



Um mapeamento das pesquisas sobre microrganismos eficientes na agricultura

A mapping of research on effective microorganisms in agriculture

DOI: 10.55905/oelv21n11-081

Recebimento dos originais: 05/10/2023

Aceitação para publicação: 06/11/2023

Petrucio de Souza Mareco

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ambientes Litorâneos e Insulares (PALI)

Instituição: Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR) - campus Paranaguá

Endereço: Rua Comendador Correa Junior, 117, Centro Paranaguá – PR,

CEP: 83203-560

E-mail: petrucio.mareco@gmail.com

Fabíola Nascimento Peniche

Graduada em Ciências Biológicas

Instituição: Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR) - campus Paranaguá

Endereço: Rua Comendador Correa Junior, 117, Centro Paranaguá – PR,

CEP: 83203-560

E-mail: fapeniche@gmail.com

Julia Matheus

Graduanda em Ciências Biológicas

Instituição: Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR) - campus Paranaguá

Endereço: Rua Comendador Correa Junior, 117, Centro Paranaguá – PR,

CEP: 83203-560

E-mail: juliamatheus2@gmail.com

Sandro Deretti

Doutor em Administração pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

Instituição: Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR) - campus Paranaguá

Endereço: Rua Comendador Correa Junior, 117, Centro Paranaguá – PR,

CEP: 83203-560

E-mail: sandro.deretti@unespar.edu.br

Luís Fernando Roveda

Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR) - campus Paranaguá

Endereço: Rua Comendador Correa Junior, 117, Centro Paranaguá – PR,

CEP: 83203-560

E-mail: lfernando.roveda@unespar.edu.br

Josiane Aparecida Gomes-Figueiredo

Doutora em Genética pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Instituição: Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR) - campus Paranaguá
Endereço: Rua Comendador Correa Junior, 117, Centro Paranaguá – PR,
CEP: 83203-560
E-mail: josiane.figueiredo@unespar.edu.br

RESUMO

Os Microrganismos Eficientes (ME) são uma mistura de microrganismos benéficos, inicialmente desenvolvida pelo professor Teruo Higa. Embora os ME sejam produzidos comercialmente, pequenos agricultores familiares têm utilizado um método caseiro de captura adaptado às condições locais para produzir biofertilizante de baixo custo. O objetivo deste estudo foi realizar um mapeamento, no período de 2012 a 2021, sintetizando as informações científicas relacionadas ao uso de ME na agricultura. Buscou-se por artigos revisados por pares nas bases de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Scielo, Redalyc e Latindex. Após a seleção e exclusão de estudos, 22 artigos foram analisados. A análise de dados foi realizada com o auxílio do software IRAMUTEQ. Os estudos selecionados envolvem nove países diferentes, sendo a Polônia e Cuba os que mais contribuíram com pesquisas. O ano de 2020 destacou-se com o maior número de publicações, indicando um crescente interesse na pesquisa sobre ME na agricultura. A análise de conteúdo e nuvem de palavras destaca palavras-chave como "solo", "planta", "aplicação", "efeito" e "tratamento", indicando que os estudos se concentram na relação entre o solo, o crescimento das plantas e a aplicação de ME. As pesquisas exploram diversas aplicações dos ME, incluindo o aumento do crescimento das plantas, proteção contra doenças transmitidas pelo solo, melhoria da qualidade do solo e tolerância das plantas a condições adversas. Alguns estudos investigam ME comerciais, enquanto outros consideram ME caseiros, demonstrando flexibilidade na obtenção desses microrganismos. Os estudos concentram-se em práticas agroecológicas, melhorias na produtividade agrícola, qualidade nutricional e resistência das plantas. O estudo fornece uma visão abrangente sobre a pesquisa relacionada aos ME na agricultura, destacando o crescente interesse na área e os benefícios desses microrganismos para o crescimento e a qualidade das plantas, bem como para práticas agrícolas sustentáveis.

Palavras-chave: agricultura familiar, agricultura sustentável, biofertilizante.

ABSTRACT

Effective Microorganisms (EM) are a blend of beneficial microorganisms initially developed by Professor Teruo Higa. While EM is commercially produced, small family farmers have adapted homemade capture methods to produce low-cost biofertilizers tailored to local conditions. This study aimed to map and synthesize scientific information related to the use of EM in agriculture from 2012 to 2021. Peer-reviewed articles were sought in databases such as the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), Scielo, Redalyc, and Latindex. After the selection and exclusion of studies, 22 articles were analyzed using the IRAMUTEQ software. The selected studies

encompassed nine different countries, with Poland and Cuba contributing the most research. The year 2020 stood out with the highest number of publications, indicating a growing interest in EM research in agriculture. Content analysis and word clouds highlighted keywords such as "soil," "plant," "application," "effect," and "treatment," signifying a focus on the relationship between soil, plant growth, and EM application. The research explores various EM applications, including increased plant growth, protection against soil-borne diseases, soil quality improvement, and plant tolerance to adverse conditions. Some studies investigate commercial EM, while others consider homemade EM, demonstrating flexibility in obtaining these microorganisms. The studies center on agroecological practices, agricultural productivity improvements, nutritional quality, and plant resistance. This study provides a comprehensive overview of EM-related research in agriculture, emphasizing the growing interest in the field and the benefits of these microorganisms for plant growth, quality, and sustainable agricultural practices.

Keywords: agroecology, sustainable farming, biofertilizers.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia conhecida como Microrganismos Eficientes (ME) (do inglês *Efficient Microorganism*) foi desenvolvida pelo professor Teruo Higa e consiste em uma mistura de microrganismos benéficos, incluindo até 80 espécies, mutuamente compatíveis e coexistentes em uma cultura líquida (HIGA e PARR, 1994).

Os principais grupos de microrganismos incluem bactérias lácticas (*Lactobacillus plantarum*, *L. casei* e *Streptococcus lactis*), bactérias fotossintéticas (*Rhodospseudomonas palustris* e *Rhodobacter spaeroides*), leveduras (*Saccharomyces cerevisiae* e *Candida utilis*), actinomicetos (*Streptomyces albus*, *S. griseus*) e fungos fermentadores (*Aspergillus oryzae*, *Penicillium sp.* e *Mucor hiemalis*) (MAYER *et al.*, 2010).

