

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
MESTRADO PROFISSIONAL**

HEDER ASDRUBAL MONTAÑEZ VALENCIA

**REVISÃO SISTEMÁTICA DE INOCULANTES MICROBIANOS PARA GRÃO-DE-
BICO (*Cicer arietinum* L).**

Maringá, PR
2021

HEDER ASDRUBAL MONTAÑEZ VALENCIA

**REVISÃO SISTEMÁTICA DE INOCULANTES MICROBIANOS PARA GRÃO-DE-BICO
(*Cicer arietinum* L)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Mestrado Profissional do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientadora: Dra. Kátia Regina Freitas Schwan Estrada
Área de Concentração: Manejo Agroecológico de Solos

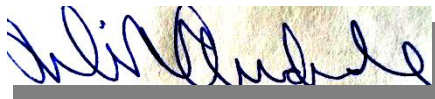
Maringá, PR
2021

HEDER ASDRUBAL MONTAÑEZ VALENCIA

REVISÃO SISTEMÁTICA DE INOCULANTES MICROBIANOS PARA GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia - Mestrado Profissional – PROFAGROEC, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências, para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

APROVADO em 29 de novembro de 2021



Profa Dra **Diva de Souza Andrade**



Profa Dra **Alexandra Scherer**



Profa Dra **Kátia Regina Freitas Schwan Estrada**

Orientadora

Dedico este trabalho a todas as pessoas que me fortaleceram e colaboraram no decorrer da trajetória do Mestrado em Agroecologia, aos amigos que me incentivaram e me compreenderam neste momento muito especial.

AGRADECIMENTOS

À minha família: minha mãe Olga Marina, meu irmão Ronald e minha irmã Kateryne pela força que eles me forneceram pensando em mim durante esses anos da minha vida, para vencer obstáculos e presenciar muitas alegrias, sempre com muito amor estiveram me apoiando e incentivando.

À Superintendência Geral de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SETI).

À Universidade Estadual de Maringá, instituição pública e gratuita de ensino superior de qualidade, que possibilitou minha formação de Mestre em Agroecologia

À Tascira Santonastaso pelo apoio, paciência e amor.

Ao meu amigo José Mauricio Ferreira Neto, pelo apoio e admiração.

Aos meus Amigos pelo apoio e ajuda durante mais uma fase da minha vida.

Agradecimento em especial à minha orientadora professora Dra. Kátia Regina Freitas Schwan Estrada me apoiando com paciência, dedicação e pelo respeito perante meus ideais.

A todos os professores do Curso de Agroecologia da UEM que contribuíram para a minha formação, em especial professor Dr. Higo Forlan Amaral que esteve presente durante grande parte do meu processo.

Enfim a todos que contribuíram direta e indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho.

Criticare non è distruggere, ma ricondurre un oggetto al giusto posto nel processo degli oggetti. Censurare è distruggere.
(Federico Fellini, La Tribuna del Cinema, 1958).¹

¹ Criticar não é destruir, mas reconduzir um objeto ao justo lugar no processo dos objetos. Censurar é destruir (tradução do autor).

REVISÃO SISTEMÁTICA DE INOCULANTES MICROBIANOS PARA GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L).

RESUMO

O grão de bico (*Cicer arietinum* L.) se destaca como fonte vegetal de proteína que, ao contrário de outras hortaliças, pode ser consumido em forma de grãos. O presente estudo tem como objetivo avaliar a contribuição da inoculação com microrganismos, principalmente rizóbios, na produção de grão de bico. Tal avaliação foi feita usando uma abordagem de revisão sistemática da literatura. Uma estratégia de busca sistemática que englobou artigos publicados em periódicos científicos usando o banco de dados Web of Science® (WoS) de 1º de janeiro de 1990 a 1º de agosto de 2021 e, usando os termos de busca: “*Cicer arietinum* L.” AND “inoculation” AND “strain”. A partir da aplicação da metodologia PICO, foram filtrados 41 artigos de 65 encontrados. De maneira geral, os resultados mostram a importância da fixação biológica de nitrogênio e a solubilização de fosfato para a produção de leguminosas. Para diminuir o custo de produção de grão de bico, tem se destacado o processo de inoculação, o que leva à necessidade de se entender a simbiose do grão e do rizóbio, entre outros microrganismos como bactérias e fungos micorrizicos arbusculares. Além disso, observar a interação do *Rhizobium* com microrganismos selecionados, que promovem o desenvolvimento das plantas, é um dos objetivos desta pesquisa para encontrar melhores combinações que melhorem a produtividade do grão de bico. Assim, é possível afirmar que existem alternativas sustentáveis que contribuem para a redução dos fertilizantes nitrogenados.

Palavras-chave: Fixação Biológica de Nitrogênio. Inoculação. leguminosa. Microrganismo promotor de crescimento de planta. Rizóbio.

Contribution of microbial inoculants to *Cicer arietinum* yield: a systematic review approach

ABSTRACT

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) stands out as a vegetable source of protein that, unlike other legumes, can be consumed via grains. The purpose of this study was to evaluate the contribution of inoculation with microorganisms, mainly rhizobia, on pea production, using a systematic literature review approach. A systematic search strategy encompassed papers published in scientific journals using the Web of Science® (WoS) database from January 1, 1990 up to March 1, 2021 and, using search terms: *Cicer arietinum* AND inoculation AND strain was performed. Based on the application of the PICO methodology, 41 articles out of 65 were filtered. Overall, the results show the importance of biological nitrogen fixation and phosphate solubilization for legume production. In order to lower the cost of pea production, inoculation has been highlighted, which leads to the need to understand the symbiosis of pea and *Rhizobium* among other microorganisms such as arbuscular mycorrhizal bacteria and fungi. In addition, the interaction of *Rhizobium* with selected microorganisms that promote plant development is a goal of the research to find better combinations to improve the productivity of peas. Thus, it is possible to affirm that there are sustainable alternatives that contribute to the reduction of nitrogen fertilizers.

Keywords: Biological nitrogen fixation. Inoculation; Chickpea. Plant growth promoter microorganism. Rhizobia.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Artigos com a espécie de grão de bico (<i>Cicer arietinum</i> L.) após a primeira seleção com principais tratamentos e resultados, com foco na inoculação ou coinoculação com microrganismos. (1990 a 01/08/2021)	23
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número de citações versus publicações por ano (n = 65) a partir da busca por ("Cicer arietinum") AND (inoculation) AND (strain) na base de dados WoS de 1990 a agosto de 2021.....	22
Figura 2 - Ilustração usando WOSviewer. Quanto maior o tamanho das bolhas, maior a associação.	30
Figura 3 - Usando Iramuteq. Quanto maior o tamanho das letras maior é a frequência e por cores: verde os termos mais frequentes, as letras em vermelho são o segundo grupo de palavras de frequência; azul e preto são termos menos frequentes.	31
Figura 4 - Visualização da densidade dos países que contribuíram com a estratégia de busca de (Cicer arietinum) AND (inoculação) AND (strain) utilizada na base de dados Web of Science® (WoS). Quanto maior for o tamanho das bolhas, maior será a contribuição.	32
Figura 5 - Análise fatorial de correspondência (FCA) mostrando na visualização gráfica a frequência dos termos utilizados com base na busca de 1990 a agosto de 2021.	33
Figura 6 - Análise de similaridade da análise textual das palavras-chave utilizadas na busca da revisão sistemática de 1990 a 1º de agosto de 2021 (n = 65). frequência dos termos utilizados com base na busca de 1990 a agosto de 2021.	35

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1.	Grão de bico	4
2.2.	Origem e evolução da cultura do grão de bico	5
2.3.	Taxonomia e descrição morfológica do grão de bico.....	6
2.4.	Importância, distribuição e produção de grão de bico em todo o mundo.....	7
2.5.	Requisitos do solo para cultivar grão-de-bico e outras leguminosas.....	8
2.6.	Efeito da inoculação de microrganismos na nodulação, crescimento e desempenho de rendimento do grão de bico.....	9
2.7.	Inoculação de <i>Cicer arietinum</i> com Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas (MPCP) nas últimas décadas.....	11
2.7.1.	Resultados científicos 1980-1999	11
2.7.2.	Resultados científicos 2000-2010	13
2.7.3.	Resultados científicos 2011-2021	17
3.	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1.	Revisão Sistemática	20
3.2.	Análise dos estudos	21
3.2.1.	Avaliação de dados e critérios de seleção	21
3.2.2.	Estágio de Análise de Dados	21
3.2.3.	Apresentação de dados	22
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1.	Resultados da Pesquisa.....	22
5.	CONCLUSÃO	36
6.	REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

Durante anos, especulou-se que os microrganismos, associados às plantas, seriam os organismos capazes de promover o crescimento e/ou suprimir doenças, quando presentes na rizosfera, e como endófitos em tecidos vegetais saudáveis (SINGH et al., 2019, PINSKI et al., 2019). Os Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas (MPCP) formam um grupo de comunidades microbianas, que proporciona efeitos benéficos às plantas. Assim, diversos simbióticos (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*) e não simbióticos (*Pseudomonas*, *Bacillus*, *Klebsiella*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Azomonas*) estão agora sendo utilizados no mundo todo como bioinoculantes para promover o crescimento e o desenvolvimento de plantas sob vários tipos de metais estressantes (MA et al., 2011), herbicidas (AHEMAD; KHAN, 2011a), inseticidas (AHEMAD; KHAN, 2011b), fungicidas (AHEMAD; KHAN, 2012c), salinidade (MAYAK et al., 2004) entre outros.

Os microrganismos que colonizam os tecidos internos das plantas pertencem, predominantemente, aos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Flavobacterium* e são chamados de endófitos. Os MPCP são conhecidos por exercer seu efeito por meio de diversos mecanismos (NAGPAL et al., 2021).

Os mecanismos pelos quais os microrganismos estimulam o crescimento das plantas envolvem a disponibilidade de nutrientes oriundos de processos genéticos, como fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fosfato, atividade da desaminase ACC e produção de sideróforos e fitohormônios (SOUZA et al., 2015).

A maioria das plantas sobrevive liberando exsudatos de raiz de composição química que precisa para ativar seus fungos e bactérias amigáveis do solo, que irão, por sua vez, disponibilizar certos elementos para a planta no momento necessário (SAXENA et al., 2016).

O nitrogênio (N) e o fósforo (P) são conhecidos por serem nutrientes essenciais para o crescimento e o desenvolvimento das plantas. As práticas agrícolas intensivas, que alcançam alto rendimento, requerem fertilizantes químicos, que não são apenas caros, mas que também podem criar problemas ambientais. O uso extensivo de fertilizantes químicos na agricultura está atualmente em debate devido à preocupação ambiental e ao medo pela saúde do consumidor. Conseqüentemente, há recentemente um nível crescente de interesse em práticas agrícolas sustentáveis que não agridam o meio ambiente (HANSEN et al. 2017).

Uma alternativa seria aumentar e estender o papel da inoculação com microrganismos (biofertilizantes) já que podem reduzir a necessidade de fertilizantes químicos e, assim, diminuir os efeitos ambientais adversos (ELKOCA et al., 2008). Além disso, os inoculantes microbianos podem contribuir para aumentar a eficiência agrônômica, reduzindo os custos de produção e a poluição ambiental, bem como a insegurança alimentar, uma vez que o uso de fertilizantes químicos pode ser reduzido ou eliminado se os inoculantes forem eficientes. Para obter sucesso na melhoria do crescimento e na produtividade das plantas, diversos processos podem influenciar na eficiência da inoculação, como por exemplo a exsudação pelas raízes das plantas, a colonização bacteriana nas raízes e a saúde do solo (SOUZA et al. 2015).

As bactérias fixadoras de N₂ atmosférico, como *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, podem estabelecer nódulos formadores de simbiose em raízes de leguminosas como soja, ervilha, grão de bico, amendoim e alfafa, nas quais convertem N₂ em amônia, que pode ser usado pela planta como fonte de nitrogênio. Este processo está praticamente limitado às culturas de leguminosas, que são membros da família Fabaceae / Leguminosae, um grupo diversificado de plantas que variam de ervas anuais a plantas lenhosas perenes (MURRAY, 2011).

Com base na área colhida e na produção total, essas espécies de leguminosas graníferas são consideradas secundárias, em importância agrícola, às culturas de cereais, mas desempenham um papel nutricional importante na dieta de milhões de pessoas nos países em desenvolvimento e são, portanto, às vezes chamadas de carne dos pobres. Como os legumes são fontes vitais de proteína, cálcio, ferro, fósforo e outros minerais, eles constituem uma parte significativa da dieta dos vegetarianos, uma vez que os outros itens alimentares não contêm muita proteína. Portanto, as leguminosas são consideradas as principais fontes de proteínas nas áreas desnutridas do mundo (MERGA; HAJI, 2019).

As rizosferas das leguminosas podem abrigar grande quantidade de microrganismos não simbióticos, identificados como fixadores de N₂ de vida livre (*Azospirillum*, *Azoarcus*, *Azotobacter*, *Bacillus polymyxa*, *Burkholderia*, *Gluconoacetobacter* ou *Herbaspirillum* (PÉREZ-MONTAÑO et al., 2014). As interações desses microrganismos com os outros, e com os vegetais, influenciam o crescimento das plantas e podem tornar-se benéficas, neutras ou antagônicas (GOEL et al., 2002). As leguminosas contribuem com uma grande quantidade de nitrogênio fixo para os ecossistemas do solo. Todos os anos, a simbiose entre leguminosas e

rizóbios fornece quase metade do N (de 44 a 66 milhões de toneladas) usado no orçamento global de N da agricultura (ZHRAN, 1999).

O grão de bico (*Cicer arietinum* L) é um membro da família da ervilha e do feijão (Leguminosae / Fabaceae). Este é uma das 43 espécies do gênero Cicer (Gardens, 2021). Outros nomes para esta cultura de origem neolítica do sudoeste asiático, incluem grão de bico nas Américas, *hamaz* nos países árabes, *nohud* ou *lablabi* na Turquia (LUCAS; FULLER 2014). O grão-de-bico é uma espécie de leguminosa de autopolinização, anual e amplamente cultivada no mundo todo, principalmente na Índia, no Oriente Médio, no Oeste da Ásia e no Norte da África (SEYEDIMORADI et al., 2019). Depois do feijão, o grão-de-bico é a segunda pulse² mais cultivada no mundo, com produção de 14,5 milhões de toneladas e com um rendimento médio de grãos de 10384 Hg/ha⁻¹ (FAO, 2019). De acordo com suas características físico-químicas e genéticas, o grão-de-bico inclui duas categorias principais: *kabuli*, um tipo de grão-de-bico com grandes sementes bege, e *desi*, com sementes menores e ásperas de marrom a preto (PASQUALONE et al., 2021). Por meio da fixação simbiótica de nitrogênio, a cultura atende até 80% das suas necessidades de nitrogênio, então os agricultores teriam que aplicar menos fertilizante de nitrogênio comparado com as outras culturas não leguminosas (WALSH, 1995).

No Brasil, os cultivos com essa leguminosa são recentes e as definições de técnicas de manejo de fertilizantes são escassas (PEGORARO et al., 2018). Porém, o desenvolvimento dessa produção pode abrir um mercado bilionário para as exportações brasileiras, além de atender à demanda interna. Resultados obtidos em plantios, no Brasil Central, mostraram que a cultura teve excelente desempenho no período de inverno em áreas irrigadas e mecanizadas. Diante do exposto, o consumo de grão-de-bico no país ainda é baixo, tanto que em 2016 o Brasil importou cerca de 8.000 toneladas ao custo de US \$ 9,7 milhões, principalmente do México e da Argentina (EMBRAPA, 2017).

Nessa medida, e tendo em vista o grande potencial que o Brasil possui no cultivo do grão-de-bico, é necessário reunir informações que permitam conhecer o

² Pulses são as leguminosas secas e, no Brasil, seus representantes mais conhecidos são o Feijão, a ervilha, a lentilha e o grão-de-bico. Assim, Pulses são as sementes secas comestíveis dessas leguminosas. A palavra Pulse vem do latim Puls, literalmente significando “sopa grossa”. Quando cozidos, esses grãos produzem um caldo grosso, ou até mesmo uma sopa grossa, o que justifica o termo Pulses. O IBRAFE – Instituto Brasileiro do Feijão e Pulses – foi a primeira instituição a utilizar o termo no Brasil, tornando-o conhecido no país.

estado atual da safra, novas alternativas que têm potencial para: 1. Reduzir as importações de grão-de-bico e aumentar a produção nacional; 2. Contribuir para a redução do uso de fertilizantes químicos e suas implicações econômicas e ambientais negativas, a partir do uso de inoculantes microbianos para o fortalecimento da cultura do grão-de-bico no país.

Dessa forma, é possível gerar insumos para a tomada de decisão sobre os rumos que as investigações devem tomar na área. Por isso, é necessário compreender a evolução dinâmica da pesquisa, razão pela qual neste estudo foi realizada a busca por informações atualizadas sobre a inoculação do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) por meio de uma abordagem sistemática para assim avaliar a contribuição do uso de inoculantes microbianos na produção de *Cicer arietinum* L.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Grão de bico

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma das culturas da estação fria e, muito provavelmente, se originou na área do atual sudeste da Turquia. O grão-de-bico cultivado adjacente, na Síria, está entre as primeiras leguminosas de grão que foram domesticadas no velho mundo. O grão de bico é a terceira leguminosa alimentar mais significativa do mundo, depois do feijão e da ervilha, com base no nível de produção. Os cinco principais países produtores de grão de bico do mundo no ano 2017 foram Índia (9.075.000 t), Austrália (2.004.000 t), Mianmar (526.772 t), Etiópia (473.570 t) e Turquia (470.000 t) (GEBREMARIAM; TESFAY, 2014).

