RPCV) que são definidas como bactérias que habitam a rizosfera de plantas realizando funções que promovem o crescimento vegetal e são beneficiadas pelos exsudados das raízes (AHEMAD; KIBRET, 2014) e agentes de controle biológico (BCA - Biological control agent) dentre vários gêneros de bactérias (*Acetobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* e *Serratia*) foram relatados como capazes de promover o crescimento das plantas, incrementos na produtividade de grãos, e resistência às doenças (KANG *et al.*, 2019).

Algumas espécies de fungos também apresentam potencial em promover crescimento em plantas como o gênero *Trichoderma* sp., considerado como um dos mais explorados, apresentam importância devido ao seu grande potencial de aplicação do ponto de vista agrícola, industrial e biotecnológico (CADORE *et al.*, 2018). Além destes, *Pseudomonas* sp., *Streptomyces* sp. e *Bacillus* sp. são usados como agentes antimicrobianos contra fungos fitopatogênicos e a utilização de BAL (bactérias ácido-láticas) para o controle biológico contra fitopatógenos vem ganhando cada vez mais espaço devido ao seu potencial (FORHAD *et al.*, 2015).

Algumas cepas de BAL são consideradas seguras, tanto pela *Food and Drug Administration* (FDA), dos Estados Unidos da América, quanto pela *European Food Safety Authority* (EFSA) na Europa (FANG *et al.*, 2020). Dentre as moléculas produzidas pelas BAL podemos citar o ácido láctico, acético, probiótico, antibióticos, bacteriocinas, bem como peróxido de hidrogênio e dióxido de carbono, substâncias responsáveis pelo sucesso da inibição de outras bactérias potencialmente patogênicas (PRABHURAJESHWAR; CHANDRAKANTH, 2019). Muitos dos compostos antimicrobianos afetam as atividades fisiológicas de um patógeno, como a divisão celular, biossíntese de DNA, RNA, proteína, metabolismo de lipídios e síntese celular (CHAURASIA *et al.*, 2005). O mecanismo de ação antimicrobiana é difícil de elucidar devido as complexas interações sinérgicas entre os diferentes compostos. No entanto, pode ser atribuído à competição por nutrientes e produção de antibióticos e várias substâncias inibidoras (JOHAN; JESPER, 2005).

Hamed, Moustafa e Abdel-Aziz (2011) constataram que o efeito protetor do LAB aumentou a atividade antifúngica em plantas de tomate após a inoculação do solo com *F. oxysporium*. A altura da planta e o número de raízes secundárias aumentou com todas as cepas de LAB. Os resultados sugeriram que um possível mecanismo para aumentar o crescimento das plantas por LAB pode ser devido a eficiência na transferência de nutrientes do solo para as raízes e plantas como resultado

do aumento do número de raízes e bioproteção da área da rizosfera por LAB.

3 Conclusão

O mercado de insumos biológicos tem crescido nos últimos anos e tende a aumentar à medida que os consumidores se tornaram mais exigentes quanto aos métodos de produção de alimentos mais sustentáveis. O produto BetaSoil® atende a este mercado, e resultados preliminares têm mostrado grandes benefícios da interação dos microrganismos com as plantas. Atualmente, pesquisas científicas têm sido desenvolvidas para comprovar a eficácia deste produto na promoção de crescimento de plantas e na inibição de fitopatógenos.

Referências

AHEMAD, M.S.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *J. King Saud Univ.*, v.26, n.1, p.1-20, 2014. doi: 10.1016/j.jksus.2013.05.001.

ANDRADE, F. M. C. Caderno dos microrganismos eficientes (E.M.): instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Viçosa: UFV, IPPDS, 2020.

BARBOSA, F.R.; GONZAGA, A.C.O. *Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014*. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO 2012.

BEDOR C.N.G. *Estudo do potencial carcinogênico dos agrotóxicos empregados na fruticultura e sua implicação para a vigilância da saúde*. Recife: Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães/Fiocruz, 2008.

BOCHNER, R. Perfil das intoxicações em adolescentes no Brasil no período de 1999 a 2001. *Cad. Saúde Pública*, v.22, n.3, p.587-595, 2006. doi: 10.1590/S0102-311X2006000300014.

BOMBARDI, L. M. *Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia*. São Paulo: FFLCH, 2017.

CADORE, L. *et al.* Avaliação do crescimento inicial da soja utilizando formulações de *Trichoderma*. *Enciclop. Biosfera*, v.15, n.27, p.170-179, 2018.