Embora os ME sejam produzidos comercialmente, o método caseiro de captura é reconhecido por pequenos agricultores familiares e adaptado às condições locais, sendo acessível pelo baixo custo e pelas facilidades de sua produção (BONFIM *et al.*, 2011). Assim como o produto comercial, os ME caseiros são formados por uma mistura de microrganismos e seus metabólitos, isolados de solos férteis e vegetados, que coexistem em meio líquido fermentativo enriquecido com alguma fonte de açúcar (CAMACHO *et al.* 2020).

O uso de ME visa aprimorar a sustentabilidade da agricultura, sendo amplamente difundido tanto para a melhoria da qualidade do solo como na busca por sistemas agrícolas sustentáveis visando a redução do uso de fertilizantes químicos, pesticidas e insumos derivados de combustíveis fósseis (HIGA e PARR, 1994; HURTADO *et al.*, 2018; WILLER *et al.*, 2022).

Os ME quando adicionados ao solo funcionam como indutores da decomposição da matéria orgânica e liberação de nutrientes às plantas, devido ao aumento na atividade dos microrganismos, contribuindo para modificar a estrutura e qualidade dos solos, favorecendo o equilíbrio microbiano em agro ecossistemas (GONZÁLEZ *et al.*, 2020). A aplicação da solução de ME no solo é indicado após a germinação ou em culturas já estabelecidas (HURTADO *et al.*, 2020).

A eficácia é alcançada quando são oferecidas condições ideais nos parâmetros físico-químicos para o metabolismo dos microrganismos, tais como a disponibilidade de água, oxigênio, pH, temperatura e disponibilidade de fontes de energia, liberados dos exsudatos das plantas ou da matéria orgânica do solo (LARA-CAPISTRÁN *et al.*, 2019).

Os ME são comercializados com os nomes de EM-1, EM-5, EM-bokashi e extrato vegetal fermentado EM. O EM1 é usado como material básico para preparar EM ativado (EM-A) por fermentação em água juntamente com melaço. O EM-bokashi é um produto de fermentação anaeróbica de subprodutos agrícolas sólidos e EM (HIGA e PARR, 1994). O Bokashi é o meio de crescimento para os microrganismos e fornece um microambiente adequado para EM no solo (EMRO, 2022).

Os produtos comerciais de ME foram testados quanto aos seus efeitos no rendimento de culturas e proteção de plantas com efeitos positivos no cultivo de tomate (MANRESA *et al.*, 2019), brócolis (PERALTA-ANTONIO *et al.*, 2019), arroz (HURTADO *et al.*, 2020), banana (GALECIO-JULCA *et al.*, 2020).

A difusão do uso do ME torna-se ainda mais importante quando consideramos que a demanda por alimentos provenientes de cultivos livres de agrotóxicos tem crescido no Brasil, aliada a uma conscientização sobre a alimentação saudável e socialmente justa.

Neste contexto, o objetivo específico deste estudo foi realizar um mapeamento das pesquisas, com recorte temporal entre os anos de 2012 a 2021, sintetizando as

informações científicas relacionadas com o uso de EM e/ou ME na agricultura, utilizando o software IRAMUTEQ (*Interface de R pour les Analysis Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires*) para apoiar o processamento de dados e análise estatística por meio decodificação e compartimentalização da literatura, levando à representação gráfica de informações essenciais contidas no texto.

2 METODOLOGIA

2.1 ESTRATÉGIA DE BUSCA

A estratégia de busca iniciou com a pesquisa de artigos revisados aos pares na base Portal de Periódicos Capes com busca avançada na qual foram inseridas as palavras chaves em português e em inglês: microrganismos eficientes e microrganismos eficazes, sempre combinadas aos pares, incluindo “agricultura” no assunto, com recorte temporal entre os anos de 2012 a 2021. Embora o Portal de Periódicos Capes contemple uma grande base de dados, também foi realizada uma busca direta em bases de dados espiralizados de reconhecimento regional Scielo, Redalyc, Latindex.

2.2 CRITÉRIO DE SELEÇÃO E EXCLUSÃO DE ESTUDOS

A seleção de artigos a serem considerados no estudo teve como base a leitura do título e do resumo dos trabalhos que surgiram a partir das strings inseridas nos mecanismos de busca das plataformas de periódicos. Foram excluídos da amostra diversos materiais, tais como artigos de revisão, dissertações e teses, capítulos de teses, livros, capítulos de livros, anais de congresso ou conferências e relatórios técnicos e artigos que contemplassem ME relacionando a utilização em animais.

2.3 SÍNTESE E COMPARAÇÃO DOS ESTUDOS

Após a fase de seleção e exclusão de artigos, 49 artigos permaneceram aptos para leitura. Estes artigos foram lidos para que se confirmasse a pertinência e adequação de seu conteúdo aos propósitos deste mapeamento. Para o mapeamento das produções científicas, utilizou-se uma ficha documental constituída das variáveis: país onde o estudo foi desenvolvido, ano de publicação e tipo de estudo.

2.4 SOFTWARE IRAMUTEQ (INTERFACE DE R POUR LES ANALYSIS MULTIDIMENSIONNELLES DE TEXTES ET DE QUESTIONNAIRES)

Os dados analisados por meio do software IRAMUTEQ (<http://www.iramuteq.org/>) auxiliam o processamento de dados e análise estatística por meio de codificação e compartimentalização da literatura, levando à representação gráfica de informações essenciais contidas no texto (BAILLAT, EMPRIN E RAMEL, FRÉDÉRIC, 2017).

O software cria um dicionário de palavras por meio de testes Qui-quadrado, revelando a força associativa entre palavras e sua respectiva classe. A força associativa é considerada significativa quando o teste é maior que 3,84, representando $p < 0,0001$ (CAMARGO e JUSTO, 2012).

Nesta pesquisa, as análises de estudos realizados com ME nos últimos dez anos (2012-2021) foi realizado em três etapas: a definição do *corpus* textual, estabelecido pela compilação dos resumos dos artigos considerados; o estabelecimento das Unidades de Contexto Inicial (UTI) e a criação das Unidades de Contexto Elementares (ECU) (ou seja, fragmentos de texto que são dimensionados pelo software de acordo com o tamanho do *corpus* textual e que são obtidos nas UTIs). As unidades foram definidas considerando a categoria de documento (artigos científicos) e de acordo com o escopo de cada estudo.