Um dos benefícios do grão-de-bico é a alta concentração de proteínas que se reflete não somente no nível nutricional, mas também no fornecimento de peptídeos ativos; além disso, apresenta diferentes metabólitos com atividades farmacológicas. Algumas atividades biológicas identificadas, nos diferentes compostos do grão-de-bico, são antioxidantes, anti-hipertensivas, hipocolesterolêmicas e anticancerígenas. Apesar da maioria dos relatos ser baseada nos efeitos das proteínas e de seus hidrolisados, foi comprovado que extratos alcoólicos contêm compostos fenólicos, saponinas, fitatos, entre outros; assim, seu consumo tem sido indicado como uma alternativa para a prevenção de doenças crônico-degenerativas (FARIDY et al., 2020).

2.2. Origem e evolução da cultura do grão de bico

O grão de bico, ao lado do trigo, da cevada, do linho e de outras leguminosas, é uma das culturas com as quais se iniciou a agricultura (LADIZINSKY; ADLER, 1976). A origem do grão-de-bico está localizada na área do sul do Cáucaso e do norte da Pérsia, onde os vestígios mais importantes foram encontrados na antiguidade (datada de 5450 a.C) e onde foram descobertas duas espécies selvagens intimamente relacionadas ao grão-de-bico cultivado, *Cicer echinospermum* P.H. Davis e *Cicer reticulatum* Ladiz (HYDERABAD, 1975). Vavilov (1926) identificou dois pontos de diversidade primária no sudoeste da Ásia e no Mediterrâneo e um ponto de diversidade secundário na Etiópia. Provavelmente as mutações, como vagem indeiscente, o hábito mais ereto e as sementes sem dormência têm desempenhado um papel importante no processo de domesticação. O grão de bico espalhou-se, de seu ponto de origem, em direção ao Leste, na Índia, em direção ao Sul alcançando a Etiópia pelo Vale do Nilo, e, por fim, em direção ao Oeste, passando pela bacia do Mediterrâneo (VAN DER MAESEN, 1987).

Em seu processo evolutivo, o grão-de-bico acumulou inúmeras mutações, como a flor branca, a insensibilidade ao fotoperíodo, o tegumento ou o tegumento mais fino, o porte ereto, entre outros, gerando uma alta diversidade fenotípica para os diferentes caracteres morfológicos e agronômicos (UPADHYAYA et al, 2002).

No entanto, foi descrito que possui uma base genética muito estreita do ponto de vista molecular, fato que, juntamente com a área limitada onde seu ancestral selvagem se distribuiu, sugere uma origem monofilética desta espécie cultivada (ESPECHE et al., 2015). Assim, a passagem do selvagem aconteceu e significou o ganho de caracteres agronomicamente desejáveis e a perda dos indesejáveis. Grandes diferenças foram encontradas entre as espécies silvestres e as cultivadas, principalmente na área foliar, hábito de crescimento, altura da planta, deiscência da vagem e peso de 100 sementes, o que sugere que essas são as características que mais sofreram alterações durante sua domesticação (MORENO; CUBERO, 1978). Durante o processo de dispersão e seleção, o germoplasma de *C. arietinum* parece ter-se diferenciado em dois pools gênicos distintos que, segundo Wood et al., (2011), após analisar características quantitativas e qualitativas, foram propostas como raças de microsperma e macrosperma.

Assim, os melhoradores, dentro das espécies cultivadas, distinguem dois tipos

morfologicamente distintos: “Desi e Kabuli”. As flores rosadas, sementes pequenas, angulares e com uma cobertura espessa e um tanto áspera são geralmente características dos tipos Desi (semelhantes ao microsperma) cultivados principalmente na Índia, Paquistão, África Oriental e mais recentemente na Austrália. O tipo Kabuli (semelhante ao macrosperma) possui flores brancas e sementes grandes e arredondadas de cor clara, a capa é fina e lisa, são encontradas principalmente na bacia do Mediterrâneo, Oriente Próximo, México e mais recentemente nos Estados Unidos e Canadá. Parece que os tipos Kabuli, com menor variabilidade, evoluíram a partir do Desi e que os caracteres oligogênicos, como cor da flor, espessura da cutícula e tamanho da semente, desempenharam um papel importante em sua evolução (MORENO; CUBERO, 1978).

Esses tipos também diferem em uma série de características agrônômicas, como na tolerância ao frio, na resistência à queima-de-*ascochyta* (uma doença de grande importância no cultivo causada pelo fungo *Ascochyta rabiei*) e no hábito de crescimento ereto, características mais frequentes no grão-de-bico do tipo Kabuli. Já os tipos de Desi costumam ter tolerância durante o processo de dispersão e de seleção e também tendem a ter tolerância às altas temperaturas, à seca, resistência ao fusarium (outra das doenças de grande relevância no grão-de-bico) e precocidade (SINGH; JAMBUNATHAN, 1981). Após a análise de características quantitativas e qualitativas, propostas como micro espermatozoides e corridas de macrosperma, o germoplasma de *C. arietinum* parece ter se diferenciado em dois grandes grupos gênicos diferentes que, de acordo com Wood et al., (2011)

Em climas árido-desérticos, o grão-de-bico pode desenvolver seu potencial genético máximo e com um custo agrônômico relativamente acessível, é uma espécie altamente adaptada às áreas desérticas, resistente às altas temperaturas, com baixo consumo de água e, devido às radiações e aos minerais dos solos, o grão é de alta qualidade nutricional, razão pela qual está entre as principais culturas com interesse comercial de exportação (SOREN et al., 2016).

2.3. Taxonomia e descrição morfológica do grão de bico.

O grão-de-bico é uma planta anual, autógama e diplóide ($2n = 2x = 16$) com um conteúdo de DNA de 738 Mb e cerca de 28.269 genes (VARSHNEY et al., 2009). Pertence à família das leguminosas (Fabaceae), subfamília Papilionaceae, tribo Cicera e gênero *Cicer*, que consiste em nove espécies anuais e 35 perenes, das quais

C. arietinum é a única espécie cultivada. Este gênero tem sido tradicionalmente classificado em quatro seções com base em características morfológicas, ciclo de vida e distribuição geográfica (Monocicer, Chamaecicer, Polycicery e Acanthocicer) (VAN DER MAESEN, 1987).

As espécies anuais, incluindo o grão-de-bico cultivado, pertencem à seção Monocicer. É uma espécie dicotiledônea, herbácea, que atinge aproximadamente 40-60 cm de altura. Com caules ramificados e peludos e um sistema radicular profundo composto por uma raiz principal (aproximadamente 0,50-1m de profundidade) e raízes laterais. O caule pode ser ereto, semi-ereto (comum nas variedades cultivadas) ou rasteiro (selvagem). Este possui três ramos principais e, em termos de produção, o segundo é o mais importante (CUBERO, 1987). As folhas estão dispostas alternadamente ao longo do caule, são pseudoimparipinadas com um número variável de folíolos por folha (6-7 a 16-18) que são subelípticos e dentados. As flores são axilares solitárias e uma por nó, embora, às vezes, possam aparecer duas flores por nó. São de cor branca ou púrpura e apresentam as características típicas de uma flor papilionácea. São flores hermafroditas e autopolinizadas.

O fruto é uma vagem bivalve com uma ou duas sementes em seu interior, embora existam genótipos que podem apresentar três sementes por vagem. São globosas, peludas e de tamanho pequeno (2,5-3cm), estrutura que lhe confere um aspecto característico. As sementes, globosas ou bilobulares, são geralmente pontiagudas e apresentam um bico característico (reto ou curvo) na área onde aparecerá a radícula. A superfície da semente pode ser lisa ou áspera.

2.4. Importância, distribuição e produção de grão de bico em todo o mundo.

O grão-de-bico é cultivado em diversas partes do mundo por ser uma importante fonte de alimentação humana e animal, foi difundido inicialmente pelos espanhóis e pelos portugueses (VAN DER MAESEN, 1987) e hoje é amplamente distribuído em climas áridos e semiáridos de 50 países no mundo, incluindo Oeste e Sul da Ásia, Norte e Leste da África, Sul da Europa, Norte e América do Sul e Austrália e em regiões temperadas, subtropicais e tropicais como safra de inverno (APÁEZ, 2016). É considerada uma cultura rústica por apresentar grande resistência ao calor e à seca e por ser capaz de produzir em solos com baixa fertilidade. Embora seja sensível ao frio, algumas cultivares podem tolerar baixas temperaturas (RAVI; HARTE, 2009), razão pela qual a cultura encontrou uma excelente adaptação no

Noroeste do México, onde foi introduzida no início do século 20 (MORALES, 2004). Segundo Ortiz (2017), é a segunda leguminosa do grupo das pulses em área cultivada no mundo, depois do feijão, alcançando uma produção mundial de 14 milhões de toneladas em 2017.

Destes, 89,2% é cultivado na Ásia e representa 84,5% da produção mundial, sendo a Índia o principal produtor de grão-de-bico com 73,3% da superfície mundial e 67,4% da produção. O Paquistão ocupa o segundo lugar com 7,3% da área plantada mundial e 5,7% da produção, seguido pela Austrália (6,2% da área plantada, 4,2% da produção), Irã (4,1% da área plantada, 2,3% da produção) e Turquia (0,3% da área cultivada, 0,37% da produção) (MEDINA et al., 2014).

2.5. Requisitos do solo para cultivar grão-de-bico e outras leguminosas.

A deficiência de nitrogênio normalmente limita o crescimento da planta, mas a inoculação com uma estirpe apropriada de *Rhizobium* pode diminuir a maioria dos problemas de crescimento da planta. Níveis baixos de fósforo e de enxofre nos solos também são limitações comuns para a produção de leguminosas de grãos.

Deficiências de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) foram amplamente relatadas na produção de leguminosas em grãos. A maioria dos problemas pode ser facilmente corrigida com adições de fertilizantes do nutriente deficiente. Em termos de disponibilidade de nutrientes, a ervilha, a lentilha, o grão de bico e o feijão fava crescem melhor em solos com valores de pH entre 5,7 e 7,2. No entanto, é preciso experimentar novas alternativas que tentem ajudar a suprir as deficiências, reduzindo o impacto negativo que os agroquímicos têm no meio ambiente (MAHLER; AESCHLIMANN, 2012).

Por outro lado, no grão de bico a abordagem da segurança alimentar e nutricional (SAN) é negativamente influenciada pela deficiência de nutrientes, como P, Fe, Mo, Co, B e Zn (ESFAHANI et al., 2016). Isso ocorreu na diversidade de rizóbios nodulares do grão-de-bico afetados pela seca (ROMDHANE et al., 2009). Acredita-se que as temperaturas do solo, abaixo de 15° C e acima de 25° C, sejam prejudiciais à SAN no grão-de-bico (RUPELA, 1990).

Dart et al (1975) relataram que temperaturas próximas a 23° C são ótimas para o desenvolvimento de nódulos e fixação biológica de nitrogênio - FBN em grão de bico. Da mesma forma, eles examinaram o efeito do fotoperíodo na nodulação em grão de bico e relataram uma influência adversa de um regime de luz de 20 h na

nodulação em comparação com a duração do dia de 11 h. Isso foi atribuído ao vigor geral da planta e à senescência acelerada na base do nódulo, em vez da diminuição da atividade da nitrogenase. A salinidade, em níveis baixos de sal, reduz o número e o peso dos nódulos no grão-de-bico, enquanto, em níveis mais elevados, inibe completamente a formação de nódulos (ELSHEIKH; WOOD, 1990).

Estudos realizados no campo mostraram o efeito negativo do excesso de N na nodulação do grão-de-bico. SHEORAN et al. (1997) relataram que a aplicação de 100 kg de N ha⁻¹ reduziu a biomassa dos nódulos em comparação com a ausência de N adicional aplicado. Ao mesmo tempo, o alto nível de N melhorou significativamente o N total e a produtividade de grãos da planta (8,6-28,4%).

2.6. Efeito da inoculação de microrganismos na nodulação, crescimento e desempenho de rendimento do grão de bico.

Alguns microrganismos são capazes de formar uma relação próxima com as plantas que pode ser prejudicial ou valiosa para as plantas. Os rizóbios são os únicos tipos de simbioses bacterianas das leguminosas que fixam o N₂ atmosférico livre (ARAÚJO et al., 2008). Das bactérias fixadoras de N₂, as associações simbióticas de leguminosas e rizóbios foram responsáveis pelo maior fornecimento de N fixado nos sistemas agrícolas (KHAN et al., 2003). Além disso, foi estudado que as estirpes de rizóbio melhoram o crescimento da planta por outros meios, como a capacidade de solubilização de fosfato em algumas leguminosas (SELVAKUMAR et al., 2012) e a redução das quantidades de etileno da planta usando a atividade da ACC desaminase (GLICK, 2012).

No entanto, entre as leguminosas, a produção de grão-de-bico diminuiu durante a última década, e foi afirmado que as populações rizóbios indígenas normais do solo são insuficientes e ineficazes na fixação biológica de N₂ (KANTAR et al., 2010). Portanto, para garantir uma população de rizosfera adequada na rizosfera, a inoculação de sementes com uma estirpe de rizóbio se torna importante e eficaz, para leguminosas como grão de bico é essencial em solos com nenhuma ou fraca existência bacteriana (RUPELA; SAXENA, 1987) ajuda a melhorar a nodulação, a fixação de N₂, o crescimento e o rendimento (HENZELL, 1988). Com respeito a isto, a inoculação de sementes de grão de bico com rizóbio pode substituir fertilizantes N dispendiosos e tem sido considerada útil (GELETU; MEKONNEN, 2018).

Dependendo da disponibilidade de uma quantidade adequada, o teor de N mineral de um determinado solo pode ter consequências benéficas e prejudiciais no crescimento e na resposta de rendimento do grão-de-bico para inoculação. Normalmente, um maior conteúdo de N mineral na rizosfera resulta em má fixação de N_2 com inibição da nodulação do grão-de-bico (ANTONIO et al., 2014) possivelmente reduzindo a atividade da nitrogenase (XIA et al., 2017) e / ou diminuindo os flavonóides e isoflavonóides nas raízes da planta em direção ao solo (MURRAY, 2011). Brockwell et al., (1989) confirmaram que a nodulação diminuiu em altas taxas de N, independentemente dos níveis de inoculação. Descobertas semelhantes foram encontradas no grão-de-bico (KAMBLE et al., 2019) e no feijão (ARGAW; AKUMA, 2015). Além disso, vários estudos revelaram a redução de nódulos (número e peso seco de nódulos) com aumento das taxas de aplicação de N inorgânico no grão-de-bico inoculado (REBESCHINI et al. 2014; XIA et al., 2017). Por outro lado, pequenas quantidades de N no solo ou fertilizantes freqüentemente têm um resultado estimulador no desenvolvimento da planta, no rendimento de grãos, na nodulação e fixação de N_2 que é principalmente devido ao efeito positivo do N no estabelecimento e crescimento da planta durante a germinação e o início da fixação ativa de N_2 (GILLER; CADISH, 1995)

Globalmente, várias pesquisas já revelaram o efeito positivo da inoculação de rizóbio na nodulação, desenvolvimento e desempenho de produção no grão-de-bico (REHAN; LIAQAT, 2018) que pode ser atribuído ao aumento da superfície da raiz e aumento da aquisição de nutrientes (YADAV; VERMA, 2014), aumento do crescimento e desenvolvimento dos órgãos de fotossíntese e o nível de assimilados (MOINUDDIN et al., 2014), junto com a síntese de diversos fitormônios como o ácido indol acético (AIA) (VERMA et al., 2013).

Aslam et al. (2000) relataram que a inoculação do grão-de-bico com cepas de rizóbio teve um efeito pronunciado na massa do nódulo, bem como no peso fresco da raiz em comparação com o tratamento não inoculado, ou seja, a maior (0,40 g) e a menor (0,10 g) massa de nódulo por planta foram obtidos a partir de uma mistura das seguintes estirpes TAL-8 e TAL-620 e tratamentos não inoculados, respectivamente. Além disso, o maior (88,57 g) e o menor (56,31 g) massa fresca da raiz por planta foram registrados em uma mistura de TAL-8 e TAL-620 e os tratamentos não inoculados, consecutivamente. Além disso, uma descoberta da pesquisa de Khaitov et al. (2016) significou que a inoculação de plantas de grão-de-bico com cepas de

Rhizobium sp. R4, R6 e R9 aumentaram significativamente a matéria seca da parte aérea, a matéria seca da raiz e o número de nódulos em 17, 12 e 20% acima das plantas não inoculadas. O comprimento da parte aérea, o comprimento da raiz, a massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz das plantas inoculadas aumentaram 52, 43, 36 e 64%, nessa ordem, em comparação com as plantas não inoculadas. A inoculação aumentou significativamente o número de vagens (28%) e o rendimento (55%) em relação às plantas não inoculadas. Foi revelado que o potencial de crescimento do grão-de-bico depende da relação do rizóbio e do genótipo da planta que, em conjunto, resulta na capacidade simbiótica (BERGER et al. 2006).