CAI, Y. *et al.* Efficient biodegradation of organic matter using a thermophilic bacterium and development of a cost-effective culture medium for industrial use. *J. Environ. Sci. Health*, v.55, n.6, p.686-696, 2020. doi: 10.1080/10934529.2020.1732173.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOPPER, J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, v.383, p.3-41, 2014. doi:10.1007/s11104-014-2131-8

CANUTO, J. C. Agroecologia: princípios e estratégias para o desenho de agroecossistemas sustentáveis. *Redes*, v.22, n.2, p.137-151, 2017. doi:10.17058/redes.v22i2.9351

CARGNELUTTI, D. *et al.* Soluções tecnológicas emergentes para uma agricultura sustentável: microrganismos eficientes. In: GARCÍA, L.M.H. *Agroecologia: princípios e fundamentos ecológicos aplicados na busca de uma produção sustentável*, Canoas: Mérida Publishers, 2021. p.31-62. doi: 10.4322/mp.978-65-991393-9-0.c2

CHAURASIA, B. *et al.* Diffusible and volatile compounds produced by an antagonistic *Bacillus subtilis* strain cause structural deformations in pathogenic fungi *in vitro*. *Microbiol. Res.*, v.160, n.1, p.75-81, 2005. doi:10.1016/j.micres.2004.09.013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Acomp. safra bras. grãos, v. 7 - Safra 2019/20 - *Décimo segundo levantamento*. Brasília: CONAB, 2020.

CORCINO, C.O. *et al.* Avaliação do efeito do uso de agrotóxicos sobre a saúde de trabalhadores rurais da fruticultura irrigada. *Ciênc. Saúde Coletiva*, v.24, n.8, p.3117-3128, 2019. doi: 10.1590/1413-81232018248.14422017.

DIAS, L.S.; DIAS, A.S. 2007. Metabólitos secundários como fontes de bioherbicidas: situação atual e perspectivas. *Rev. Ciênc. Agrárias*, v.30, p.510-517. doi: 10.19084/rca.15446

DUARTE, I.B. *et al.* Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. *Acta Iguazu*, v.3, n.2, p.150-165, 2000. doi: 10.48075/actaiguaz.v3i2.10625.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scie Horticult.*, v.196, p.3-14, 2015. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.021

FAN, Y.V. *et al.* Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. *J. Environ. Manag.*, v.216, p.41-48, 2018. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.04.019.

FORHAD, M.H. *et al.* Probiotic properties analysis of isolated lactic acid bacteria from buffalo milk. *Arch. Clin. Microbiol.*, v.7, n. 1, p. 1-6, 2015.

GARCIA, L.M.H. *Agroecologia (livro eletrônico): Princípios e fundamentos ecológicos aplicados na busca de uma produção sustentável*. Canoas: Mérida Publishers, 2021. doi: 10.4322/mp.978-65-991393-9-0

GRUBE, A. *et al.* Pesticides industry sales and usage 2006 and 2007 market estimates. Washington: *United States Environmental Protection Agency*, 2011.

HAMED, H.A.; MOUSTAFA, Y.A.; ABDEL-AZIZ, S.M. In vivo efficacy of lactic acid bacteria in biological control against *Fusarium oxysporum* for protection of tomato plant. *Life Sci. J.*, v.8, n.4, p.462-468, 2011.

HUNGARO, A.A. *et al.* Intoxicações por agrotóxicos: registros de um serviço sentinela de assistência toxicológica/ Pesticide poisoning: records of a toxicological assistance sentinel service. *Ciênc. Cuidado Saúde*, v.14, n.3, p.1362-1369, 2015. doi: 10.4025/ciencuidsaude.v14i3.25119

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. *Relatórios de comercialização de agrotóxicos*. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#>>. Acesso em 23 fev. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Ranking - Agricultura - Valor da produção (2020)*. Editora do IBGE: Brasil, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>> Acesso em 22 fev. 2022

ISSA, Y. *et al.* Pesticide use and opportunities of exposure among farmers and their families: cross-sectional studies 1998-2006 from Hebron governorate, occupied Palestinian territory. *Environ. Health*, v.9, p.63, 2010. doi:10.1186/1476-069X-9-63

JARDIM, I.C.S.F.; ANDRADE, J.A.; QUEIROZ, S.C.N. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global - Um enfoque às maçãs. *Quim. Nova*, v.32, n.4, p.996-1012, 2009. doi: 10.1590/S0100-40422009000400031

JOHAN, S.; JESPER, M. Antifungal lactic acid bacteria as biopreservatives. *Trends Food Sci. Technol.*, v.16, p.70-78, 2005. doi: 10.1016/j.tifs.2004.02.014.