Em seguida, uma Classificação Hierárquica Descendente (DHC) foi aplicada, compilando os dados em um dendrograma que ilustra as semelhanças e diferenças entre as classes de palavras. Uma análise de semelhança para detectar co-ocorrências e conexões entre as palavras e uma nuvem de palavras para simplificar a distribuição de vocabulário por meio de representações gráficas baseadas no agrupamento de palavras com o maior número de repetições também foi utilizado (CAMARGO e JUSTO 2013).

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISE DOS ARTIGOS RELACIONADOS AOS ME ENTRE 2012 A 2021

Dos 49 artigos lidos foram selecionados 22 trabalhos que atendem totalmente os critérios para o mapeamento do campo de conhecimento dos MEs usados na agricultura. Estes artigos estão listados no Quadro 1, a seguir:



Quadro 1 - Artigos selecionados e analisados nesta revisão

N	Título	País	Periódico	Ano	Referência
1	Long-term effective microorganisms application promote growth and increase yields and nutrition of wheat in China	China	European Journal of Agronomy	2013	HU; QI, 2013
2	Effect of nutrient solution, effective microorganisms (EM-A), and assimilation illumination of plants on the induction of the growth of lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.) in hydroponic cultivation	Polônia	Acta Agrobotanica	2013	KLEIBER <i>et al.</i> , 2013
3	Evaluation of germination capacity and selected biometric parameters (length and dry weight of roots and coleoptile) of sunflower seeds (<i>Helianthus annuus</i>) after application of preparations containing effective microorganisms (EM)	Polônia	Journal of Central European Agriculture	2015	SEKUTOWSKI <i>et al.</i> , 2015
4	Variability of effective microorganisms (EM) in bokashi and soil and effects on soil-borne plant pathogens	Bélgica	Crop Protection	2017	SHIN <i>et al.</i> , 2017
5	Efficient microorganism compost benefits plant growth and improves soil health in calendula and marigold	Índia	Horticultural Plant Journal	2017	SHARMA <i>et al.</i> , 2017
6	The influence of plant protection by effective microorganisms on the content of bioactive phytochemicals in apples	Polônia	Journal of the Science of Food and Agriculture	2017	KUSZNIEREWICZ <i>et al.</i> , 2017
7	Compost, bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis	Brasil	IDESIA	2019	PERALTA-ANTONIO <i>et al.</i> , 2019
8	Agroecological production of quinoa native ecotypes of colors (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) with effective microorganisms	Peru	Revista de Investigaciones Altoandinas	2019	ITURREGUI <i>et al.</i> , 2019
9	Effective microorganisms: An innovative tool for inducing common bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) salt-tolerance by regulating photosynthetic rate and endogenous phytohormones production	Egito	Scientia Horticulturae	2019	TALAAT, 2019
10	Evaluation of efficient microorganisms in the tomato seedling production (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	Cuba	Revista de Ciencias Agrícolas	2019	CALERO <i>et al.</i> , 2019



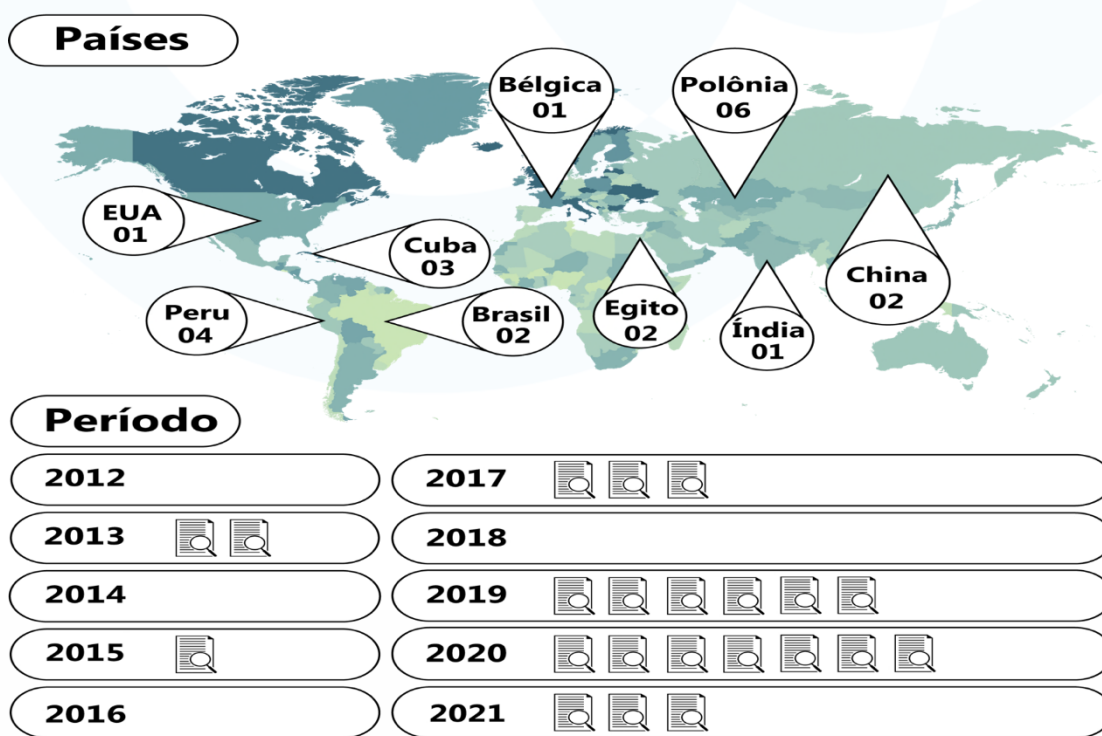
11	Effect between efficient microorganism and fitomas-e on agro-productive increase of common beans	Cuba	Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial	2019	CALERO-HURTADO <i>et al.</i> , 2019
12	Use of bocashi and effective microorganisms as an ecological alternative in strawberry crops in arid zones	Peru	Scientia Agropecuaria	2019	SARMIENTO <i>et al.</i> , 2019
13	The influence of red light (RL) and effective microorganism (EM) application on soil properties, yield, and quality in wheat cultivation	Polônia	Agronomy	2020	SZYMANEK <i>et al.</i> , 2020
14	Impact of inoculation with local effective microorganisms on soil nitrogen cycling and legume productivity using composted broiler litter	EUA	Applied Soil Ecology	2020	NEY <i>et al.</i> , 2020
15	Effects of integrated use of residual sulfur-enhanced biochar with effective microorganisms on soil properties, plant growth and short-term productivity of <i>Capsicum annuum</i> under salt stress	Egito	Scientia Horticulturae	2020	ABD EL-MAGEED <i>et al.</i> , 2020
16	Effective microorganisms: Microbial diversity and its effect on the growth of palisade grass	Brasil	Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales	2020	SANTOS <i>et al.</i> , 2020
17	Management planting densities and application of efficient microorganisms that increase rice productivity	Cuba	IDESIA	2020	HURTADO <i>et al.</i> , 2020
18	Fertilizing with native efficient microorganisms has a positive effect on the phenology, biomass and production of tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill)	Peru	Scientia Agropecuaria	2020	CAMACHO <i>et al.</i> , 2020
19	Effect of organic sources and efficient microorganisms on the yield of the organic banana crop (<i>Musa spp. L.</i>)	Peru	Manglar	2020	GALECIO-JULCA <i>et al.</i> , 2020
20	Effects of exogenous germanium and effective microorganisms on germanium accumulation and nutritional qualities of garlic (<i>Allium sativum</i> L.)	China	Scientia Horticulturae	2021	LI <i>et al.</i> , 2021
21	Effect of Amino Acids and Effective Microorganisms on Meadow Silage Chemical Composition	Polônia	Agronomy (Basel)	2021	RADKOWSKI <i>et al.</i> , 2021