O resultado de um estudo de dois anos indicou que o rendimento de grãos e seus atributos do grão-de-bico foram significativamente afetados pela inoculação de rizóbio em ambos os anos, exceto o índice de colheita e o rendimento biológico do primeiro ano. A inoculação aumentou a altura da planta (3,32%), altura da inserção da primeira vagem (7,25%), e número de ramos por planta (4,08%), vagens por planta (6,90%), grãos por planta (6,40%) e rendimento de grãos (6,30%) em relação ao controle (TOGAY et al., 2008). Foi relatado que o aumento da nodulação devido à inoculação de rizóbio resultou em maior fixação de N₂ e, por fim, resultou em maior número de vagens por planta que ofereceu maior rendimento de grãos como um todo (ERMAN et al., 2011).

2.7. Inoculação de *Cicer arietinum* com Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas (MPCP) nas últimas décadas.

2.7.1. Resultados científicos 1980-1999

Durante as décadas de 80 e 90, os estudos sobre a inoculação de *Cicer arietinum* L. com Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas concentraram-se principalmente na aplicação de diferentes cepas de *Rizhobium spp.* No entanto, poucos esforços têm sido direcionados ao uso de outros suplementos microbianos para melhorar a absorção e produção de nutrientes (HANSEN et al., 2017). Ao mesmo tempo, os problemas que atormentaram esses investigadores, ou seja, diferenças na resposta ao método de inoculação, problemas em garantir a qualidade adequada do inoculante, alegações excessivas de eficácia por alguns produtores de inoculação e a incapacidade do rizóbio inoculante de competir com o rizóbio indígena, permanecem conosco hoje (KEISTER; CREGAN, 1989).

Dessa forma, Hernandez e Hill (1983), avaliaram o efeito da população de plantas e da inoculação na produção e nos componentes da produção do grão-de-bico. Eles descobriram que a inoculação com uma estirpe de *Rhizobium* aumentou o rendimento em 29%. Este aumento foi associado a aumentos significativos em ramos por planta e número de frutos por planta. Da mesma forma, Chandra e Pareek (1987) examinaram a influência de três taxas de inóculo no desempenho de três grãos de bico. Este estudo revelou que as taxas de inóculo aumentadas na faixa de 10^5 a 10^6 células por semente podem ser eficazes para alcançar aumentos significativos na produção de matéria seca, rendimento de grãos e fixação de nitrogênio no grão-de-bico em solos que já têm populações elevadas de rizóbios nativos. De forma semelhante, mas envolvendo outros microrganismos Poi et al. em 1989 estudou a interação entre *Rhizobium*, bactéria solubilizadora de fosfato (*Bacillus polymyxa*) e *Glomus fasciculatum* na rizosfera do grão de bico (*Cicer arietinum* L.) em experimento de cultivo em casa de vegetação. Nenhum efeito inibitório foi encontrado entre os microrganismos de teste usados como inoculantes. Verificou-se que a inoculação apenas com *Rhizobium* aumenta acentuadamente a absorção de nitrogênio pelas plantas de grão de bico, mas uma resposta significativamente maior pode ser alcançada pela inoculação simultânea em todos os 3 organismos de teste. A inoculação tripla também resultou em produção de matéria seca significativamente maior e absorção de fosfato em comparação com a inoculação simples ou dupla com qualquer um dos organismos de teste. Os resultados sugerem que *G. fasciculatum* e *phosphobacterium* podem ajudar muito a fixação simbiótica de nitrogênio, bem como a absorção de fosfato pelo grão de bico, particularmente quando são cultivados em solos contendo fosfato insolúvel. Foi sugerido o uso de inoculação combinada no estabelecimento de plantações de leguminosas com fornecimento mínimo de fertilizantes nitrogenados e fosfáticos.

Alguns trabalhos realizados na década de 90 tiveram como objetivo avaliar o efeito da inoculação de cepas de *Rhizobium* que apresentavam algum tipo de tolerância ao estresse de determinadas variáveis controladas. Por exemplo, Elsheikh e Wood em 1990 estudaram o efeito da inoculação de uma cepa de *Rhizobium* em diferentes codificações de salinidade. Os resultados indicam que a estirpe *Rhizobium* foi capaz de formar uma simbiose efetiva com a cultivar de grão de bico em condições salinas e não salinas. No entanto, a fixação de N_2 foi mais sensível do que o crescimento da planta à salinidade. De forma semelhante, El Hadi e Elsheikh em 1999

avaliaram o efeito da inoculação de *Rhizobium* e da fertilização com nitrogênio na produtividade e no teor de proteína de seis cultivares de grão de bico (*Cicer arietinum* L.) em solos marginais sob irrigação. Foi um experimento de campo realizado por duas temporadas consecutivas 1994/95 e 1995/96. Os resultados das duas safras indicaram que a inoculação com rizóbio ou fertilização com N aumentou significativamente o número total de nódulos por planta, peso de 100 sementes, rendimento e teor de proteína das sementes. As três estirpes de *Rhizobium* foram infectantes e eficazes na fixação de nitrogênio. A inoculação com a estirpe de *Rhizobium* resultou em um incremento significativo na maioria dos parâmetros estudados, em comparação com outras estirpes e com o controle não tratado.

O anterior mostra que em solos com limitações físicas ou químicas específicas, inoculações de microorganismos formadores de nódulos ou de vida livre que promovem o crescimento de plantas são uma alternativa viável para alcançar melhores resultados em termos de conteúdo e produção de proteínas. Por outro lado, Ruiz-Lozano e Azcon (1993) avaliaram a especificidade e compatibilidade funcional de endófitos micorrízicos do tipo vesicular- -arbuscular em associação com cepas de *Bradyrhizobium* em *Cicer arietinum*. Eles experimentaram dois fungos micorrízicos vesicular-arbusculares, *Glomus mosseae* e *G. fasciculatum* e duas cepas de *Bradyrhizobium*. Os resultados indicaram que o número de nódulos aumentou (53%) no caso da interação compatível e diminuiu (86%) nas associações incompatíveis. *G. fasciculatum* foi mais infeccioso do que em associação com *Cicer arietinum*. Neste estudo, a interação específica entre endófitos foi testada em níveis fisiológicos e estruturais. A resposta da planta depende da combinação particular da estirpe de *Rhizobium* e do isolado de *Glomus*.

2.7.2. Resultados científicos 2000-2010

Com o tempo, mais interesse surgiu na coinoculação usando várias bactérias, incluindo espécies de *Azospirillum*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Pseudomonas* e *Serratia*, que são comumente encontradas na rizosfera de leguminosas e não leguminosas (SOUZA, 2015). Os primeiros microrganismos colonizadores de raízes, dentro e ao redor das raízes em crescimento, podem interagir uns com os outros e com a planta de uma forma que pode resultar em efeitos simbióticos, associativos, neutralistas ou prejudiciais, dependendo do tipo de microrganismos envolvidos, estado de nutrientes no solo, ambiente abiótico e biótico do solo e o sistema de defesa da planta.

Normalmente, essas bactérias da rizosfera foram identificadas como causadoras de estimulação do crescimento das plantas, proteção das plantas contra patógenos ou degradação de xenobióticos na rizosfera. Por exemplo, a aplicação de espécies de *Bacillus* em sementes ou raízes demonstrou causar alteração na composição da rizosfera, levando ao aumento do crescimento e rendimento de diferentes safras. Foi relatada a supressão da doença de alfafa por *B. cereus*, perda total de trigo por *B. Polymyxa*, redução da murcha de feijão guandú pela estirpe *B. Subtilis*.

Dessa forma, SIVARAMAIAH et al., (2007) avaliaram a melhora na eficiência simbiótica do grão de bico (*Cicer arietinum*) por meio da coinoculação de estirpes de *Bacillus* com *Mesorhizobium sp.* Cicer. Eles isolaram rizobactérias pertencentes a *Bacillus sp.* da rizosfera do grão de bico (*Cicer arietinum*). Dez estirpes de *Bacillus* foram estudadas quanto à atividade antifúngica, efeito na emergência de plântulas e promoção do crescimento vegetal. A inoculação das sementes com diferentes linhagens de *Bacillus* mostrou efeito estimulador no crescimento da raiz e da parte aérea aos 10 dias de observação em comparação ao controle. A eficácia simbiótica de *Mesorhizobium sp.* A estirpe Cicer foi ainda melhorada na coinoculação com seis cepas de *Bacillus* em 80 dias de crescimento da planta em condições estéreis e as razões de peso seco do caule aumentaram 1,62 a 1,74 vezes aquelas dos tratamentos inoculados com *Mesorhizobium*, sugerindo a utilidade de rizobactérias introduzidas na melhoria da produtividade da cultura.

No contexto de microrganismos promotores de crescimento de plantas e seu impacto em diferentes aspectos do desenvolvimento de leguminosas, como o grão de bico, é importante destacar o grupo funcional dos microrganismos solubilizadores de fosfato. O fósforo é um dos principais fertilizantes minerais essenciais e é o segundo maior produto químico agrícola do mundo exigido pelas plantas para seu crescimento e desenvolvimento. A maioria do fósforo inorgânico aplicado ao solo como fertilizante químico é rapidamente fixada em formas insolúveis (fosfatos de ferro, alumínio e cálcio) e, portanto, torna-se indisponível para as plantas (ALTOMARE et al., 1999). Além disso, os fertilizantes químicos são caros e têm efeitos adversos na fertilidade do solo (VASSILEV; VASSILEVA, 2003). Os microrganismos do solo têm a capacidade de converter a forma fixa de fósforo (no solo) em formas solúveis que podem ser facilmente absorvidas pelas plantas (RODRIGUEZ; FRAGA, 1999).

Altas proporções desses microrganismos solubilizadores de fosfato (MSF) estão concentradas na rizosfera das plantas. Embora os MSF ocorram no solo,

geralmente seu número não é alto o suficiente para competir com outros microrganismos comumente estabelecidos na rizosfera. Portanto, a inoculação de plantas por microrganismos alvo em concentrações mais altas tem efeito benéfico. Além disso, apenas um tipo de microrganismo pode não ser eficaz para o aumento do crescimento das plantas e rendimento da colheita devido à sua incapacidade de competir com os microrganismos nativos e colonizar adequadamente em um novo ambiente de solo. Portanto, um consórcio de MSF é preferido para inoculações no solo, de modo que pelo menos um tipo de MSF seja capaz de se estabelecer no solo. Nesse contexto, Mittal et al. (2008), na Índia, avaliou o efeito estimulador do efeito de cepas de fungos solubilizadores de fosfato (*Aspergillus awamori* e *Penicillium citrinum*) sobre a produção de grão de bico (*Cicer arietinum* L.). Dos vários experimentos em vasos realizados em casa de vegetação, o efeito estimulador máximo sobre o crescimento das plantas de grão-de-bico foi observado pela inoculação de duas cepas de *A. awamori*. Este tratamento resultou em 7–12% de aumento na altura da parte aérea, aumento de quase três vezes no número de sementes e aumento de duas vezes no peso das sementes em comparação com as plantas de controle (não inoculadas). A inoculação de quatro estirpes de *P. citrinum* exibiu menor efeito estimulador. Apresentou aumento de 7% na altura da parte aérea, aumento de duas vezes no número de sementes e aumento de 87% no peso das sementes em comparação com as plantas controle. No entanto, um consórcio de todos os seis isolados fúngicos não apresentou efeito estimulante no crescimento das plantas de grão de bico, o que significa que um grupo de microrganismos com elevada eficácia individual ou de casal nem sempre é garantia de sinergia em termos da capacidade de promoção do crescimento da planta. Portanto, é essencial conhecer a dinâmica em torno das interações antagônicas ou benéficas das diferentes estirpes avaliadas.

Neste ponto, é importante destacar a importância de certos gêneros de bactérias, como *Azospirillum*, uma rizobactéria fixadora de N₂ de vida livre que vive em estreita associação com plantas. Essas bactérias são capazes de aumentar o rendimento de importantes safras cultivadas em vários solos e regiões climáticas (OKON et al., 1994). Os efeitos positivos do *Azospirillum* são atribuídos principalmente ao melhor desenvolvimento da raiz e ao aumento subsequente na taxa de absorção de água e utilização de minerais. Os efeitos positivos após a inoculação com *Azospirillum* e outras rizobactérias promotoras de crescimento de plantas foram relatados para várias leguminosas naturalmente noduladas ou coinoculadas com

Rhizobium em casa de vegetação e em condições de campo (RODELAS et al., 1999; TCHEBOTAR et al., 1998). O aumento na produção de matéria seca e no conteúdo de nitrogênio das leguminosas inoculadas com *Azospirillum* pode ser atribuído a uma nodulação precoce, um maior número de nódulos, maiores taxas de fixação de N₂ e uma melhora geral no desenvolvimento radicular (BURDMAN et al., 1998, YAHALOM et al., 1998). O aumento da nodulação pode ser explicado, pelo menos parcialmente, pelos efeitos promotores do *Azospirillum* na formação dos fios da raiz e por um aumento da secreção de sinais indutores do gene nod pelas raízes (BURDMAN et al., 1996; VOLPIN et al., 1996).

Dados experimentais indicam que a inoculação combinada com *Azospirillum* e *Rhizobium*, ou inoculação com *Azospirillum* de leguminosas naturalmente noduladas, pode potencialmente aumentar a produção de leguminosas sob disponibilidade limitada de água e nitrogênio. Também pode levar à diminuição da necessidade de fertilização com nitrogênio, diminuindo os custos de produção e reduzindo os impactos negativos da fertilização excessiva no meio ambiente. Hamaoui et al. (2001), na Índia, estudou o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* no grão de bico (*Cicer arietinum*) e no feijão faba (*Vicia faba*) em diferentes condições de crescimento. Em experimentos em casa de vegetação com ambas as leguminosas, a inoculação com *A. brasilense* aumentou significativamente a nodulação por rizóbios nativos e melhorou o desenvolvimento da raiz e da parte aérea, quando comparada com controles não inoculados. Além disso, o tratamento bacteriano mostrou reduzir significativamente os efeitos negativos no crescimento das plantas causados pela irrigação com água salina. Em experimentos de campo, a inoculação do grão de bico com inoculantes à base de turfa de *A. brasilense* também resultou em um aumento significativo na nodulação, no crescimento da raiz e da parte aérea e na produtividade da cultura em comparação com os controles não inoculados (HAMAQUI et al., 2001).

Outra contribuição interessante desta década que merece destaque foi realizada por Öğütçü et al. (2010), na Turquia. Eles avaliaram a eficácia simbiótica de *Rhizobium leguminosarum* bv. estirpes de ciceri isoladas de grão de bico selvagem perene (*Cicer anatolicum*) em comparação com a cultura bacteriana padrão, aplicação de N e controle não inoculado sob condições de estresse salino de NaCl. As inoculações com estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. ciceri isoladas de grão de bico selvagem aumentaram significativamente todos os parâmetros acima em comparação com o tratamento de controle não inoculado, igual ou superior à cultura

padrão e aplicação de N. No entanto, o rizóbio de grão de bico exibiu diversidade em sua tolerância ao sal. As plantas inoculadas com duas das quatro estirpes avaliadas e a cultura padrão produziram mais massa do caule, massa seca do nódulo, N total e N fixado em condições salinas. Estes resultados indicaram que a capacidade do grão de bico de crescer e sobreviver em condições salinas melhorou quando foi inoculado com estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. ciceri isoladas de grão de bico selvagem, especialmente duas delas.

Isso significa que há um grande potencial na exploração da rizosfera de parentes selvagens de leguminosas cultivadas porque as leguminosas selvagens (de crescimento natural) em algumas regiões estão sujeitas a severas condições ambientais. Assim, os rizóbios simbióticos de leguminosas de crescimento natural são mais tolerantes a algumas condições ecológicas (sal, seca severa, temperaturas elevadas, etc.) do que os rizóbios de leguminosas cultivadas. Na verdade, os rizóbios tolerantes ao sal isolados de leguminosas silvestres têm características específicas que lhes conferem significado ecológico e esses rizóbios podem ser usados como biofertilizantes em solos salgados (ZAHKAN 2001).

2.7.3. Resultados científicos 2011-2021

A inoculação de consórcios de estirpes de fungos e bactérias do solo e pertencentes a diferentes grupos funcionais é cada vez mais importante no campo da pesquisa de microrganismos promotores de crescimento de plantas. Saxena et al., (2015), na Índia, realizaram um experimento para avaliar o efeito da coinoculação de duas estirpes de bactérias e fungos eficientes na solubilização de fosfato em um ensaio em vaso. O crescimento geral das plantas por meio de inoculação dupla foi significativamente ($P = 0,05$) maior do que para o controle e inoculações simples em um ensaio em vaso, indicando o efeito sinérgico positivo da coinoculação de bactérias solubilizadoras de fosfato (PSB) e fungos solubilizadores de fosfato (PSF) para melhoramento de safras, o que pode ser útil para agricultores e agricultura sustentável.

Isso se torna importante na medida em que, em todo o mundo, a maioria dos solos sob cultivo de grão de bico (*Cicer arietinum* L.) são arenosos e deficientes em nutrientes para as plantas, particularmente nitrogênio (N), fósforo / fosfato (P) e zinco (Zn), etc.