KAGEYAMA, A. O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo

- rural aos complexos agroindustriais. In: DELGADO, G.C. *et al.* *Agricultura e políticas públicas*. Brasília: IPEA, 1990. p.113-223.
- KANG, S. M. *et al.* Integrated phytohormone production by the plant growth-promoting rhizobacterium *Bacillus tequilensis* SSB07 induced thermotolerance in soybean. *Journal of Plant Interactions*, v.14, n.1, p. 416-423, 2019. doi: 10.1080/17429145.2019.1640294
- MALAJOVICH, M.A. *Biotecnologia*. Rio de Janeiro, Axcell Books do Brasil. Segunda Edição. 2016. ISBN: 978-85-921077-0-32004.
- MELO, T. G. P. R. *et al.* Empresas rurais: importância da preservação ambiental frente ao desenvolvimento econômico. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 4, e149943007, 2020. doi: 10.33448/rsd-v9i4.3007
- MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.
- MIRANDA, A. C. *et al.* Neoliberalismo, o uso de agrotóxicos e a crise da soberania alimentar no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 12, n. 1, p. 7-14, 2007. doi:10.1590/S1413-81232007000100002.
- PELAEZ, V. M. *et al.* A (des)coordenação de políticas para a indústria de agrotóxicos no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 14, p. 153–178, 2015. doi: 10.20396/rbi.v14i0.8649104.
- PERES, F. Saúde, trabalho e ambiente no meio rural brasileiro. *Ciênc. Saúde Coletiva*, v.14, n.6, p.1995-2004, 2009. doi: 10.1590/S1413-81232009000600007.
- PLUTH, T.B.; ZANINI, L.A.G.; BATTISTI, I.D.E. Pesticide exposure and cancer: an integrative literature review. *Saúde Debate*, v.43, n.122, p. 906-924, 2019. doi: 10.1590/0103-1104201912220.
- PINHO, R.S.C. *et al.* Rizobactérias no controle de *Sclerotinia sclerotiorum*, e efeitos no desenvolvimento vegetativo de plântulas de soja. *Colloq. Agrar.*, v.16, n.4, p.110-120, 2020. doi: 10.5747/ca.2020.v16.n4.a388.
- PRABHURAJESHWAR, C.; CHANDRAKANTH, K. Evaluation of antimicrobial properties and their substances against pathogenic bacteria in-vitro by probiotic Lactobacilli strains isolated from commercial yoghurt. *Clin. Nutr. Experim.*, v.23, p.97-115, 2019. doi: 10.1016/j.yclnex.2018.10.001.
- PUGAS, A.S. *et al.* Efeito dos Microrganismos Eficientes na taxa germinação e no crescimento da Abobrinha (*Curcubita Pepo* L.). *Cad. Agroecol.*, v.8, n.2, p.1-5. 2013.
- REIS, V. *2019 e os 197 novos agrotóxicos no Brasil*. Abrasco. 2019. Disponível em: <<https://www.abrasco.org.br/site/noticias/saude-da-populacao/2018-e-os-197-novos-agrotoxicos-no-brasil/40946/>>. Acesso em 06 jul. 2020.
- REZENDE, C.C. *et al.* Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. *Res., Soc. Develop.*, v.10, n.2, e50810212725, 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12725>
- RICE, P. J.; ANDERSON, T. A.; COATS, J. R. Degradation and persistence of metolachlor in soil: effects of concentration, soil moisture, soil depth and sterilization. *Environ. Toxicol. Chem.*, v.21, n.12, p.2640-2648, 2002. doi:10.1897/1551-5028(2002)021.
- SHAO, H., ZHANG, Y. Non-target effects on soil microbial parameters of the synthetic pesticide carbendazim with the biopesticides cantharidin and norcantharidin. *Scie. Reports*, v.7, p.5521, 2017. doi:10.1038/s41598-017-05923-8
- SOUZA, A. *et al.* Avaliação do impacto da exposição a agrotóxicos sobre a saúde de população rural: Vale do Taquari (RS, Brasil). *Ciênc. Saúde Coletiva*, v.16, n.8, p.3519-3528, 2011. doi: 10.1590/S1413-81232011000900020.
- SOUZA M.N. *Tópicos em recuperação de áreas degradadas*. Canoas: Mérida Publishers; 2021. doi:10.4322/mp.978-65-991393-6-9.
- SOUZA M.N. *Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental*. Balti,: Novas Edições Acadêmicas, 2018.
- STEFFEN, G.P.K.; STEFFEN, R.B.; ANTONIOLLI, Z.I. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. *Tecnológica*, v.15, n.1, p.15-21, 2011.
- VAN DEN BERG, H. *et al.* Global trends in the use of insecticides to control vector-borne diseases. *Environ. Health Perspec.*, v.120, n.4, p.577-582. 2012. doi: 10.1289/ehp.1104340
- VIEIRA JUNIOR, J.R. *et al.* *Rizobactérias como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas*. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2013.