22	The effects of various doses and types of effective microorganism applications on microbial and enzyme activity of medium and the photosynthetic activity of scarlet sage	Polônia	Agronomy (Basel)	2021	BOROWIAK <i>et al.</i> , 2021
----	---	---------	------------------	------	-------------------------------

Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 1 ilustra os resultados em relação aos países e aos anos da publicação dos artigos. Em relação a variável país onde o estudo foi desenvolvido foram encontrados 09 países: Polônia (6), Cuba (3), Peru (4), China (2), Brasil (2), Egito (2), Bélgica (1), Índia (1), Estados Unidos (1). No que concerne ao ano de publicação, no decurso do período temporal sob análise, constata-se que somente em seis deles foram veiculados artigos, a saber: em 2013 (dois), 2015 (um), 2017 (três), 2019 (seis), 2020 (sete) e, por último, em 2021 (três). Destaca-se, de modo proeminente, o ano de 2020, que figurou com o maior número de publicações registradas.

Figura 1: Resultados em relação aos países e anos de publicação dos artigos utilizando ME entre 2012 e 2021.

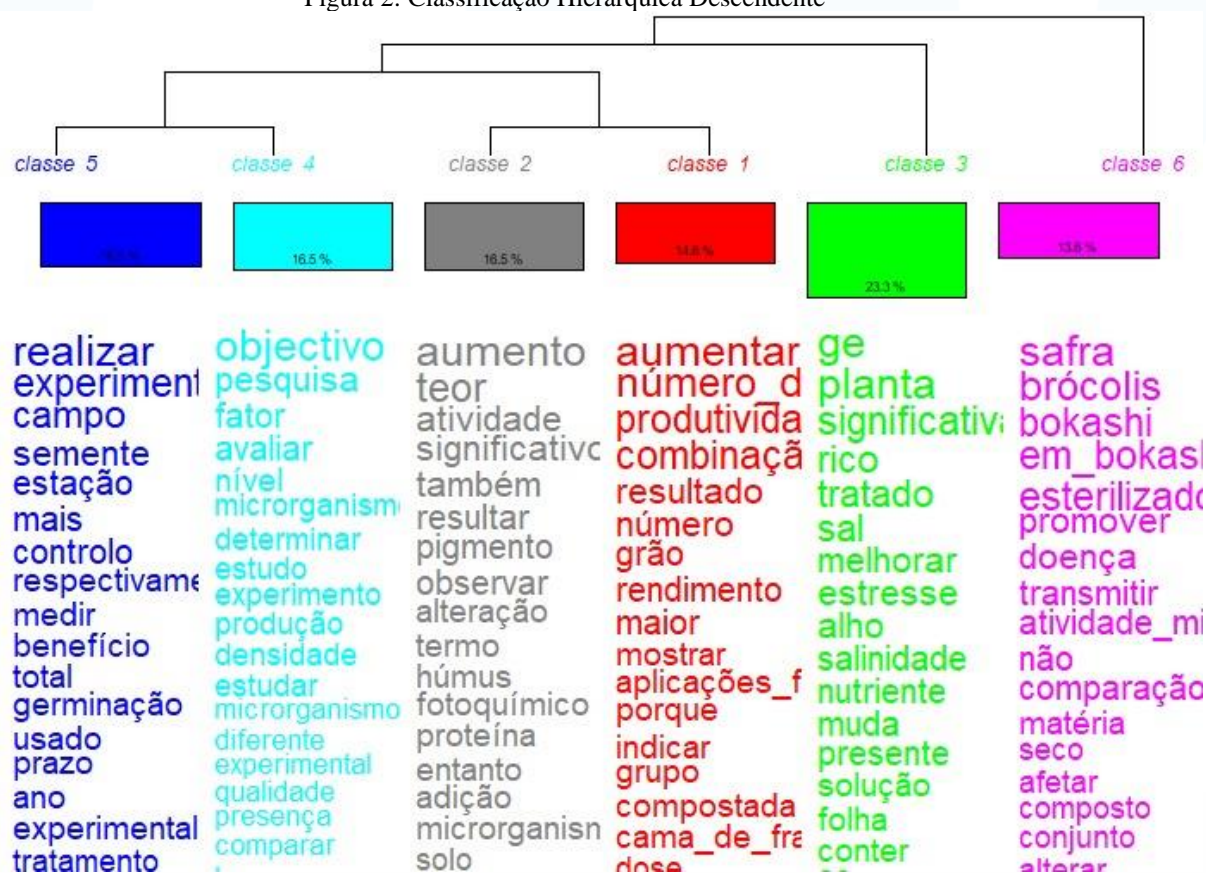


Fonte: Elaborado pelos autores.

As informações obtidas a partir do software IRAMUTEQ fornecem *insights* sobre as principais palavras e temas que surgem nos textos, úteis para identificar tendências e padrões nos estudos científicos. Ao inserir o *corpus* textual, utilizando as configurações padrão do IRAMUTEQ, o software tratou os dados, no tempo de 0h 0m 10s, apresentando as seguintes inferências: 22 textos (número de resumos analisados); 124 Segmentos de Textos (ST), um total de 4364 ocorrências (total de palavras apresentadas no *corpus*); 1041 formas (palavras sem contar repetição) e 578 hapax (que aparecem somente uma vez no texto) representando 55,52% das formas e 13,24% das ocorrências.