Devido à deficiência de nutrientes minerais, a produtividade do grão-de-bico é

baixa. Requisitos de N do grão de bico atendidos por fixação biológica de N (atmosférica). No nódulo do grão de bico, os endófitos dos nódulos (mesorizóbia) fixam o N atmosférico por fixação biológica de N. Mesorhizobia contribui significativamente para a nutrição de N do grão de bico por fixação biológica de N. (LARANJO et al., 2014). O P é outro macronutriente importante devido ao seu papel crítico nas vias metabólicas, por exemplo, absorção de nutrientes, respiração, oxidação biológica, fotossíntese e divisão celular para o crescimento das plantas. O P também é um componente estrutural das fosfo-proteínas, fosfo-lipídeos, coenzimas, ácidos nucleicos e cromossomos (GOUDA et al., 2018). Outra restrição de rendimento e produtividade é a deficiência de Zn, uma vez que a planta de grão-de-bico é sensível ao Zn. Aproximadamente 30% dos solos de 49 países são deficitários em Zn disponível para plantas (HACISALIHOGU; KOCHIAN, 2003). O Zn é um nutriente importante para o crescimento e necessário na síntese de RNA, DNA, auxinas, carboidratos e nodulação (N-fixação). Desempenha um papel importante na expressão de genes, estrutura da cromatina e metabolismo de proteínas, carbono fotossintético, fotossíntese (formação de clorofila), atividade enzimática, processos reprodutivos e produção de biomassa (SADEGHZADEH, 2013).

Nesse contexto, Zaheer et al. (2019), no Paquistão, avaliou o efeito de cepas bacterianas solubilizadoras de fosfato-zinco, do gênero *Pseudomonas* e *Bacillus*, no crescimento do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). Os resultados indicaram que *Pseudomonas sp.* a cepa foi o inóculo mais eficiente, aumentando porcentagens significativas no rendimento de grãos, peso da palha, número e peso seco de nódulos, absorção de Zn e absorção de P, respectivamente, sobre o controle. Da mesma forma, Kushwaha et al. (2021), na Índia, identificou e caracterizou cepas de solubilização de Zn da rizosfera de grão de bico para promoção de crescimento e biofortificação de Zn. Sessenta e uma bactérias isoladas da rizosfera do grão de bico de diferentes partes das planícies Indo-Gangéticas da Índia foram selecionadas para capacidades de solubilização de Zn por cultivo em meio suplementado com ZnO, Zn₃(PO₄)₂ e ZnCO₃. Dois estirpes potenciais foram escolhidos com base em seu índice de solubilização de zinco e eficiência de solubilização de zinco e posteriormente identificados por análise da sequência do gene 16S rRNA. Ensaios in vitro foram realizados para determinar seus atributos de promoção do crescimento das plantas.

A presença de genes zur indicou o envolvimento de mecanismos moleculares mediados por zur nessas estirpes. Esses isolados também apresentaram

características de promoção do crescimento da planta, como produção de ácido indol acético (AIA), amônia, sideróforos e solubilização de fosfato. A inoculação de isolados melhorou os parâmetros de crescimento do grão-de-bico e aumentou a absorção de Zn pela planta. As cepas de *B. altitudinis* mostram excelentes capacidades para solubilizar compostos insolúveis de Zn como óxidos, fosfatos e carbonatos de Zn, tornando-as uma fonte valiosa para melhorar a absorção de Zn e o crescimento do grão de bico. Alguns pesquisadores tentaram provar que algumas actinobactérias são benéficas para plantas leguminosas. Tokala et al. (2002) constataram que *Streptomyces lydicus* aumentou a assimilação nodular de nutrientes do solo, incluindo ferro, o que leva ao aumento do tamanho médio dos nódulos, bem como à longevidade, vigor e capacidade de fixação de nitrogênio dos bacteroides. Eles também sugerem que os pontos de entrada feitos pelos *Streptomyces* facilitam a entrada do rizóbio. Sathya et al. (2016) encontraram 19 isolados de actinobactérias (todos pertencentes ao gênero *Streptomyces*) que aumentaram significativamente a absorção de minerais (Fe, Zn, Ca, Cu, Mn e Mg) por plantas de grão de bico em comparação com os tratamentos de controle não inoculados. Além disso, há algumas evidências de que o rizóbio pode infectar a planta usando os locais de colonização por *Streptomyces* na raiz (TOKALA et al. 2002). O crescimento, a nodulação e a fixação de nitrogênio da leguminosa hospedeira e seu parceiro rizóbio também podem ser influenciados por compostos e fitormônios que são liberados por actinobactérias endofíticas direta ou indiretamente (BENITO et al. 2017).

Le (2016) relatou que as actinobactérias têm efeitos muito precoces nas plantas e podem cooperar com a sinalização de leguminosas de rizóbio, colonização de rizóbios ou a síntese de fatores Nod, mas mais estudos são necessários. Misk e Franco (2011) provaram que várias actinobactérias endofíticas isoladas do grão-de-bico podem produzir sideróforos, cianogênios, solubilizar fosfato e ter atividades de biocontrole contra alguns patógenos do grão-de-bico. Vijayabharathi et al. (2018) descobriram que as actinobactérias não apenas têm a capacidade do solo da planta de proteger contra a infecção do fungo *Botrytis cinerea*, mas também aumentam a nodulação e a atividade da nitrogenase quando coinoculadas com rizóbio. Sreevidya et al. (2016) mostraram que algumas actinobactérias tiveram um efeito positivo no crescimento da planta de grão-de-bico pela produção de β -1,3-glucanase, ácido indol acético (AIA), ácido cianídrico, quitinase, lipase, celulase, protease e sideróforos. Actinobactérias isoladas de plantas medicinais (SINGH; GAUR 2016) ou solos

orgânicos (GOPALAKRISHNAN et al. 2016) também mostraram aumentar o crescimento do grão de bico. Planta A capacidade do solo de proteger contra a infecção do fungo *Botrytis cinerea*, mas também aumentar a nodulação e a atividade da nitrogenase quando co-inoculada com rizóbio. Sreevidya et al. (2016) mostraram que algumas actinobactérias tiveram um efeito positivo no crescimento do grão de bico pela produção de β -1,3-glucanase, ácido indol acético (IAA), ácido cianídrico, quitinase, lipase, celulase, protease e sideróforos. Actinobactérias isoladas de plantas medicinais (SINGH; GAUR 2016) ou solos orgânicos (GOPALAKRISHNAN et al. 2016) também mostraram aumentar o crescimento do grão de bico.

Le (2015) testou o efeito de seis actinobactérias endofíticas de luzerna no crescimento de estirpes de *Sinorhizobium meliloti* e *S. medicae* in vitro e mostrou que algumas cepas aumentaram o crescimento de cepas de rizobio em placas de ágar. A coinoculação de sementes de alfafa com rizóbio e actinobactérias endofíticas, isoladas de luzerna, aumentou o peso seco da parte aérea e da raiz em 22 a 35% em comparação com plantas tratadas com *Sinorhizobium meliloti* cepa RRI 128 sozinho Le et al. (2016b). Le et al. (2016a) mostraram que a fixação de nitrogênio foi aumentada em 47% -72% quando as plantas de alfafa foram coinoculadas com rizóbio e actinobactérias selecionadas. Portanto, actinobactérias endofíticas isoladas de nódulos e raízes de leguminosas, em geral, e grão de bico, em particular, podem ser uma fonte promissora para aumentar o crescimento do grão-de-bico, nodulação, fixação de nitrogênio.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Revisão Sistemática

Nesta revisão, a metodologia utilizada foi de acordo com Toronto e Remington (2020), consistindo nas seguintes etapas:

i) formulação do problema, para depurar o estado do estudo; ii) pesquisa de literatura, usando uma estratégia de pesquisa abrangente e replicável para coletar dados; iii) etapa de avaliação de dados, na qual são avaliadas a qualidade metodológica e a relevância da literatura selecionada; iv) estágio de análise de dados, que inclui abstração, comparação e síntese de dados; e v) fase de apresentação, na qual se desenvolve a interpretação dos achados e implicações para a pesquisa. As principais etapas do nosso estudo basearam-se na pesquisa bibliográfica utilizando

as diretrizes do Problema / hipótese, Intervenção, Comparação e Resultado (Problem/hypothesis, Intervention, Comparison, and Outcome em inglês (PICO)). Para a formulação do problema / hipótese, questionou-se se o N da FBN é suficiente para aumentar a produtividade dos grãos em comparação com os não inoculados na cultura de grão de bico.

Para a seleção do relatório primário, as estratégias de busca da revisão obedeceram às diretrizes enfatizadas por Liberati et al. (2009). Os dados foram coletados a partir de artigos publicados em periódicos científicos na língua inglesa, realizada por meio de revisão bibliográfica, utilizando a base de dados Web of Science® (WoS). Como estratégia de busca, foram utilizados os seguintes termos de pesquisa: (*Cicer arietinum*) AND (inoculation) AND (strain). As citações pertencentes aos artigos publicados de 1 de janeiro de 1990 a 1 de agosto de 2021 na base de dados WoS foram utilizadas para resumir os dados iniciais e plotadas em gráficos.

3.2. Análise dos estudos

3.2.1. Avaliação de dados e critérios de seleção

Houve um total de 65 artigos pesquisados pelo banco de dados WoS. A avaliação e a seleção dos dados foram feitas seguindo os critérios de inclusão em que o estudo deveria apresentar uma ou mais das seguintes variáveis: produtividade (kg ha^{-1}), altura total da planta (cm), massa fresca (g), fixação de N_2 (mg planta^{-1}), peso seco (g), biomassa seca da parte aérea (g planta^{-1}), fotossíntese ($\text{mg CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$), altura do caule (cm), número de folhas, comprimento da vagem (mm), número de vagens por planta, clorofila-a, clorofila-b, clorofila total, número de sementes por vagem, peso fresco das sementes (g), peso seco das sementes (g), comprimento da raiz (cm), número nodular, raízes laterais (cm), massa fresca do nódulo (g), massa seca do nódulo (g planta^{-1}) e massa seca da raiz (g planta^{-1}).

3.2.2. Estágio de Análise de Dados

Para investigar o corpus textual, composto pelo título, resumo e palavras-chave dos artigos, o Iramuteq (Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires) software (RATINAUD, 2008) foi utilizado para identificar as tendências nos trabalhos encontrados na pesquisa bibliográfica.

3.2.3. Apresentação de dados

A Análise Fatorial de Correspondência (FCA) foi feita usando a classificação pelo Método de agrupamento textual Reinert com a ajuda do software Iramuteq para representar um gráfico bi-plot e uma nuvem de palavras Graph que descreve suas frequências por tamanho e densidade de termos de pesquisa (RATINAUD, 2008).

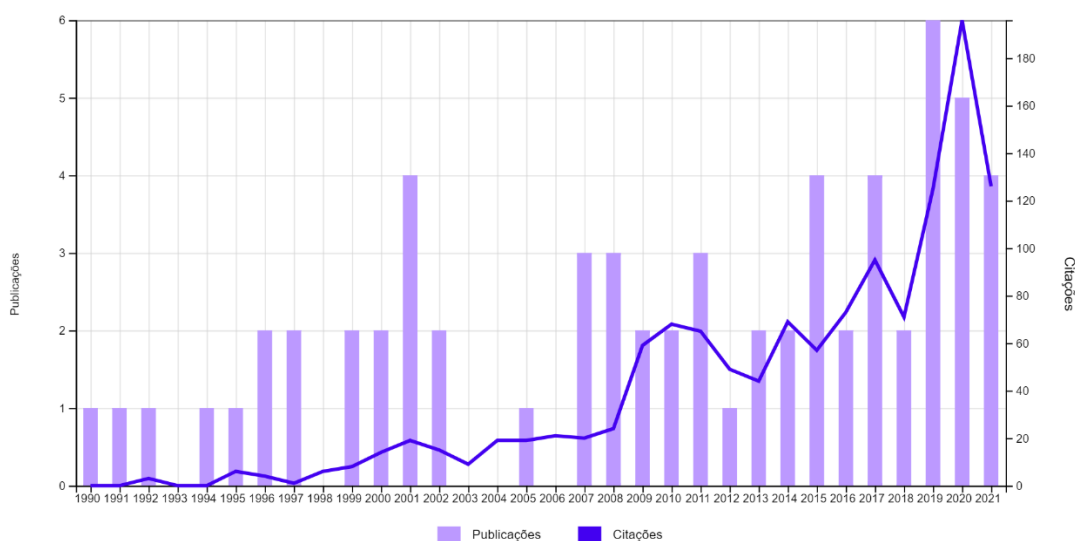
Visando a interpretação dos achados, a partir dos resultados obtidos pelos artigos publicados no período de 1º de janeiro de 1990 a 1º de agosto de 2021 na base de dados WoS, foram geradas rede, densidade e linha de tempo no software VOS Viewer versão 1.6.17.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados da Pesquisa

Ao todo, 65 resultados (artigos) apresentaram o número acumulativo de citações desses artigos obtido pela base de dados WoS até 2021, tendo um total de 1285 citações com uma média por artigo de 19,77 (Dados não mostrados). Notavelmente, o maior número de citações em artigos corresponde aos artigos citados nos últimos três anos, chegando a ter uma média de 196 citações no ano 2000 (fig. 1).

Figura 1- Número de citações versus publicações por ano (n = 65) a partir da busca por ("Cicer arietinum") AND (inoculation) AND (strain) na base de dados WoS de 1990 a agosto de 2021.



Fonte: Base de dados WoS de 1990 a agosto de 2021.

Quarenta e um (41) dos 65 artigos foram selecionados a partir da busca de grão de bico com inoculação em diferentes microrganismos por meio do filtro (Tabela 1). Curiosamente, muitos artigos gerados na análise não foram usados por causa da presença da palavras-chave na área de referências.

Tabela 1- Artigos com a espécie de grão de bico (Cicer arietinum L.) após a primeira seleção com principais tratamentos e resultados, com foco na inoculação ou coinoculação com microrganismos. (1990 a 01/08/2021)

N	País	Tratamento/microrganismo	Principais resultados	Referências
1	Etiópia	<i>Rhizobium</i> sp. estirpe HB-429 ou GT-9 com P.	- Revelou a interação de rizóbio e P. - Significativo para matéria seca e rendimento de grãos.	(GEBREMARIA M; TESFAY, 2021)
2	Australia	<i>Actinomadura</i> sp. CP84B, <i>Microbispora</i> sp. CP56, <i>Streptomyces</i> spp. CP21A2 e CP200B	- Aumentou o peso seco total.	(VO et al, 2021)
3	India	<i>Cicer pinnatifidum</i> , <i>C. judiacum</i> , <i>C. bijugum</i> e <i>C. reticulatum</i>) <i>Pseudomonas fluorescens</i> strain LRE-2	Características simbióticas e de qualidade do solo significativamente melhoradas e rendimento de grãos e correlação positiva foi obtida entre as características de nodulação e rendimento de grãos.	(NAGPAL et al, 2021)
4	Paquistão	<i>Mesorhizobium ciceri</i> CRI35 + Imidacloprid	Melhorou a nodulação, mas também causou um aumento significativo no crescimento e na produção.	(NADEEM et al, 2020)
5	Portugal	<i>Pseudomonas</i> sp. Q1 + <i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. trifolii ATCC 14480T e <i>Pseudomonas</i> sp. Q1 +	Aumentou do crescimento de seus hospedeiros.	(PAÇO, et al 2020)

		<i>Ensifer meliloti</i> ATCC 9930T.		
6	India	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> S1VKR11 <i>S. maltophilia</i> S3VKR16 <i>B. thuringiensis</i> S3VKR2 <i>S. maltophilia</i> S3VKR16 <i>B. cereus</i> S3VKR17 <i>B. subtilis</i> S2VWR5. + <i>C. arietinum</i>	Propriedades tolerantes ao Cr e promotoras de crescimento de plantas (PGP) para biorremediação de Cr e para melhorar o cultivo de <i>C. arietinum</i> em solos contaminados com Cr.	(SHREYA, et al 2020)
7	India	<i>Mesorhizobium</i> sp. ciceri + <i>C. arietinum</i>	Compatibilidade molecular comprovada.	(SINGH, et al 2019)
8	India	Diazotrófico psicrotolerante: <i>Pseudomonas palleroniana</i> N26 Solubilizador de fosfato: <i>Pseudomonas jessenii</i> MP1 + <i>C. arietinum</i>	Melhorou o comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, seco peso, peso fresco, conteúdo de clorofila e atividade da nitrato redutase.	(RAWAT et al, 2019)
9	Egito	<i>Azospirillum lipoferum</i> FK1 + NaCl + <i>C. arietinum</i>	Melhorou a aquisição de nutrientes, crescimento, biomassa, síntese de pigmento fotossintético, nível de osmólitos, atributos de troca gasosa, teor de fenóis e flavonóides e níveis de antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos.	(EL-ESAWI et al., 2019)
10	Paquistão	Bactéria solubilizadoras de P-Zn + <i>Pseudomonas</i> sp. AZ5 + <i>C. arietinum</i>	Aumentou o rendimento de grãos, peso da palha, número de nódulos, peso seco dos nódulos, captação de Zn e P.	(ZAHEER et al, 2019)