O *corpus* textual foi processado por meio da Classificação Hierárquica Descendente (CHD) do IRAMUTEQ, que forma um esquema hierárquico de classes dos vocabulários presentes no *corpus* (Figura 2).

Figura 2: Classificação Hierárquica Descendente

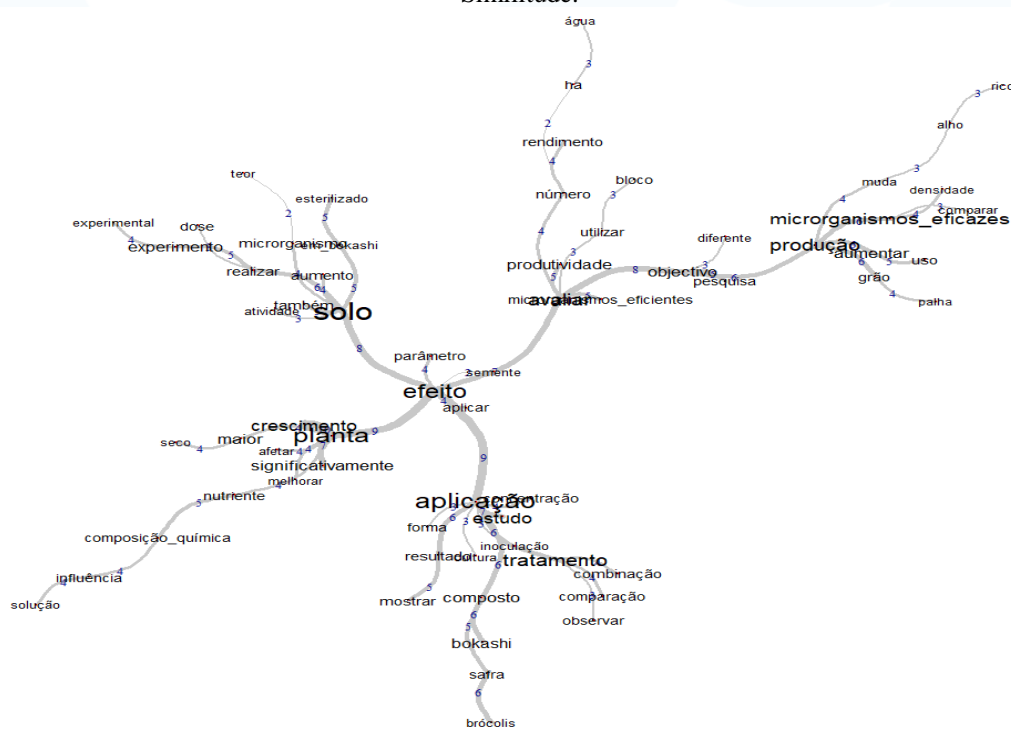


Fonte: Elaborado pelo software IRAMUTEQ

O corpus da CHD foi analisado e composto por 124 segmentos de texto com 4364 ocorrências e 1243 formas. Além disso, foram identificados 1041 lemas. a quantidade de Segmentos de Texto classificados (103 ST, representando 83,06% de um total de 124 ST), isto é, os ST que foram aproveitados para a CHD, e que seguiram em análise. A CHD criou 6 classes a partir da análise dos resumos, com duas delas representando 16,5% do *corpus* cada uma, denominadas Classes 4 e 2. A Classe 6 foi considerada mais dispersa, pois tinha apenas 13,6% dos segmentos de texto em relação ao total da CHD, enquanto a Classe 3 foi a mais coesa, com segmentos mais interligados. Essas classes ajudaram a organizar os textos com base em suas similaridades temáticas.

A análise de similitude do *corpus* (Figura 3) revela que as palavras "solo" (59 ocorrências), "planta" (39 ocorrências), "aplicação" (36 ocorrências), "efeito" (29 ocorrências) e "tratamento" (26 ocorrências) se destacam. Isso sugere que esses termos desempenham um papel central nas discussões e pesquisas sobre o tema, o que está alinhado com os agrupamentos identificados na CHD, como mostrado na Figura 2.

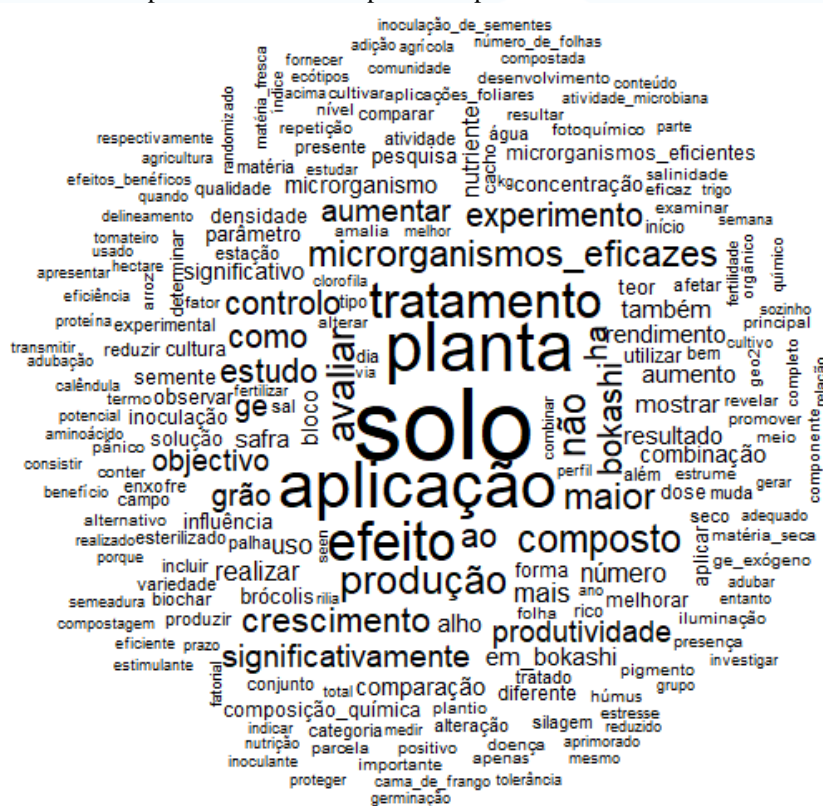
Figura 3 - Conectividade das palavras mais recorrentes na literatura analisada com base na Análise de Similitude.



Fonte: Elaborado pelo software IRAMUTEQ

A nuvem de palavras (Figura 4) é uma representação visual das palavras mais recorrentes no *corpus*. As palavras maiores e mais proeminentes na nuvem de palavras são aquelas que aparecem com mais frequência nos textos. Neste caso, as palavras-chave estão relacionadas aos temas predominantes na pesquisa sobre ME na agricultura.

Figura 4 – Nuvem de palavras formadas a partir das palavras mais recorrentes nos artigos.



Fonte: Elaborado pelo software IRAMUTEQ

O destaque para a palavra "solo" (Figura 03 e 04) sugere que os estudos estão fortemente relacionados a questões de qualidade do solo e seu papel no crescimento das plantas. Shin *et al.* (2019) exploram o uso de ME na proteção de cultivos agrícolas contra doenças transmitidas pelo solo, com foco em *Pythium ultimum* e *Rhizoctonia solani* em pepino, utilizando solos de jardim, tratados com ME e com bokashi, isoladamente e combinados. Após três semanas de avaliação foi verificado o tombamento na incidência das doenças nos vasos tratados com a combinação de ME e bokashi.

Cheng Hu *et al.* (2013) destacaram os efeitos da aplicação do composto natural (palha, esterco de gado, palha prensada de algodão e farelo) acrescidos com ME no crescimento do trigo. Foi verificada mudanças nos parâmetros como densidade e pH do solo. Segundo os autores, tais correlações aumentaram significativamente a altura e biomassa das plantas de trigo durante todas as fases de plântula e união. Iturregui *et al.* (2019) mencionaram um aumento na produtividade (kg/ha) de ecotipos de quinoa utilizando três aplicações em proporções diferentes combinadas a práticas agroecológicas. Foi observado diferenças no rendimento de acordo com o ecotipo estudado, com médias que variaram entre 2.394,67 kg/ha e 1.784,83 kg/ha.

Sharma *et al.* (2017) trataram plantas de Calêndula com ME combinados com meia dose e dose total de fertilizantes químicos indicados para a cultura. A aplicação do composto ME melhorou o teor de húmus, carbono orgânico e o nitrogênio disponível no solo. Atividades de enzimáticas do solo, como por exemplo, atividade de desidrogenase, β -glicosidase e fosfatase ácida foi potencializada com o aumento da taxa de aplicação de compostos ME juntamente com meia dose de fertilizante químico. O estudo revela que ME podem servir como “suplementos nutricionais” para os solos, podendo levar a redução da utilização de fertilizantes químicos.

No Egito, Abd El-Mageed *et al.* (2020), após manejarem o solo com biocarvão de enxofre elementar e biocarvão de madeira cítrica, avaliaram os resultados da aplicação de ME efeitos do uso integrado nas propriedades do solo, crescimento das plantas e produtividade a curto prazo de *Capsicum annuum* sob estresse salino (pimenta). Os autores destacam que com a aplicação dos ME, houve um aumento significativo em parâmetros como número de folhas, área foliar, volume da raiz e massa seca da parte aérea. Atributos físico-bioquímicos da pimenta (ou seja, teor relativo de água, índice de estabilidade da membrana, clorofila, desempenho índice de fotossistema, concentrações de micronutrientes como Fe, Mn, Zn e Cu e macronutrientes como N, P, K⁺ e Ca²⁺ de aumentaram de acordo com as concentrações aplicadas.

Na figura 03, nota-se o alto número de ocorrências das palavras "aplicação" e "efeito", assim como na figura 04, indicando que a pesquisa se concentra em como a

aplicação de microrganismos afeta o desempenho das plantas, com uma ênfase especial nos tratamentos combinados para avaliar sua eficácia.

Alguns trabalhos utilizaram o produto comercial em tratamentos combinados, EmPharma (EMP) e EmPharma Plus (EMPP). No experimento realizado por Sekutowski *et al.* (2015), foi observada uma influência significativa após a aplicação dos preparados EMP e EMPP na dinâmica de germinação de sementes de girassol (*Helianthus annuus*), em comparação com o controle e um dos preparados de referência, o ácido giberélico (GA 3).

KUSZNIEREWICZ *et al.*, 2017 destacam que a aplicação EMPP para a proteção de pomares pode aumentar o teor de polifenóis, bem como a atividade antioxidante das maçãs. Esses resultados podem ser explicados pelo impacto dos microrganismos ou de seus metabólitos, ou de ambos, na regulação das vias gênicas envolvidas na biossíntese de metabólitos secundários, como a via fenilpropanoide e a via flavonóide (um ramo da via fenilpropanoide). Tais resultados indicam que a vantagem do uso da tecnologia de ME na agricultura pode não se limitar à redução do consumo de fertilizantes químicos e pesticidas sintéticos, mas também, pelo menos no caso das maçãs, pode levar à produção de culturas com melhor qualidade nutricional devido ao maior teor de fitoquímicos bioativos.

Ainda a partir da figura 3, sugere-se que o tópico de estudo está relacionado à agricultura e ao uso de microrganismos para melhorar o crescimento e o rendimento das plantas, com foco nas interações entre solo, aplicação e efeitos desses microrganismos.

Alguns estudos investigam o papel benéfico da comunidade microbiana na promoção do crescimento das plantas, incluindo a mobilização e transporte de nutrientes, fixação de nitrogênio, aumento da área de absorção das raízes, produção de fitohormônios e compostos que estimulam o desenvolvimento vegetal (TALAAT, 2019); no desempenho de parâmetros morfológicos de cultivares de interesse econômico, como: biomassa, altura e número de folhas de mudas de feijão (CALERO-HURTADO *et al.*, 2019), mudas de tomate (HURTADO *et al.*, 2019), peso e número de frutos de morango (SARMIENTO *et al.*, 2019); na promoção da tolerância das plantas à alta salinidade e à seca (SANTOS *et al.*, 2020; LI *et al.*, 2021).



Algumas pesquisas exploram o uso de ME em práticas agroecológicas, com ênfase na produção de quinoa (ITURREGUI *et al.*, 2019) e banana orgânica (GALECIO-JULCA *et al.*, 2020).

Tomasz Kleiber *et al.* (2013) avaliaram os efeitos da aplicação de ME combinados com iluminação controlada em cultivos hidropônicos, com foco na alface (*Lactuca sativa* L.). O estudo relata um efeito positivo no desenvolvimento das plantas, destacando também a influência significativa da composição da solução nutritiva combinada com ME nos parâmetros biológicos. O aumento da concentração de nutrientes influenciou positivamente o número total de folhas, área superficial da folha maior, peso fresco total e peso seco total.