11	India	<i>Pseudomonas citronellolis</i> (PC) (KM594397) + Arsênico + <i>C. arietinum</i>	Tolerância ao As (V) e atividade de promoção de crescimento.	(ADHIKARY et al, 2019)
12	India	Fungos micorrízicos vesícula-arbusculares (<i>Glomus fasciculatum</i>) + <i>C. arietinum</i> (GL 94022, ICC 5003LN, HC-3, HK-2 e HC-5.)	Resposta máxima ou aumento no rendimento.	(KALKAL et al, 2018)
13	Morocco	<i>Mesorhizobium</i> sp MC0415 (S1) + (<i>Cicer arietinum</i> L.) variedades, three, Rizki (Rz), Zhour (Zh) e Douyet (Dt) + sob déficit hídrico.	Melhorou no peso seco do grão de bico, o peso dos nódulos, aumentar a atividade da nitrato redutase e mais acúmulo de K.	(KHADRAJI et al, 2017)
14	Russia	<i>Mesorhizobium ciceri</i> ST282 + <i>Bacillus subtilis</i> + Mo nanopartículas + <i>C. arietinum</i>	Melhorou o estado fisiológico da planta, aumentando a diversidade estrutural da comunidade microbiana da rizosfera por meio de mudanças na atividade da raiz exsudados, e promove o caminho para o desenvolvimento da maioria bactérias associativas eficazes.	(SHCHERBA KOVA et al, 2017)
15	Portugal	<i>Mesorhizobium mediterraneum</i> <i>Rhizophagus irregulares</i> + <i>C. arietinum</i>	Aumentou a produtividade do grão.	(OLIVEIRA et al, 2017)
16	Alemanha	<i>B. subtilis</i> NUU4 + <i>C. arietinum</i> em condições salinas do solo.	Forneceu alto potencial como um estimulador para o crescimento de plantas e como agente de controle biológico da podridão radicular.	(EGAMBERDI EV et al, 2017)

17	India	Tecnologia do Consórcio Probiótico (TCP): <i>Pseudomonas fluorescens</i> BAM-4 e <i>Aspergillus awamori</i> S-19 + <i>C. arietinum</i>	O comprimento e o peso fresco e seco das plantas foram significativamente maiores no tratamento de coinoculação por BAM-4 e S-19 mostrando o efeito sinérgico positivo. O teor máximo de clorofila total foi de 4,28 mg g ⁻¹ de peso fresco no tratamento de inoculação dupla com TCP.	(SAXENA et al, 2016)
18	India	<i>Mesorhizobium</i> sp. + <i>Pseudomonas</i> sp. PGPR 3 + <i>Cicer arietinum</i> L.	A melhoria máxima nos parâmetros simbióticos (Teor de N (%) Teor de P (%) Rendimento de grãos).	(KAUR et al, 2015)
19	India	<i>Bacillus</i> sp. RM-2 + <i>Aspergillus niger</i> S-36 + <i>Cicer arietinum</i> L.	Impacto positivo significativo no crescimento e desenvolvimento das plantas.	(SAXENA et al, 2015)
20	Paquistão	<i>Ochrobactrum ciceri</i> Ca-34T + <i>Cicer arietinum</i> . Pb-2008 e CH23/00 - <i>Ochrobactrum ciceri</i> Ca-4T+TAL-1148	Maior nodulação com o inóculo simples ou multi-estirpe, tanto no solo fértil ou marginal. Aumentou a produtividade.	(IMRAN et al, 2015)
21	India	<i>Mesorhizobium ciceri</i> (CH-1233) (<i>Pseudomonas</i> sp., LK-884) Coinoculação: + <i>Cicer arietinum</i> .	Aumento significativo em produção de grãos Aumentou significativamente a absorção de N e P disponível, atividade de desidrogenase (DHA) e carbono da biomassa microbiana (MBC)	(BHATTACHARJAYA; CHANDRA, 2013)
22	India	<i>Pantoea agglomerans</i> + <i>Cicer arietinum</i> .	Aumentou o peso seco e comprimento da parte aérea, nº de	(MISHRA et al, 2011)

			frutos / planta, peso de sementes e a absorção de N P e K.
23	Iran	<i>Mesorhizobium ciceri</i> . + <i>Cicer arietinum</i> . Hashem	Diminuição do (BIABANI et al, 2011) deterioro da semente armazenada nos primeiros dias.
24	Tunisia	<i>Rhizobium sp</i> S27 + <i>Cicer arietinum</i>	Eficiente contra o (HEMISSI et al, 2011) patógeno transmitido pelo solo. Eficaz na promoção do crescimento, aumentando o peso seco da parte aérea.
25	Paquistão	<i>Bradyrhizobium japonicum</i> Thal-8 + <i>Cicer arietinum</i>	Eficaz na simbiose do (BANO et al, 2010) nódulo da raiz e também parcialmente alivia a diminuição do crescimento e rendimento imposto por estresse hídrico.
26	Paquistão	<i>Serratia proteamaculans</i> J119 + <i>Cicer arietinum</i>	Eficaz (PGPR) na (SHAHZAD et al, 2010) melhoria do crescimento da raiz e da parte aérea, nodulação e rendimento de grãos.
27	Tunisia	<i>Mesorhizobium mediterraneum</i> LILM10 + <i>Cicer arietinum</i>	Aumentou (ROMDHANE et al, 2009) significativamente o número de nódulos e o rendimento de grãos no campo.
28	Tunisia	<i>Mesorhizobium ciceri</i> CMG 6 <i>Mesorhizobium mediterraneum</i> CTM 226 + <i>Cicer arietinum</i>	Aumentou no número (BEN ROMDHANE et al, 2008) de nódulos, massa seca da parte aérea e rendimento de grãos.
29	Tunisia	<i>Mesorhizobium ciceri</i> (CMG6) + <i>Cicer arietinum</i> Amdoun I, Chetoui e Kasseb.	Aumentou (ROMDHANE et al, 2007) significativamente o número de nódulos e a produção da parte aérea seca.
30	Paquistão	<i>Rhizobium sp</i> Rn1 + <i>Enterobacter sp</i> B	Aumentou a biomassa (MIRZA et al, 2007) vegetal e nodulação.

		+ <i>Cicer arietinum</i> NIFA 88		Eficiente na promoção do crescimento.	
		<i>Rhizobium</i> sp Rn1 + <i>Enterobacter</i> sp A + <i>Cicer arietinum</i> Parbat			
31	India	<i>Trichoderma viride</i> (TV 97) <i>Trichoderma virens</i> (PDBCTVs12) <i>Trichoderma virens</i> (PDBCTVs 13) + <i>Cicer arietinum</i>	Solubilizou fosfato insoluble Aumentou os parâmetros de crescimento e produção e absorção do fósforo.	(RUDRESH et al, 2005)	
32	India	+ <i>Pseudomonas</i> sp MRS23, CRP55b e <i>Mesorhizobium</i> sp. Cicer Ca181 + <i>Cicer arietinum</i>	Aumentou a formação de mais nódulos.	(GOEL et al, 2002)	
33	India	<i>Pseudomonas</i> sp (MRS13, CRS55b and CRS68) <i>Mesorhizobium</i> sp. Cicer strain Ca181 + <i>Cicer arietinum</i> (Ca181)	Aumentou significativamente o peso do nódulo e a biomassa da parte aérea.	(SINDHU et al, 2002)	
34	Espanha	<i>Mesorhizobium mediterraneum</i> PECA21 + <i>Cicer arietinum</i>	Solubilizou fosfato. Aumentou significativamente o conteúdo de matéria seca, nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio.	(PEIX et al, 2001)	
35	Israel	<i>Azospirillum brasilense</i> Cd + <i>Cicer arietinum</i>	Aumenta significativamente a nodulação por rizóbio nativo e melhorou o desenvolvimento da raiz e do caule.	(HAMAOU, et al 2001)	
36	India	<i>Pseudomonas</i> sp MRS16 <i>Rhizobium</i> sp. Cicer Ca181 + <i>Cicer arietinum</i>	Melhorou a nodulação, a fixação de nitrogênio e a massa seca da planta.	(GOEL et al, 2000)	
37	Sudão	<i>Rhizobium</i> sp. (Cicer) TAL 1148 + <i>Cicer arietinum</i>	Aumentou o rendimento.	(EL HADI et al, 1999)	

38	India	<i>Pseudomonas</i> <i>NBRT9926P3</i> + <i>Cicer arietinum</i>	<i>sp.</i>	Mostrou potencial de biocontrole para controle de <i>F. oxysporum f.sp. ciceri</i> , <i>R. bataticola</i> e <i>Pythium sp</i>	(NAUTIYAL, 1997)
39	Israel	<i>Azospirillum brasilense</i> <i>strain Cd</i> + <i>Cicer arietinum</i>		Aumentou o peso seco do nódulo e de vagens, rendimento de sementes, número de vagens maduras por planta e número de sementes por planta e rendimento de sementes.	(BURDMAN et al, 1996)
40	Siria	<i>Rhizobium sp</i> CP39 + <i>Cicer arietinum</i> 6250, ILC 3279	ILC	Aumentou matéria seca da parte aérea e o rendimento de sementes.	(BECK et al, 1992)
41	Itália	<i>Rhizobium spp</i> (N27A2, N27A15 e IC2091,) + <i>Cicer arietinum</i>		A inoculação geralmente aumentou a produção de grãos.	(DI BONITO et al., 1990)

Fonte: Adaptação do autor dos dados da Base de dados WoS de 1990 a agosto de 2021.

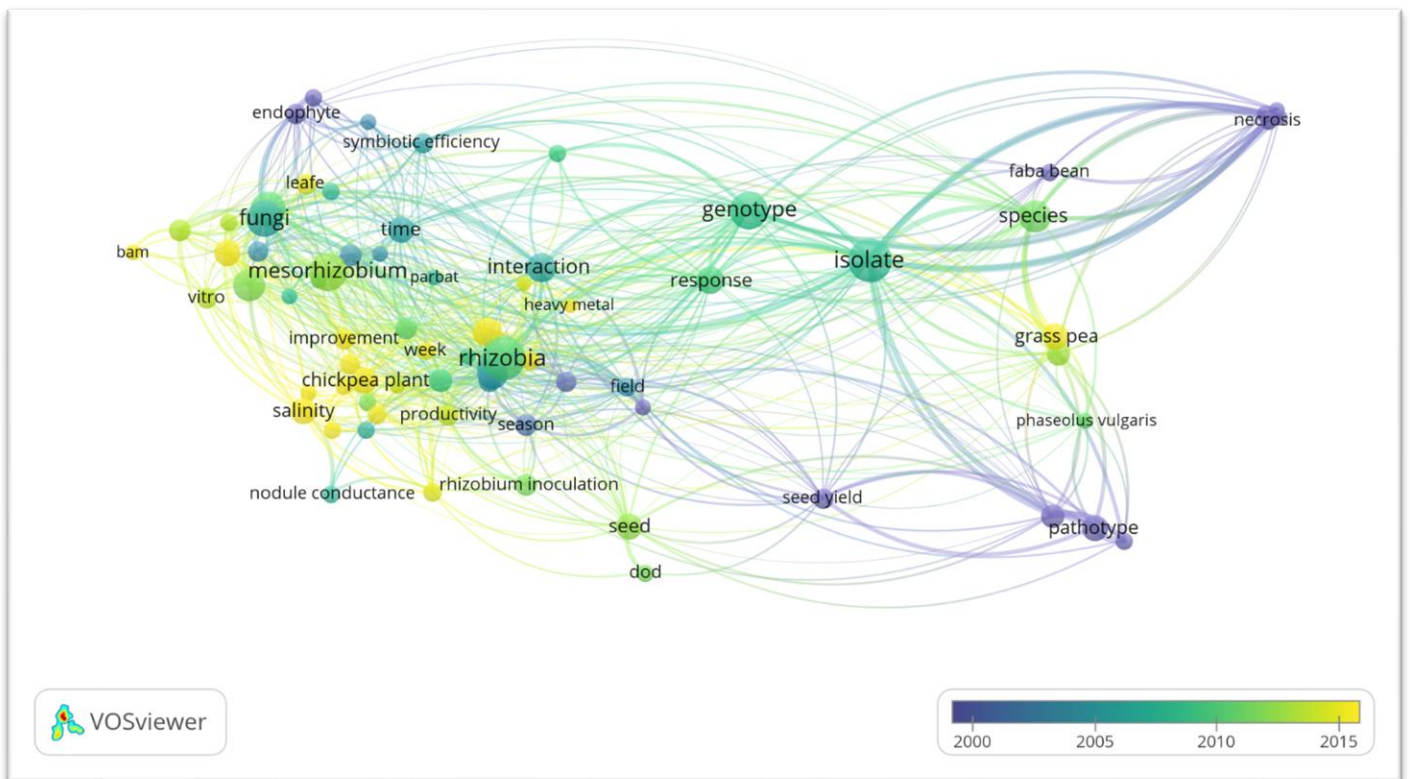
Diferentes estirpes de *Rhizobium sp*, *Mesorhizobium sp*, *Azospirillum sp* além de vários representantes do grupo de fungos vasculares arbusculares como o *Glomus fasciculatum* usados nos trabalhos Tabela 1 estão entre os microrganismos potenciais comuns candidatas ao uso de inoculante na coinoculação de grão de bico para aumentar o desenvolvimento.

Usando o software VOSviewer, as doze palavras mais frequentes que têm alta densidade ou frequência são as seguintes: "Rhizobia", "Isolate", "genotype", "Mesorhizobium", "fungi", "PGPR", "Pseudomonas", "Species", "Fixation", "Crop", "interaction" e "response", mostrando a pesquisa atualizada (Fig. 2). Ao pesquisar usando o software Iramuteq e a estratégia definida pelas palavras-chave, a linha do tempo mostra que a frequência dos termos pesquisados ocorre seguindo uma ordem conforme mostrado em parênteses (n): primeiro, os termos principais são "strain" (237) e "chickpea" (224), "plant" (208), "inoculation" (145), "growth" (143), segundo "soil" (116), "nodule" (99), "cicer" (95), "root" (94), "yield" (92), "arietinum" (88). Terceiro,

"mesorhizobium" (68), "isolate" (66) e "rhizobium" (62), "inoculate" (55), "pseudomonas" (55), "seed" (53). Por fim, entre as menos, estão as seguintes "legume"(49) e "nodulation" (48): "rhizobia" (47), "bacterium" (46), "control" (46) e "weight" (40) conforme revelado usando o software Iramuteq (Fig. 4).

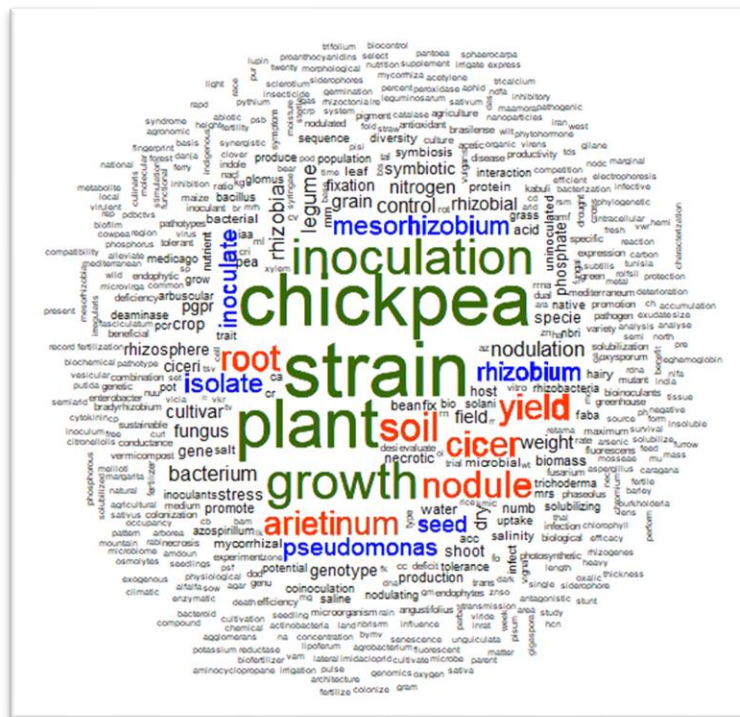
Nas figuras 2 e 3 encontra-se representada a densidade de frequência mostrando a associação com os termos próximos das palavras-chave representadas (*Cicer arietinum*) AND (inoculação) AND (strain) usadas na pesquisa do banco de dados Web of Science® (WoS) de 1990 a 1 de agosto de 2021 (n = 65).

Figura 2 - Ilustração usando WOSviewer. Quanto maior o tamanho das bolhas, maior a associação.



Fonte: WOSviewer output (2021)

Figura 3 - Usando Iramuteq. Quanto maior o tamanho das letras maior é a frequência e por cores: verde de os termos mais frequentes, as letras em vermelho são o segundo grupo de palavras de frequência; azul e preto são termos menos frequentes.

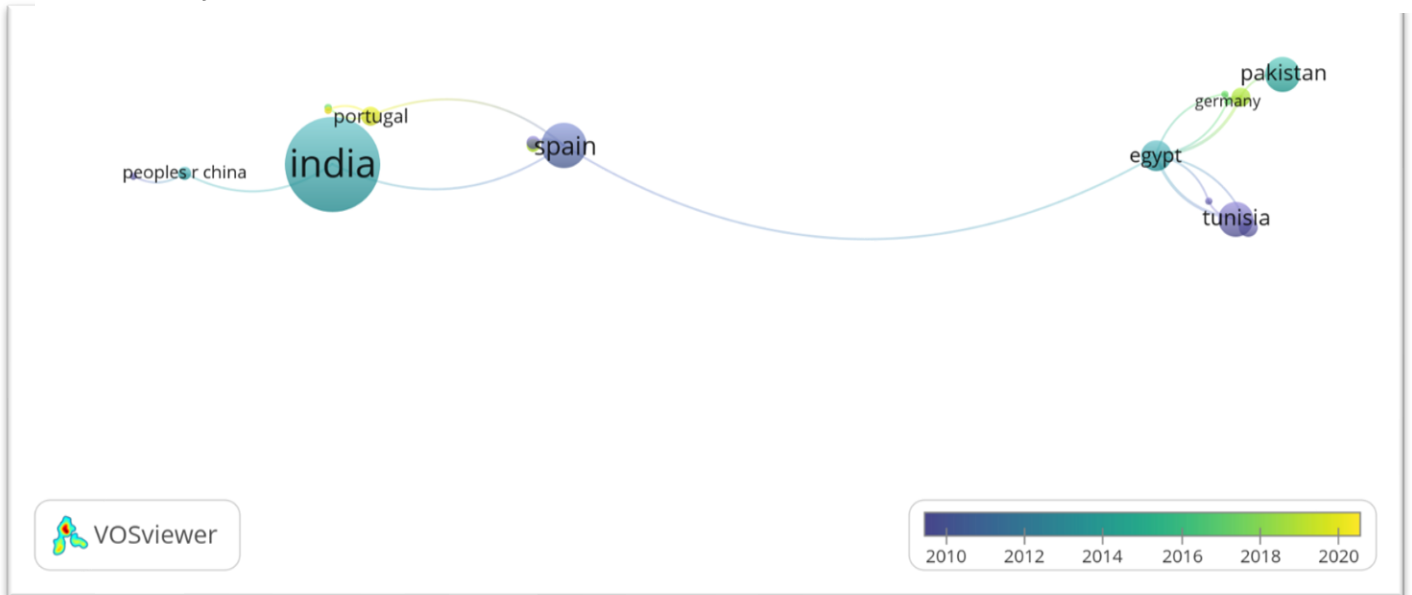


Fonte: Adaptação do autor dos dados do Iramuteq output (2021)

Em relação à contribuição dos países para estudos relacionados à simbiose do grão de bico, e seus vínculos de parcerias e colaborações, a Índia teve o maior número de artigos (16), seguido, Paquistão (6), Tunísia (4), Israel (2) e diversas co-participações entre vários países (Fig. 4). O maior número de artigos com grão de bico na Índia pode refletir a maior resposta à inoculação com *Rhizobium* e a disponibilidade

de inoculantes comerciais no país, para uso em experimentos de campo com diferentes práticas agrícolas (Figura 4).

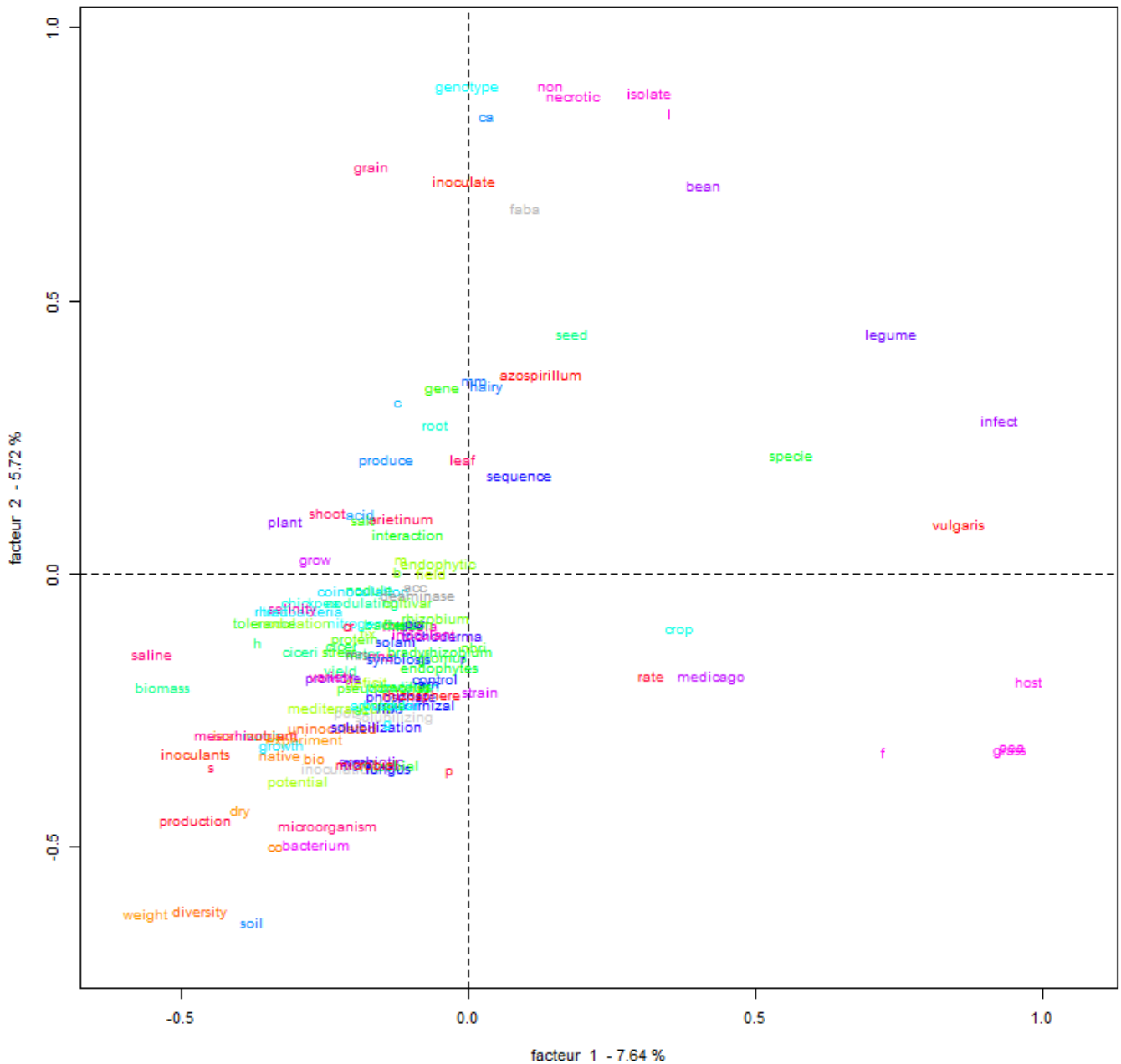
Figura 4 - Visualização da densidade dos países que contribuíram com a estratégia de busca de (*Cicer arietinum*) AND (inoculação) AND (strain) utilizada na base de dados Web of Science® (WoS). Quanto maior for o tamanho das bolhas, maior será a contribuição.



Fonte: WOSviewer output (2021)

Ao realizar a Análise fatorial de correspondência (FCA), que é uma representação gráfica dos dados para auxiliar na visualização da proximidade entre classes ou palavras, foi possível visualizar a frequência dos termos utilizados na forma de um plano fatorial (Fig. 5)

Figura 5 - Análise fatorial de correspondência (FCA) mostrando na visualização gráfica a frequência dos termos utilizados com base na busca de 1990 a agosto de 2021.



Fonte: Adaptação do autor dos dados do Iramuteq output, 2021.

Essa análise realiza estatísticas simples sobre o 'corpus textual', atendendo aos seguintes procedimentos: identificação das unidades do texto, número de palavras, frequência média e busca de vocabulário e redução de palavras com base em suas raízes e ramos (formas reduzidas).

Conforme mostrado na Fig. 5, podemos observar que a maior parte das classes inteiras estão no quadrante inferior, ou seja, o quadrante esquerdo concentra a maior

parte dos termos e a maior proximidade entre eles. As palavras-chave: Rhizobium, Mesorhizobium, yield, symbiosis, solubilizing, Pseudomonas, Rhizosphere, Cicer e Mycorrizal são as mais próximas neste quadrante. Os termos mais distantes são saline, Biomass, dry, weight, diversity e soil. Por outro lado, no quadrante superior esquerdo, as palavras estão mais afastadas; o mais distante é o grain, seguido pelo inoculate e gene. Os termos mais próximos entre si e ao quadrante que possui mais número de classes são endophytic, interaction, acid, salt and shoot. No quadrante direito encontram-se os termos mais distantes presentes na esfera de tendências de pesquisa como necrotic, faba, bean, infect, vulgaris, espécie e seed.

Com base na plotagem da análise de similaridade da análise textual das palavras-chave utilizadas na busca de 1990 a 1º de agosto de 2021 no banco de dados, foi possível traçar um gráfico. Os resultados da análise de similaridade mostram dois nós principais ligados juntos. O mais espesso representa "chickpea", originando predominantemente os seguintes ramos: bifurcado "Yield", Growth", "Cicer", "Plant", "soil", "root" e "Strain", o segundo nó representado pelo termo "inoculation" está ligado ao ramo "plant": "legume" é o ramo desenvolvido pelo ramo "strain" (Fig. 6).

5. CONCLUSÃO

Há potencial na inoculação e/ou coinoculação de *Cicer arietinum* tanto com bactérias fixadoras de nitrogênio/ Rizobacterias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs) quanto com fungos micorrizicos arbusculares. A inoculação/coinoculação de grão de bico promove efeitos positivos devido, entre outros, à fixação biológica de nitrogênio, o qual depende de fatores como a fertilidade e a umidade do solo, a cultivar e os microrganismos.

Há uma grande oportunidade para melhorar a resposta do grão de bico na simbiose usando ambos, o manejo conservacionista de culturas e dos nutrientes do solo assim como as estirpes eficientes de *Rhizobium* selecionadas para inocular. Estudos ainda são necessários para atingir os objetivos de fornecimento de nitrogênio via fixação biológica por meio da simbiose entre planta e rizóbio para melhorar a performance agronômica do grão de bico sustentavelmente.

6. REFERÊNCIAS

- ADHIKARY, ARINDAM & KUMAR, RAJIV & PANDIR, RANJNA & BHARDWAJ, PANKAJ & WUSIRIKA, RAMAKRISHNA & KUMAR, SANJEEV. **Pseudomonas citroneolis**; a multi-metal resistant and potential plant growth promoter against arsenic (V) stress in chickpea. *Plant Physiology and Biochemistry*. 142. 10.1016/j.plaphy.2019.07.006. 2019
- AHEMAD, M. M.S. KHAN. **Response of greengram [Vigna radiata (L.) Wilczek] grown in herbicide-amended soil to quizalafop-p-ethyl and clodinafop tolerant plant growth promoting Bradyrhizobium sp. (vigna) MRM6** *J. Agric. Sci. Technol.*, 13 (2011a), pp. 1209.
- AHEMAD, M. M.S. KHAN **Insecticide-tolerant and plant growth promoting Bradyrhizobium sp. (vigna) improves the growth and yield of greengram [Vigna radiata (L.) Wilczek] in insecticide-stressed soils** *Symbiosis*, 54 (2011b), pp. 17.
- AHEMAD, M. M.S. KHAN. **Productivity of greengram in tebuconazole-stressed soil, by using a tolerant and plant growth-promoting Bradyrhizobium sp. MRM6 strain** *Acta Physiol. Plant.*, 34 (2012c), pp. 245.
- ALTOMARE, C., NORWELL, W. A., BJÖRKMAN, T., & HARMAN, G. **Solubilization of Phosphates and Micronutrients by the Plant-Growth-Promoting and Biocontrol Fungus Trichoderma harzianum Rifai 1295-22**. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(7). 1999
- ANTONIO, C. R., ADEMIR, S. F. DE A., & FABIO, F. DE A. **Nitrogen application and inoculation with Rhizobium tropici on common bean in the fall/winter**. *African Journal of Agricultural Research*, 9(42), 3156–3163. <https://doi.org/10.5897/ajar2013.7982>. 2014
- APÁEZ BARRIOS, M., ESCALANTE ESTRADA, J. A. S., RODRÍGUEZ GONZALEZ, M. T., SOSA MONTES, E. **Distancia entre hileras, nitrógeno y producción de garbanzo en humedad residual**. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(2), 223-234. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000200223. 2016
- ARAÚJO, A. S. F. DE, FIGUEREIDO, M. DO V. B., & MONTEIRO, R. T. R. **Potential of Biological Nitrogen Fixation As Indicator or soil pollution**. In *Nitrogen Fixation Research Progress* (Vol. 9, Issue 2, pp. 9–10). 2008
- ARGAW, A. AND AKUMA, A. **“Rhizobium leguminosarum bv.viciae sp. inoculation improves the agronomic efficiency of N of common bean (Phaseolus vulgaris L.)”** *Environmental Systems Research*, 4:11. 2015
- ASLAM, M. I. A. MAHMOOD, T. SULTAN, S. AHMAD, AND M. A. ZAHID, **“Growth and yield response of chickpea (Cicer arientinum) to rarious rhizobium strains fertilized with different phosphorus levels,”** *International Journal of Agriculture*

and **Biology**, vol. 2, no. 1-2, pp. 89–91, 2000.

BANO, ASGHARI, RASHIDA BATOOL, AND FRANK DAZZO. "**Adaptation of chickpea to desiccation stress is enhanced by symbiotic rhizobia.**" *Symbiosis* 50.3 (2010): 129-133.

BECK, DOUGLAS P. "**Yield and nitrogen fixation of chickpea cultivars in response to inoculation with selected rhizobial strains.**" *Agronomy Journal* 84.3 (1992): 510-516.

BEN ROMDHANE, S., et al. "**Selection of high nitrogen-fixing rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum*) for semi-arid Tunisia.**" *Journal of Agronomy and Crop Science* 194.6 (2008): 413-420.

BENITO, P., ALONSO-VEGA, P., AGUADO, C., LUJÁN, R., ANZAI, Y., HIRSCH, A. M., & TRUJILLO, M. E. (2017). "**Monitoring the colonization and infection of legume nodules by *Micromonospora* in co-inoculation experiments with rhizobia.**" *Scientific Reports*, 7(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11428-1>

BERGER J. D, ALI M., BASU P. S. et al., "**Genotype by environment studies demonstrate the critical role of phenology in adaptation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to high and low yielding environments of India,**" *Field Crops Research*, 98 (2) 230–244. 2006

BHATTACHARJYA, SUDESHNA, AND RAMESH CHANDRA. "**Effect of inoculation methods of *Mesorhizobium ciceri* and PGPR in chickpea (*Cicer arietinum* L.) on symbiotic traits, yields, nutrient uptake and soil properties.**" *Legume Research-An International Journal* 36.4 (2013): 331-337.

BIABANI, ABBAS, et al. "**Effects of seed deterioration and inoculation with '*Mesorhizobium ciceri*' on yield and plant performance of chickpea.**" *Australian Journal of Crop Science* 5.1 (2011): 66-70.

BROCKWELL, J., GAULT, R. R., J., M. L., M.B., P., G.L., T., & F.J.; B. "**Effects of soil nitrogen status and rate of inoculation on the establishment and populations of *Bradyrhizobium japonicum* and on the nodulation of soybeans.**" *Australian Journal of Agricultural Research*, 40(4), 753–762. 1989

BURDMAN, SAUL et al. "**Field inoculation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and chick pea (*Cicer arietinum* L.) with *Azospirillum brasilense* strain Cd.**" *Symbiosis*, 1996.