As pesquisas de Borowiak *et al.* (2021) investigam os efeitos fisiológicos, parâmetros de troca gasosa, parâmetros morfológicos e teor de clorofila de plantas quando expostas à aplicação de ME em sálvia escarlate utilizado diferentes diluições, aplicadas nas folhas ou diretamente em turfa. Os resultados revelaram que a aplicação de ME causou um aumento na taxa fotossintética líquida em quase todas as combinações. Adaptações para uso dos ME vêm sendo desenvolvidas em diversos países com o objetivo de maximizar os resultados de práticas de manejo utilizadas na agricultura.

Estudos também relatam a produção e aplicação de ME obtidos de forma caseira e seu impacto no crescimento e produtividade de plantas, com exemplos em leguminosas, tomate e brócolis. Ney *et al.* (2020) relataram o impacto de ME e cama de frango combinados na ciclagem de nitrogênio e produtividade de leguminosas. Depois da oitava semana de inoculação foi encontrado maiores teores de nitrato nas parcelas tratadas com ME frente as parcelas controle. Ao mesmo tempo, os autores não encontraram diferenças significativas dos níveis de nodulação apresentados pelas leguminosas.

Para determinar os efeitos de ME produzidos de forma caseira, Camacho *et al.* (2020) aplicaram níveis de dosagens diferentes em intervalos de 7, 14 e 21 dias em mudas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Os autores relataram o aumento no número de flores de acordo com a frequência e a dose aplicada.

Antônio-Peralta *et al.* (2019), após produzirem ME capturados de mata nativa, utilizando arroz cozido armazenado em colmos de bambu, avaliaram os resultados da

inoculação do ME combinados com material de compostagem e bokashi durante a primeira e a segunda safra de brócolis. Na primeira safra os autores não identificaram diferenças entre os tratamentos. Já na segunda safra, os autores identificaram aumento da matéria fresca da folha e matéria fresca total das plantas de brócolis.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho oferece várias considerações relacionado ao uso de ME na agricultura, com base em análises e resultados obtidos a partir de estudos científicos.

Os estudos examinados abrangem um conjunto diversificado de países, com nove nações envolvidas, e variam em termos de anos de publicação. Isso demonstra que a pesquisa sobre ME na agricultura é uma área internacionalmente relevante, com um histórico de desenvolvimento ao longo dos anos. Dos 22 trabalhos encontrados a partir do *script* de busca, 09 foram desenvolvidos em países da América Latina, com destaque para os trabalhos realizados em Cuba, que utilizaram a técnica de captura caseira.

O ano de 2020 se destacou como o período com o maior número de publicações, indicando um interesse crescente na pesquisa com ME que pode ser atribuído à crescente conscientização sobre a importância desses microrganismos na agricultura.

A análise de similitude do conteúdo e a nuvem de palavras destacam termos-chave como "solo", "planta", "aplicação", "efeito" e "tratamento" sugerindo que os estudos estão fortemente relacionados a questões que envolvem o solo, seu papel no crescimento das plantas e como a aplicação de ME afeta esses fatores.

Os estudos abordam uma variedade de aplicações de ME na agricultura, incluindo a promoção do crescimento de plantas, a proteção contra doenças transmitidas pelo solo, a melhoria da qualidade do solo e a promoção da tolerância das plantas a condições adversas, como alta salinidade e seca.

Alguns estudos exploram o uso de ME na forma comercial (EmPharma e EmPharma Plus), enquanto outros investigam ME produzidos de forma caseira. Isso sugere uma flexibilidade nas fontes e métodos de obtenção desses microrganismos.

Algumas pesquisas se concentram no uso de ME em práticas agroecológicas, como a produção de quinoa e banana orgânica. Isso reflete o interesse em abordagens



sustentáveis na agricultura. Por tratar-se de uma técnica de baixo custo, que pode ser produzida na própria propriedade, é utilizada principalmente por agricultores de baixa renda.

Os estudos empregam uma variedade de métodos e técnicas para avaliar os efeitos dos ME nas plantas, incluindo análises fisiológicas, morfológicas e bioquímicas destacando resultados positivos na produtividade das culturas, como aumento na biomassa, produção de frutos e qualidade nutricional, como o teor de polifenóis e atividade antioxidante das maçãs. Justificando o desenvolvimento de alternativas sustentáveis que auxiliem os agricultores a produzirem alimentos são essenciais, não apenas para garantir a soberania alimentar da população, mas também para a manutenção da saúde do meio ambiente.

Essas considerações demonstram o amplo espectro de tópicos e resultados associados à pesquisa sobre ME na agricultura e ressaltam a importância contínua desse campo para a produção agrícola sustentável e a promoção do crescimento das plantas.

REFERÊNCIAS

ABD EL-MAGEED, T. A.; RADY, M. M.; TAHA, R. S.; ABD EL AZEAM, S.; SIMPSON, C. R.; SEMIDA, W. M. Effects of integrated use of residual sulfur-enhanced biochar with effective microorganisms on soil properties, plant growth, and short-term productivity of *Capsicum annuum* under salt stress. Netherlands, v. 261, 2020.

BOROWIAK, K.; WOLNA-MARUWKA, A.; NIEWIADOMSKA, A.; BUDKA, A.; SCHROETER-ZAKRZEWSKA, A.; STASIK, R. The effects of various doses and types of effective microorganism applications on microbial and enzyme activity of medium and the photosynthetic activity of scarlet sage. Agronomy (Basel), Switzerland, v. 11, n. 3, p. 603, 2021.

CALERO, A.; QUINTERO, E.; PÉREZ, Y.; OLIVERA, D.; PEÑA, K., CASTRO, I., JIMÉNEZ, J. Evaluation of efficient microorganisms in the tomato seedling production (*Solanum lycopersicum L.*). Revista de Ciencias Agrícolas, v. 36, n. 1, p. 67-78, 2019.

CALERO-HURTADO, A.; QUINTERO-RODRÍGUEZ, E.; PÉREZ-DÍAZ, Y.; OLIVERA-VICIEDO, D.; PEÑA-CALZADA, K.; JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, J. Effect between efficient microorganism and fitomas-e on agroproductive increase of common beans. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, v. 17, n. 1, p. 25-33, 2019.