BURDMAN S., VEDDER D., GERMAN M., ITZIGSOHN R., KIGEL J., JURKEVITCH E., OKON Y., "**Legume crop yield promotion by inoculation with *Azospirillum*,**" in: Elmerich C., Kondorosi A., Newton W.E. (Eds.), *Biological Nitrogen Fixation for the 21st Century*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 609–612. 1998

CHANDRA, R., & PAREEK, R. P. "**Effect of inoculum rate on the performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Rhizobium strains in the field.**" *Biology and Fertility*

of Soils, 4345, 83–87. 1987

CUBERO, J. I.. **Morphology of chickpea**. The chickpea, 35-66. DOI 10.1007/978-3-319-66117-9_3. 1987

DART, P. J., ISLAM, R., EAGLESHAM, A. 1975. **The root nodule symbiosis of chickpea and pigeonpea**. de Miguel Gordillo, E. El garbanzo: una alternativa para el secoano. 1991

DI BONITO, R., PORRECA, G., & MANNELLI, S. **Competition for Nodulation of Rhizobium spp.(Cicer Arietinum L.) Inoculated on Different Cultivars of Chickpea. Symbiosis**. 1990

EGAMBERDIEVA D, WIRTH SJ, SHURIGIN VV, HASHEM A, ABD ALLAH EF. **Endophytic Bacteria Improve Plant Growth, Symbiotic Performance of Chickpea (Cicer arietinum L.) and Induce Suppression of Root Rot Caused by Fusarium solani under Salt Stress**. Front Microbiol. Sep 28;8:1887. doi: 10.3389/fmicb.2017.01887. PMID: 29033922; PMCID: PMC5625113. 2017

ELKOCA, E., KANTAR, F., & SAHIN, F. **Influence of nitrogen fixing and phosphorus solubilizing bacteria on the nodulation, plant growth, and yield of chickpea**. *Journal of Plant Nutrition*, 31(1), 157–171. <https://doi.org/10.1080/01904160701742097>. 2008

EL-ESAWI M. A., AL-GHAMDI A. A., ALI H. M., ALAYAFI A. A. **Azospirillum lipoferum FK1 confers improved salt tolerance in chickpea (Cicer arietinum L.) by modulating osmolytes, antioxidant machinery and stress related genes expression**. *Environ. Exp. Bot.* 159 55–65. 2019

EL HADI, E. A., & ELSHEIKH, E. A. E. **Effect of Rhizobium inoculation and nitrogen fertilization on yield and protein content of six chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars in marginal soils under irrigation**. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 54(1), 57–63. <https://doi.org/10.1023/A:1009778727102>. 1999

ELSHEIKH, E. A. E., & WOOD, M. **Effect of Salinity on Growth, Nodulation and Nitrogen Yield of Chickpea (Cicer arietinum L.)**. *Journal of Experimental Botany*, 41(10), 1263–1269. <https://doi.org/10.1093/jxb/41.10.1263>. EMBRAPA, 2017. <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/26381597/brazilian-research-develops-chickpeas-aimed-at-asian-market>. 1990

ERMAN M., DEMIR S., OCAK E., TUFENKÇI S, OĞUZ F. & AKKOPRU A. **“Effects of Rhizobium, arbuscular mycorrhiza and whey applications on some properties in chickpea (Cicer arietinum L.) under irrigated and rainfed conditions 1-yield, yield components, nodulation and AMF colonization,”** *Field Crops Research*, 122 (1) 14–24. 2011

ESFAHANI, M. N., KUSANO, M., NGUYEN, K. H., WATANABE, Y., VAN HA, C., SAITO, K., TRAN, L.-S. P. **Adaptation of the symbiotic Mesorhizobium–chickpea relationship to phosphate deficiency relies on reprogramming of whole-plant metabolism**. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(32), E4610-

E4619. DOI: 10.1073/pnas.1609440113. 2016

ESPECHE, C. M., VIZGARRA, O. N., MAMANI GONZALES, S. Y., MENDEZ, D. E., PLOPER, L. D. **El garbanzo: una buena opción para el invierno.** <https://core.ac.uk/download/pdf/158831953.pdf>. 2015. Data de consulta: 9 de setembro de 2021.

FARIDY, J. C. M., STEPHANIE, C. G. M., GABRIELA, M. M. O., & CRISTIAN, J. M. . **Biological Activities of Chickpea in Human Health (Cicer arietinum L.).** A Review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(2), 142–153. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00814-2>. 2020

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. FAOSTAT. **Food and agriculture data.** 2019. Disponível em :<<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>>. Acessado em: JUL.10. 2021

GARDENS, K. **Cicer arietinum.** *Plants of the World Online.* 2021

GEBREMARIAM, M., & TEFAY, T. **Effect of rhizospheric bacteria and Rhizobium inoculation on nodulation, Growth and Yield of Chickpea (Cicer arietinum L.).** *International Journal of Agronomy*, 2021, 2013–2014. 2014

GEBREMARIAM, MEBRAHTU; TEKLAY TEFAY. "Effect of P Application Rate and Rhizobium Inoculation on Nodulation, Growth, and Yield Performance of Chickpea (Cicer arietinum L.)." *International Journal of Agronomy* 2021.

GELETU, T., & MEKONNEN, F. **The Effect of Bio and Inorganic Fertilizer on Yield , Nutrient Uptake and Economics of Mungbean (Vigna radiata L . Wilczek) Varieties in Ethiopia.** *Open Access Journal of Agricultural Research*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.23880/oajar-16000211>. 2018

GILLER K. E. AND CADISCH G. "Future benefits from biological nitrogen fixation: an ecological approach to agriculture," *Plant and Soil*, vol. 174, no. 1-2, pp. 255–277. 1995

GLICK, B. R. **Plant Growth-Promoting Bacteria : Mechanisms and Applications.** Hindawi Publishing Corporation Scientifica, 2012, 15. 2012

GOEL, A. K., S. S. SINDHU, AND K. R. DADARWAL. "Pigment diverse mutants of *Pseudomonas* sp.: inhibition of fungal growth and stimulation of growth of *Cicer arietinum*." *Biologia plantarum* 43.4 (2000): 563-569

GOEL, A. K., SINDHU, S. S., & DADARWAL, K. R. **Stimulation of nodulation and plant growth of chickpea (Cicer arietinum L.) by Pseudomonas spp. antagonistic to fungal pathogens.** *Biology and Fertility of Soils*, 36(6), 391–396. <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0554-5>. 2002

GOPALAKRISHNAN S, VADLAMUDI S, SAMINENI S, KUMAR CVS. **Plant growth-promotion and biofortification of chick-pea and pigeonpea through inoculation of biocontrol potential bacteria, isolated from organic soils.** 2016

GOUDA, S., KERRY, R. G., DAS, G., PARAMITHIOTIS, S., SHIN, H.-S., & PATRA, J. K. **Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture.** *Microbiol Res.* 206, 131–140. 2018

HACISALIHOGU, G., & KOCHIAN, L. V. **How do some plants tolerate low levels of soil zinc?** Mechanisms of zinc efficiency in crop plants. *New Phytologist*, 159(341–350). 2003

HANSEN, A.P., CHOUDHARY, D.K., AGRAWAL, P.K., VARMA, A. *Rhizobium Biology and Biotechnology.* 2017

HAMAOU, BIANCA, et al. **"Effects of inoculation with *Azospirillum brasilense* on chickpeas (*Cicer arietinum*) and faba beans (*Vicia faba*) under different growth conditions."** *Agronomie* 21.6-7 (2001): 553-560.

HEMISSI, IMEN, et al. **"Effects of some *Rhizobium* strains on chickpea growth and biological control of *Rhizoctonia solani*."** *African Journal of Microbiology Research* 5.24 (2011): 4080-4090.

HENZELL, E. F. **The role of biological nitrogen fixation research in solving problems in tropical agriculture.** *Plant and Soil*, 108(1), 15–21. <https://doi.org/10.1007/BF02370095>. 1988

HERNANDEZ, L., & HILL, G. **Effect of plant population and inoculation on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.).** *Proc. Agron. Soc. NZ*, 75–79. http://www.agronomysociety.org.nz/uploads/94803/files/1983_15._Chickpea_pop_inoculation_yield_effects.pdf. 1983

HYDERABAD, B. **International Workshop on Grain Legumes.** International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 1975

IBRAFE. **Instituto Brasileiro do Feijão e Pulses.** Disponível em: <https://www.ibrafe.org/o-que-sao-pulses/> acessado em 20/Nov/2021.

IMRAN, ASMA et al. **"Differential response of kabuli and desi chickpea genotypes toward inoculation with PGPR in different soils."** *Frontiers in microbiology* vol. 6 859. 25 Aug. 2015, doi:10.3389/fmicb.2015.00859

KALKAL, MINAKSHI & KUMAR, KRISHAN & WALDIA, RADHEY & DUDEJA, S.S. **Interaction of Mesorhizobia, Vesicular Arbuscular Mycorrhiza and different Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes for Nitrogen Fixing and Yield Attributing traits.** *LEGUME RESEARCH - AN INTERNATIONAL JOURNAL*. 40. 10.18805/lr.v40i04.9005. 2017

KAMBLE, G., GIRI, G. K., A. M. CHARPE, & WAKTE, P. S. **Effect of nitrogen doses with rhizobium seed inoculation on nodulation and grain yield of chickpea.** 2019

KANTAR, F., SHIVAKUMAR, B. G., ARRESE-IGOR, C., HAFEEZ, F. Y., GONZÁLEZ, E. M., IMRAN, A., & LARRAINZAR, E. **Efficient Biological Nitrogen Fixation Under Warming Climates**. *Climate Change and Management of Cool Season Grain Legume Crops*, 283–306. 2010

KAUR, N. et al. **“Co-inoculation of Mesorhizobium sp. and plant growth promoting rhizobacteria Pseudomonas sp. as bio-enhancer and bio-fertilizer in chickpea (Cicer arietinum L.)”** *Legume Research* 38 (2015): 367-374.

KHADRAJI, AHMED, MOURADI, MOHAMMED AND GHOULAM, CHERKI. **Growth and Mineral Nutrition of the Chickpea (Cicer arietinum L.)-Rhizobia Symbiosis under Water Deficit**. *Brazilian Archives of Biology and Technology* [online]. 2017, v. 60 [Accessed 15 November 2021] , e17160325. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1678-4324-2017160325>>. Epub 14 June 2018. ISSN 1678-4324. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2017160325>.

KHAI TOV, B., KURBONOV, A., ABDIEV, A., & ADILOV, M. **Effect of chickpea in association with Rhizobium to crop productivity and soil fertility**. *Eurasian Journal of Soil Science (Ejss)*, 5(2), 105. <https://doi.org/10.18393/ejss.2016.2.105-112>. 2016

KHAN, D. F., PEOPLES, M. B., SCHWENKE, G. D., FELTON, W. L., CHEN, D., & HERRIDGE, D. F. **Effects of below-ground nitrogen on N balances of field-grown fababeans, chickpea, and barley**. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54(4), 333–340. 2003. <https://doi.org/10.1071/AR02105>

KUSHWAHA, P., SRIVASTAVA, R., PANDIYAN, K., SINGH, A., CHAKDAR, H., KASHYAP, P. L., BHARDWAJ, A. K., MURUGAN, K., KARTHIKEYAN, N., BAGUL, S. Y., SRIVASTAVA, A. K., & SAXENA, A. K. **Enhancement in plant growth and zinc biofortification of chickpea (Cicer arietinum L.) by Bacillus altitudinis**. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(2), 922–935. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00411-5>. 2021

LARANJO, M., ALEXANDRE, A., & OLIVEIRA, S. **Legume growth-promoting rhizobia: an overview on the Mesorhizobium genus**. *Microbiol Res.*, 169(1), 2–1. 2014

LADIZINSKY, G., & ADLER, A. **The origin of chickpea Cicer arietinum L. Euphytica**, 25(1), 211–217. 1976. <https://doi.org/10.1007/BF00041547>

Keister, D. L., & Cregan, P. B. *The Rhizosphere and Plant Growth*. Mahler, R. L.; Aeschlimann, J. **Soil fertility requirements of pea, lentil, chickpea and. World crops: Cool season food legumes: A global perspective of the problems and prospects for crop improvement in pea, lentil, faba bean and chickpea**, v. 5, p. 279, 2012. 1976. 1989

LE HX. **Effects of endophytic actinobacteria on lucerne growth and the development of its N₂-fixation symbiosis with rhizobia**. Flinders University, Doctor of Philosophy. 2015

LE XH, BALLARD RA, FRANCO CMM. **Effects of endo-phytic *Streptomyces* mineral nitrogen on Lucerne (*Medicago sativa* L.) growth and its symbiosis with rhizobia.** *Plant Soil* 405:25–34. 2016a

LE HX, FRANCO CMM, BALLARD AR, DREW AL. **Isolation and characterisation of endophytic actinobacteria and their effect on the early growth and nodulation of lucerne (*Medicago sativa* L.).** *Plant Soil* 405:13–24. 2016b

LIBERATI, A.; ALTMAN, D.G.; TETZLAFF, J.; MULROW, C.; GÖTZSCHE, P.C.; IOANNIDIS, J.P.A.; CLARKE, M.; DEVEREAUX, P.J.; KLEIJNEN, J.; MOHER, D. **The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration.** *PLOS Medicine*. v. 62. n. 10. p. 1-34. 2009.

MA, Y.M. RAJKUMAR, Y. LUO, H. FREITAS. **Inoculation of endophytic bacteria on host and non-host plants-effects on plant growth and Ni uptake.** *J. Hazard. Mater.*, 195 (2011), pp. 230-237.

MAYAK, S. T. TIROSH, B.R. GLICK. **Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress.** *Plant Physiol. Biochem.*, 42 (2004), pp. 565-

MEDINA, R., PARTIDA, L., PALACIOS, R. E., AIL, C. E., DÍAZ, T., VELÁZQUEZ, Y. T. J. **Primer Registro de *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromizidae) como Minador de la Hoja del Garbanzo *Cicer arietinum*.** *Southwestern Entomologist*, 39(1). DOI: 10.3958/059.039.0118. 2014

MERGA, B., & HAJI, J. **Economic importance of chickpea: Production, value and world trade.** *Cogent Food & Agriculture*, 5(1). 2019

MISK, A., & FRANCO, C. **Biocontrol of chickpea root rot using endophytic actinobacteria.** *BioControl*, 56(5), 811–822. <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9352-z>. 2011

MITTAL, V., SINGH, O., NAYYAR, H., KAUR, J., & TEWARI, R. **Stimulatory effect of phosphate-solubilizing fungal strains (*Aspergillus awamori* and *Penicillium citrinum*) on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. GPF2).** *Soil Biology and Biochemistry*, 40(3), 718–727. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.10.008>

MIRZA, BABUR SAEED, et al. **"Coinoculation of chickpea with *Rhizobium* isolates from roots and nodules and phytohormone-producing *Enterobacter* strains."** *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47.8 (2007): 1008-1015.

MISHRA, ARADHANA, et al. **"Rhizosphere competent *Pantoea agglomerans* enhances maize (*Zea mays*) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) growth, without altering the rhizosphere functional diversity."** *Antonie Van Leeuwenhoek* 100.3 (2011): 405-413.

MOINUDDIN D., HUSSAIN T. A, KHAN S. et al., **"Use of N and P biofertilizers together with phosphorus fertilizer improves growth and physiological**

attributes of chickpea," Global Journal of Agricultural Sciences, vol. 2, pp. 168–174. 2014

MORENO, M. T., AND J. I. CUBERO,; **Variation in Cicer arietinum L.** Euphytica 27, 465—468. 1978

MORALES, G. J. A.. G. MARTÍNEZ D., J. HUMBERTO NM, AA FÚ C. 2004. **EI cultivo de garbanzo blanco en Sonora.** 2004.
<http://cca.uas.edu.mx/images/posgrado/Tesis/COHORTE%202013-2015/77.%20Raul%20Sauceda%20Acosta.pdf>

MURRAY, J. D. **Invasion by invitation: Rhizobial infection in legumes.** Molecular Plant-Microbe Interactions, 24(6), 631–639. 2011. <https://doi.org/10.1094/MPMI-08-10-0181>

NADEEM, SAJID MAHMOOD, MUHAMMAD YAHYA KHAN, MAQSHOOF AHMAD, MUHAMMAD NAEEM MUSHTAQ, KASHIF NAZIR QURESHI, MUHAMMAD NAVEED, et al. **Survival Efficacy and Potential of Mesorhizobium Ciceri for Enhancing the Growth and Yield of Imidacloprid-Treated Chickpea (Cicer Arietinum).** Soil & Environment 39, no. 1 (May 25, 2020).
 doi:10.25252/se/2020/91830.

NAGPAL, S., SHARMA, P., SIRARI, A., KUMAWAT, K. C., WATI, L., GUPTA, S. C., & MANDAHAL, K. S. **Chickpea (Cicer arietinum L.) as model legume for decoding the co-existence of Pseudomonas fluorescens and Mesorhizobium sp. as bio-fertilizer under diverse agro-climatic zones.** Microbiological Research, 247(February), 126720. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126720>

NAUTIYAL, C. SHEKHAR. "Rhizosphere competence of Pseudomonas sp. NBRI9926 and Rhizobium sp. NBRI9513 involved in the suppression of chickpea (Cicer arietinum L.) pathogenic fungi." FEMS Microbiology Ecology 23.2 1997: 145-158.

OLIVEIRA RS, CARVALHO P, MARQUES G, FERREIRA L, NUNES M, ROCHA I, MA Y, CARVALHO MF, VOSÁTKA M, FREITAS H. **Increased protein content of chickpea (Cicer arietinum L.) inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and nitrogen-fixing bacteria under water deficit conditions.** J Sci Food Agric. Oct; 97(13):4379-4385. doi: 10.1002/jsfa.8201. Epub 2017 Feb 8. PMID: 28071807. 2017

ÖĞÜTÇÜ, H., KASIMOĞLU, C., & ELKOCA, E. **Effects of Rhizobium strains isolated from wild chickpeas on the growth and symbiotic performance of chickpeas (Cicer arietinum L.) under salt stress.** Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 34(5), 361–371. 2010. <https://doi.org/10.3906/tar-0904-34>

OKON Y., LABANDERA-GONZALES C.A. **Agronomic applications of Azospirillum: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation,** Soil Biol.. Biochem. 26, 1591–1601. 1994

ORTIZ, A., VENIALGO, M. **El uso de fertilizantes químicos y el crecimiento de la agricultura paraguaya.** Contabilidad, Marketing y Empresa, 3(1).

<https://www.unae.edu.py/ojs/index.php/facem/article/view/81>. 2017. Data de consulta: 3 de setembro de 2021.

PAÇO A, DA-SILVA JR, TORRES DP, GLICK BR, BRÍGIDO C. **Exogenous ACC Deaminase Is Key to Improving the Performance of Pasture Legume-Rhizobial Symbioses in the Presence of a High Manganese Concentration**. *Plants (Basel)*. Nov 24;9(12):1630. doi: 10.3390/plants9121630. PMID: 33255180; PMCID: PMC7760732. 2020

PASQUALONE, A., SUMMO, C., DE ANGELIS, D., CUCCI, G., CARANFA, D., & LACOLLA, G. **Effect of mineral and organic fertilization on desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.): Plant growth and production, hydration properties, bioactive compounds, and antioxidant activity**. *Plants*, 10(7). 2021 <https://doi.org/10.3390/plants10071441>

PEGORARO, R. F., NETA, M. N. DE A., DA COSTA, C. A., SAMPAIO, R. A., FERNANDES, L. A., & RODRIGUES, M. N. **Chickpea production and soil chemical attributes after phosphorus and molybdenum fertilization**. *Ciencia e Agrotecnologia*, 42(5), 474–483. 2018. <https://doi.org/10.1590/1413-70542018425011618>

PEIX, A., et al. **"Growth promotion of chickpea and barley by a phosphate solubilizing strain of *Mesorhizobium mediterraneum* under growth chamber conditions."** *Soil Biology and Biochemistry* 33.1 (2001): 103-110.

PÉREZ-MONTAÑO, F., ALÍAS-VILLEGAS, C., BELLOGÍN, R. A., DEL CERRO, P., ESPUNY, M. R., JIMÉNEZ-GUERRERO, I., LÓPEZ-BAENA, F. J., OLLERO, F. J., & CUBO, T. **Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: From microorganism capacities to crop production**. *Microbiological Research*, 169(5–6), 325–336. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.09.011>

PINSKI, A., BETEKHTIN, A., HUPERT-KOCUREK, K., MUR, L. A. J., & HASTEROK, R. **Defining the genetic basis of plant–endophytic bacteria interactions**. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(8). 2019. <https://doi.org/10.3390/ijms20081947>

POI, S. C., GHOSH, G., & KABI, M. C. **Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to combined inoculation with *Rhizobium*, phosphobacteria and mycorrhizal organisms**. *Zentralblatt Für Mikrobiologie*, 144(4), 249–253. 1989. [https://doi.org/10.1016/s0232-4393\(89\)80085-x](https://doi.org/10.1016/s0232-4393(89)80085-x)

RATINAUD, P. **IRAMUTEQ: Interface de R pour les analyses multidimensionnelles de textes et de questionnaires**. 2008. [Computer software].

RAVI, R., HARTE, J. B.. **Milling and physicochemical properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties**. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(2), 258-266. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.3435>

RAWAT, N., SHARMA, M., SUYAL, D.C. et al. Psychrotolerant Bio-inoculants and

Their Co-inoculation to Improve *Cicer arietinum* Growth and Soil Nutrient Status for Sustainable Mountain Agriculture. *J Soil Sci Plant Nutr* 19, 639–647 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42729-019-00064-5>

REHAN W., JAN A., LIAQAT W. et al. "**Effect of phosphorous, rhizobium inoculation and residue types on chickpea productivity,**" *Pure and Applied Biology*, vol. 7, no. 3. 2018

REBESCHINI A. C., MAZZUCHELLI R. C. L., ARAUJO A. S. F, AND ARAUJO F. F. "**Nitrogen application and inoculation with rhizobium tropici on common bean in the fall/winter,**" *African Journal of Agricultural Research*, vol. 9, no. 42, pp. 3156–3163. 2014

RODELAS, B., GONZÁLEZ-LÓPEZ, J., MARTÍNEZ-TOLEDO, M. V., POZO, C., & SALMERÓN, V. **Influence of Rhizobium/Azotobacter and Rhizobium/Azospirillum combined inoculation on mineral composition of faba bean (*Vicia faba* L.).** *Biology and Fertility of Soils*, 29(2), 165–169. 1999. <https://doi.org/10.1007/s003740050540>.

ROMDHANE, SAMIR BEN, et al. "**Competition for nodule formation between introduced strains of *Mesorhizobium ciceri* and the native populations of rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum*) in Tunisia.**" *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 23.9 (2007): 1195-1201.

ROMDHANE, SAMIR BEN, et al. "**The diversity of rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum*) under water deficiency as a source of more efficient inoculants.**" *Soil Biology and Biochemistry* 41.12 (2009): 2568-2572.

RODRIGUEZ, H. AND FRAGA, R. **Phosphate Solubilizing Bacteria and Their Role in Plant Growth Promotion.** *Journal of Biotechnology Advances*, 17, 319-339. [http://dx.doi.org/10.1016/S0734-9750\(99\)00014-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0734-9750(99)00014-2). 1999

RUDRESH, D. L., M. K. SHIVAPRAKASH, AND R. D. PRASAD. "**Tricalcium phosphate solubilizing abilities of *Trichoderma* spp. in relation to P uptake and growth and yield parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.).**" *Canadian Journal of microbiology* 51.3 (2005): 217-222.

RUIZ-LOZANO, J. M., & AZCON, R. **Specificity and functional compatibility of VA mycorrhizal endophytes in association with *Bradyrhizobium* strains in *Cicer arietinum*.** *Symbiosis*, 15(3), 217–226. 1993

RUPELA O. P, & SAXENA, M. C. **Nodulation and nitrogen fixation in chickpea.** *Commonwealth Agricultural Bureaux International*, 191–206. 1987

RUPELA, O. P. **A visual rating system for nodulation of chickpea.** *International Chickpea Newsletter*, 22, 22-25. 1990

SADEGHZADEH, B. **A review of zinc nutrition and plant breeding.** *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(4), 905–927. 2013

SATHYA, A., VIJAYABHARATHI, R., SRINIVAS, V., & GOPALAKRISHNAN, S. (). **Plant growth-promoting actinobacteria on chickpea seed mineral density: an upcoming complementary tool for sustainable biofortification strategy.** 3 *Biotech*, 6(2), 1–6. 2016. <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0458-y>

SAXENA, J., SAINI, A., RAVI, I., CHANDRA, S., & GARG, V. **Consortium of Phosphate-solubilizing Bacteria and Fungi for Promotion of Growth and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum*).** *Journal of Crop Improvement*, 29(3), 353–369. <https://doi.org/10.1080/15427528.2015.1027979>. 2015

SAXENA, J., SAINI, A., KUSHWAHA, K., & ARIÑO, A. **Synergistic effect of plant growth promoting bacterium *Pseudomonas fluorescens* and phosphate solubilizing fungus *Aspergillus awamori* for growth enhancement of chickpea.** *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, 53(3–4), 135–143. 2016

SELVAKUMAR, G. S. REETHA, P. **Thamizhiniyan Response of biofertilizers on growth, yield attributes and associated protein profiling changes of blackgram (*Vigna mungo* L. Hepper)** *World Appl. Sci. J.*, 16 (2012), pp. 1368-1374

SEYEDIMORADI, H., TALEBI, R., KANOUNI, H., NAJI, A. M., & KARAMI, E. **Agromorphological description, genetic diversity and population structure of chickpea using genomic-SSR and ESR-SSR molecular markers.** *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 28(4), 483–495. 2019. <https://doi.org/10.1007/s13562-019-00507-1>

SHAHZAD, SHER M., et al. **"Improving nodulation, growth and yield of *Cicer arietinum* L. through bacterial ACC-deaminase induced changes in root architecture."** *European Journal of Soil Biology* 46.5 (2010): 342-347.

SHCHERBAKOVA, E.N., SHCHERBAKOV, A.V., ANDRONOV, E.E. et al. **Combined pre-seed treatment with microbial inoculants and Mo nanoparticles changes composition of root exudates and rhizosphere microbiome structure of chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants.** *Symbiosis* 73, 57–69 (2017). <https://doi.org/10.1007/s13199-016-0472-1>

SHEORAN, A., KHURANA, A. L., DUDEJA, S. S. **Nodulation competitiveness in the Rhizobium-chickpea nodulation variants symbiosis.** *Microbiological research*, 152(4), 407-412. 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0944-5013\(97\)80059-6](https://doi.org/10.1016/S0944-5013(97)80059-6).

SHREYA D, JINAL HN, KARTIK VP, AMARESAN N. **Amelioration effect of chromium-tolerant bacteria on growth, physiological properties and chromium mobilization in chickpea (*Cicer arietinum*) under chromium stress.** *Arch Microbiol.* 2020 May;202(4):887-894. doi: 10.1007/s00203-019-01801-1. Epub 2020 Jan 1. PMID: 31893290.

SINDHU, S. S., et al. **"Plant growth promoting effects of *Pseudomonas* sp. on coinoculation with *Mesorhizobium* sp. *Cicer* strain under sterile and "wilt sick" soil conditions."** *Applied Soil Ecology* 19.1 (2002): 57-64.

SINGH, U., JAMBUNATHAN, R. **Relationship between nonprotein nitrogen and total nitrogen in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed.** Journal of agricultural and food chemistry, 29(2), 423-424. 1981. DOI: 10.1021/jf00104a052

SINGH, R. P., MANCHANDA, G., MAURYA, I. K., TIWARI, P. K., MAHESHWARI, N. K., & RAI, A. R. **Streptomyces from rotten wheat straw endowed the high plant growth potential traits and agro-active compounds.** *Biocatal. Agri. Biotechnol.*, 17, 507–513. 2019

SIVARAMAIAH, N., MALIK, D. & SINDHU, S. S. **Improvement in symbiotic efficiency of chickpea (*Cicer arietinum*) by coinoculation of *Bacillus* strains with *Mesorhizobium* sp. *Cicer*.** Indian Journal of Microbiology, 47(March), 51–56. 2007

SINGH, S. P., & GAUR, R. **Evaluation of antagonistic and plant growth promoting activities of chitinolytic endophytic actinomycetes associated with medicinal plants against *Sclerotium rolfsii* in chickpea** (pp. 506–518). The Society for Applied Microbiology. 2016

SOREN, K. R., SHANMUGAVADIVEL, P. S., GANGWAR, P., SINGH, P., DAS, A., SINGH, N. P.. **Genomics-Enabled Breeding for Enhancing Micronutrients in Crops. In Biofortification of Food Crops** (pp. 115- 128): Springer.
https://scholar.google.co.in/citations?user=s60exRkAAAAJ&hl=en#d=gs_md_cita-d&u=%2Fcitations%3Fview_op%3Dview_citation%26hl%3Den%26user%3Ds60exRkAAAAJ%26citation_for_view%3Ds60exRkAAAAJ%3AUeHWp8X0CEC%26tzm%3D420. 2016. Data de consulta: 7 de setembro de 2021.

SOUZA, R. DE, AMBROSINI, A., & PASSAGLIA, L. M. P. **Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils.** Genetics and Molecular Biology, 38(4), 401–419. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1415-475738420150053>. 2015

SREEVIDYA M, GOPALAKRISHNAN S, KUDAPA H, VARSHNEY RK. **Exploring plant growth-promotion actinomy- cetes from vermicompost and rhizosphere soil for yield enhancement in chickpea.** Braz J Microbiol 47:85–95. 2016

TOGAY N., TOGAY Y., CIMRIN K. M., & TURAN M. **“Effects of rhizobium inoculation, sulfur and phosphorus applications on yield, yield components and nutrient uptakes in chickpea (*Cicer arietinum* L.)”** African Journal of Biotechnology, 7 (6) 776–782. 2008

TOKALA, R. K., STRAP, J. L., JUNG, C. M., CRAWFORD, D. L., SALOVE, M. H., DEOBALD, L. A., BAILEY, J. F., & MORRA, M. J. **Novel plant-microbe rhizosphere interaction involving *Streptomyces lydicus* WYEC108 and the pea plant (*Pisum sativum*).** Applied and Environmental Microbiology, 68(5), 2161–2171. 2002. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.5.2161-2171.2002>.

UPADHYAYA, H. D., ORTIZ, R., BRAMEL, P. J., SINGH, S. **Phenotypic diversity for morphological and agronomic characteristics in chickpea core collection.** Euphytica, 123(3), 333-342. 2002. DOI:<https://doi.org/10.1023/A:1015088417487>

VAN DER MAESEN, L. J. G. **Origin, history and taxonomy of chickpea.** In *The chickpea* (pp. 11-34). <https://edepot.wur.nl/304694>. 1987. Data de consulta: 28 de setembro de 2021.

VARSHNEY, R. K., SONG, C., SAXENA, R. K., AZAM, S., YU, S., SHARPE, A. G., CANNON, S., BAEK, J., ROSEN, B. D., TAR'AN, B., MILLAN, T., ZHANG, X., RAMSAY, L. D., IWATA, A., WANG, Y., NELSON, W., FARMER, A. D., GAUR, P. M., SODERLUND, C., ... COOK, D. R. **Draft genome sequence of chickpea (*Cicer arietinum*) provides a resource for trait improvement.** *Nature Biotechnology*, 31(3), 240–246. 2013. <https://doi.org/10.1038/nbt.2491>

VASSILEV, N., & VASSILEVA, M. **Biotechnological solubilization of rock phosphate on media containing agro-industrial wastes.** *Applied Microbiology and Biotechnology*, 61(5–6), 435–440. 2003. <https://doi.org/10.1007/s00253-003-1318-3>

VAVILOV, N. I.. **Studies on the origin of cultivated plants.** <https://core.tdar.org/document/125397/studies-on-the-origin-of-cultivated-plants>. 1926. Data de consulta: 6 de setembro de 2021

VERMA J.P, YADAV J., TIWARI K. N, & KUMAR A. **“Effect of indigenous Mesorhizobium spp. and plant growth promoting rhizobacteria on yields and nutrients uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under sustainable agriculture,”** *Ecological Engineering* 51,282–286. 2013

VIJAYABHARATHI R, GOPALAKRISHNAN S, SATHYA A, KUMAR MV, SRINIVAS V, SHARMA M. **Tri-dimensional deciphering of endophytic *Streptomyces* sp. on chickpea for plant growth-promotion, helper effect with *Mesorhizobium ciceri* on nodulation and host-plant resistance induction against *Botrytis cinerea*.** *Microb Pathog* 122:98–107. 2018

VO, Q.A.T., BALLARD, R.A., BARNETT, S.J. et al. **Isolation and characterisation of endophytic actinobacteria and their effect on the growth and nodulation of chickpea (*Cicer arietinum*).** *Plant Soil* 466, 357–371 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05008-6>

VOLPIN H., BURDMAN S., CASTRO-SOWINSKI S., KAPULNIK Y., OKON Y., **Inoculation with *Azospirillum* increased exudation of rhizobial nod-gene inducers by alfalfa roots,** *Mol. Plant- Microbe Interact.* 9. (1996) 388–394.

WALSH KB.. **Physiology of the legume nodule and its response to stress.** *Soil Biology and Biochemistry* 27, 637–655. 1995

WOOD, J. A., KNIGHTS, E. J., CHOCT, M. **Morphology of chickpea seeds (*Cicer arietinum* L.): comparison of desi and kabuli types.** *International Journal of Plant Sciences*, 172(5), 632-643. 2011. DOI: 10.1086/659456

XIA, X., MA, C., DONG, S., XU, Y., & GONG, Z. **Effects of nitrogen concentrations on nodulation and nitrogenase activity in dual root systems of soybean plants.** *Soil Science and Plant Nutrition*, 63(5), 470–482. 2017. <https://doi.org/10.1080/00380768.2017.1370960>

YADAV J. & VERMA J. P. () **“Effect of seed inoculation with indigenous Rhizobium and plant growth promoting rhizobacteria on nutrients uptake and yields of chickpea (*Cicer arietinum* L.)”**, European Journal of Soil Biology, 63. 70–77. 2014

YAHALOM E., OKON Y., DOVRAT A. **Early nodulation in legumes inoculated with *Azospirillum* and *Rhizobium***, Symbiosis 6, 69–80. 1988

TORONTO, C.; REMINGTON, R. **A step-by-step guide to conducting an integrative review**. Springer. 2020.

TCHEBOTAR V.K., KANG U.G., ASIS C.A., AKAO S. **The use of GUS-reporter gene to study the effect of *Azospirillum*- *Rhizobium* coinoculation on nodulation of white clover**, Biol. Fertil. Soils 27, 349–352. 1998

ZAHEER A, MALIK A, SHER A, MANSOOR QAISRANI M, MEHMOOD A, ULLAH KHAN S, ASHRAF M, MIRZA Z, KARIM S, RASOOL M. **Isolation, characterization, and effect of phosphate-zinc-solubilizing bacterial strains on chickpea (*Cicer arietinum* L.) growth**. Saudi J Biol Sci. 2019 Jul;26(5):1061-1067. doi: 10.1016/j.sjbs.2019.04.004. Epub 2019 Apr 8. PMID: 31303841; PMCID: PMC6600776.

ZAHRAN, H. H. **Rhizobium -Legume Symbiosis and Nitrogen Fixation under Severe Conditions and in an Arid Climate** . *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 63(4), 968–989. <https://doi.org/10.1128/mnbr.63.4.968-989.1999>. 1999

ZAHRAN, H. H. **Rhizobia from wild legumes: diversity, taxonomy, ecology, nitrogen fixation and biotechnology**. J. Biotechnol, 4(91). 2001