CAMACHO, J. A.; PINEDA, D. C. R. ; DÍAZ, F. Y.; LLACZA, S. M. M.; MOLINA, M. A. B. Fertilizing with native efficient microorganisms has a positive effect on the phenology, biomass and production of tomato (*Lycopersicon esculentum Mill*). Scientia Agropecuaria, v. 11, n. 1, p. 67-73, 2020.

EM Research Organization. EMRO, Japan. EM Products. Okinawa, 2022. Disponível em: Acesso em: 31 de outubro de 2022.

GALECIO-JULCA, M.; LEÓN-HUAMÁN, K. L.; AGUILAR-ANCCOTA, R. Efeito de fontes orgânicas e microrganismos eficientes na produtividade da bananeira orgânica (*Musa spp. L.*). Manglar, v. 17, n. 4, p. 301-306, 2020.

GONZÁLEZ, L. R.; RAMOS, P. J.; HERNÁNDEZ, Y. P.; ESPINOSA, I. P.; SÁNCHEZ, L. A. Efecto de dos bioproductos sobre algunos indicadores del crecimiento y productividad de *Raphanus sativus*. Centro Agrícola, Santa Clara/Cuba, v. 47, n. 1, p. 28-37, 2020.

HIGA, T.; PARR, J. F. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International Nature Farming Research Center, Atami, v. 1, p. 1-16, 1994.

HU, C.; QI, Y. Long-term effective microorganisms application promotes growth and increases yields and nutrition of wheat in China. *European Journal of Agronomy*, Netherlands, v. 46, p. 63-67, 2013. DOI: 10.1016/j.eja.2012.12.007

HURTADO, A. C.; VICIEDO, D. O.; DÍAZ, Y. P.; HURTADO, Y. G. P.; SIMÓN, L. A. Y.; CALZADA, K. P. Manejo de diferentes densidades de plantación y aplicación de microorganismos eficientes que incrementan la productividad del arroz. *IDESIA*, Chile, v. 38, n. 2, p. 109-117, 2020.

ITURREGUI, L. A. P.; CANAZA-CAYO, A. W. Agroecological production of quinoa native ecotypes of colors (*Chenopodium quinoa* Willd.) with effective microorganisms. *Journal of High Andean Research*, Perú, v. 21, n. 3, p. 173-181, 2019.

KLEIBER, T.; STARZYK, J.; BOSIACKI, M. Effect of nutrient solution, effective microorganisms (EM-A), and assimilation illumination of plants on the induction of the growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in hydroponic cultivation. *ACTA AGROBOTANICA*, Poland, v. 66, n. 1, p. 27-38, 2013.

KUSZNIEREWICZ, Barbara *et al.* The influence of plant protection by effective microorganisms on the content of bioactive phytochemicals in apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 97, n. 12, p. 3937-3947, 2017.

LI, X.; PAN, Y.; QI, X.; ZHANG, S.; ZHI, C.; MENG, H.; CHENG, Z. Effects of exogenous germanium and effective microorganisms on germanium accumulation and nutritional qualities of garlic (*Allium sativum* L.). *Scientia Horticulturae*, Netherlands, v. 283, p. 110-114, 2021.

MAYER, J.; SCHEID, S.; WIDMER, F.; FLIEßBACH, A.; OBERHOLZER, H. R. How effective are 'Effective microorganisms® (EM)'? Results from a field study in temperate climate. *Applied Soil Ecology*, v. 46, p. 230-239, 2010.

NEY, L.; FRANKLIN, D.; MAHMUD, KISHAN CABRERA, M.; HANCOCK, D.; HABTESELASSIE, M.; NEWCOMER, Q.; DAHAL, S. Impact of inoculation with local effective microorganisms on soil nitrogen cycling and legume productivity using composted broiler litter. *Applied Soil Ecology*, Netherlands, v. 154, 2020.

PERALTA-ANTONIO, N.; BERNARDO DE FREITAS, G.; WATTHIER, M. SILVA, S. H. R. Compost, bokashi and efficient microorganisms: their benefits in successive crops of broccoli. *Idésia (Arica)*, Chile, v. 37, n. 2, p. 59-66, 2019.

RADKOWSKI, Adam *et al.* Effect of amino acids and effective microorganisms on meadow silage chemical composition. *Agronomy*, v. 11, n. 6, p. 1198, 2021.

SARMIENTO, Sarmiento *et al.* Use of bocashi and effective microorganisms as an ecological alternative in strawberry crops in arid zones. *Scientia agropecuaria*, v. 10, n. 1, p. 55-61, 2019.

DOS SANTOS, Lidiane Figueiredo *et al.* Effective microorganisms: Microbial diversity and its effect on the growth of palisade grass. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, v. 8, n. 3, p. 177-186, 2020.

SEKUTOWSKI, T.; MARCZEWSKA-KOLASA, K.; BORTNIAK, M.; DOMARADZKI, K.; DZIAGWA, M. Evaluation of germination capacity and selected biometric parameters (length and dry weight of roots and coleoptile) of sunflower seeds (*Helianthus annuus*) after application of preparations containing effective microorganisms (EM). *Croatia*, v. 16, n. 3, p. 307-318, 2015.

SHARMA, A. *et al.* Efficient microorganism compost benefits plant growth and improves soil health in calendula and marigold. *Horticult Plant J* 3: 67–72. 2017.

SHIN, K.; VAN DIEPEN, G.; BLOK, W.; VAN BRUGGEN, A.H.C. Variability of Effective Micro-organisms (EM) in bokashi and soil and effects on soil-borne plant pathogens. *Crop Protection*, UK, v. 99, p. 168-176, 2017.

SZYMANEK, M.; DZIWULSKA-HUNEK, A.; ZARAJCZYK, J.; MICHAŁEK, S.; TANÁŠ, W. The influence of Red Light (RL) and Effective Microorganism (EM) application on soil properties, yield, and quality in wheat cultivation. *Agronomy*, Switzerland, v. 10, n. 8, 2020.

TALAAT, N. B. Effective microorganisms: An innovative tool for inducing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) salt-tolerance by regulating photosynthetic rate and endogenous phytohormones production. *Scientia Horticulturae*, Netherlands, v. 205, p. 254-265, 2019.

WILLER, H.; TRÁVNÍČEK, J.; MEIER, J.; SCHLATTER, B. The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends 2022. FiBL, IFOAM - Organics International, p. 342, 2022.