

USO DE *BACILLUS MEGATERIUM* NO MANEJO SUSTENTÁVEL DE *MANIHOT ESCULENTA* CRANTZ: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Data de submissão: 27/08/2024

Data de aceite: 02/09/2024

Lídia Ferreira Moraes

Universidade Federal do Maranhão –
UFMA
Chapadinha-MA
<http://orcid.org/0000-0002-5340-3263>

Fernando Freitas Pinto Junior

Universidade Federal do Maranhão –
UFMA
Chapadinha-MA
<https://orcid.org/0000-0002-1465-7412>

Janaiane Ferreira dos Santos

Universidade Federal do Maranhão –
UFMA
Chapadinha-MA
<http://orcid.org/0000-0003-0152-5725>

Gilcyvan Costa de Sousa

Universidade Federal do Maranhão –
UFMA
Chapadinha-MA
<http://orcid.org/0000-0002-5340-3263>

Josiel Lima Mesquita

Universidade Federal do Maranhão –
UFMA
Chapadinha-MA
<https://orcid.org/0000-0001-8592-3522>

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Universidade Federal do Maranhão –
UFMA
Chapadinha-MA
<http://orcid.org/0000-0002-8908-2297>

RESUMO: Cultivada em mais de 102 países devido à sua adaptação a condições adversas de clima e solo, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), pertencente à família Euphorbiaceae, é uma planta de grande importância socioeconômica. No Brasil, é consumida como hortaliça tuberosa e possui diversas variedades. O manejo adequado da cultura, por sua vez, geralmente envolve adubação fosfatada e o controle de plantas daninhas, cuidados que visam garantir uma boa produtividade. Todavia, o uso de microrganismos, como *Bacillus megaterium*, tem se mostrado promissor na promoção do crescimento da mandioca e na melhoria da qualidade do solo, oferecendo alternativas sustentáveis que podem reduzir a dependência de fertilizantes químicos e melhorar a eficiência nutricional em áreas de pequenos produtores rurais. Nesse sentido, o presente trabalho visa realizar uma revisão bibliográfica contendo os principais temas acerca da cultura da mandioca em associação ao *Bacillus megaterium*, a fim de destacar as principais informações e conclusões sobre o respectivo assunto.

PALAVRAS-CHAVE: Simbiose agrícola; Biofertilização; Sustentabilidade.

USE OF *BACILLUS MEGATERIUM* IN THE SUSTAINABLE MANAGEMENT OF *MANIHOT ESCULENTA* CRANTZ: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Cultivated in more than 102 countries due to its adaptation to adverse climate and soil conditions, cassava (*Manihot esculenta* Crantz), which belongs to the Euphorbiaceae family, is a plant of great socio-economic importance. In Brazil, it is consumed as a tuberous vegetable and has several varieties. Proper management of the crop usually involves phosphate fertilization and weed control, which aim to ensure good productivity. However, the use of microorganisms, such as *Bacillus megaterium*, has shown promise in promoting cassava growth and improving soil quality, offering sustainable alternatives that can reduce dependence on chemical fertilizers and improve nutritional efficiency in smallholder farming areas. With this in mind, this study aims to carry out a bibliographical review of the main topics on cassava cultivation in association with *Bacillus megaterium*, in order to highlight the main information and conclusions on the subject.

KEYWORDS: Agricultural symbiosis; Biofertilization; Sustainability.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a mandioca é amplamente consumida, desempenhando um papel crucial na alimentação e na economia, especialmente em áreas rurais (Lima *et al.*, 2020), visto que sua ampla distribuição geográfica se deve à sua capacidade de adaptação a condições adversas de clima e solo, características que a tornam uma cultura vital em diversas regiões tropicais e subtropicais (Alves *et al.*, 2020).

O sucesso dessa cultura está intrinsecamente ligado a práticas de manejo agrícola que garantem a produtividade e a qualidade do produto final (Pinheiro *et al.*, 2021). Nesse contexto, o uso de microrganismos benéficos, como *Bacillus megaterium*, emerge como uma alternativa promissora para o manejo da cultura da mandioca. Esse microrganismo tem demonstrado capacidade de promover o crescimento de plantas, melhorar a qualidade do solo e aumentar a eficiência da absorção de nutrientes, especialmente em ambientes agrícolas de pequenos produtores (Santos *et al.*, 2021).

Logo, considerando a relevância crescente dessas abordagens sustentáveis, o presente trabalho se propõe a realizar uma revisão bibliográfica abrangente sobre a cultura da mandioca em associação com *Bacillus megaterium*. A revisão visa consolidar o conhecimento existente, destacando as principais descobertas e conclusões acerca dos benefícios do uso desse microrganismo.

A CULTURA DA MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA* CRANTZ)

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertencente à família Euphorbiaceae, gênero *Manihot*, é consumida por milhões de pessoas, seu cultivo é realizado em mais de 102 países e está entre as culturas mais produzidas e consumidas no Brasil, além de outros países, como a África, por ser uma cultura de fácil adaptação a condições adversas de clima e solo (Albuquerque *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2018).

A mandioca, é uma planta que pode ser explorada como anual ou bianual, possui caule lenhoso e suporta solos de baixa fertilidade (Viana *et al.*, 2002). Apresenta fecundação cruzada (Dantas *et al.*, 2008), possui arbusto ereto, semiereto a decumbente variando de 5 a 15 cm de comprimento, raízes cilíndricas ou cônicas, com a casca variando de tonalidades entre marrom, marrom claro ou escuro; polpa branca ou creme, caule central presente ou ausente, quando jovem o caule apresenta cor verde, avermelhado ou roxo, quando maduro cinza, até marrom claro ou escuro; nós curtos medindo de 1 a 1,5 cm e largos maior que 5 cm, brotos jovens com cores verde, avermelhado, roxo, inflorescência disposta em panícula central com 2 a 4 racemos saindo no mesmo ponto, suas flores pistiladas de sépalas livres e abertas, amareladas, cremes, esverdeadas e com tonalidades vermelhas nas faces e frutos globosos alados, alas curtas 0,5 a 1 mm, medianas, 1,5 a 2 mm, largas maior que 2,5 mm, normalmente onduladas e com pigmento vermelho no bordo (Flores, 2013).

Na comercialização é considerada como uma hortaliça tuberosa, em virtude de ser comercializada com outras hortaliças (Byju; Suja, 2020) e seu consumo é proveniente de suas raízes tuberosas ricas em amido (FAO, 2019). É conhecida por diversos termos: aipim, mandioca de mesa ou macaxeira, dependendo da região e a principal diferença está nos teores de glicosídeos cianogênicos (TGC).

São classificadas como mansas as mandiocas “domésticas”, por não possuírem gosto amargo e apresentar baixos TGC. Seu consumo pode ser feito após processamento simples ou fervura (McMahon *et al.*, 1995). As bravas são denominadas de “selvagens” e possuem um sabor amargo e teor acima de 100 mg de ácido cianídrico (HCN). Dessa forma, as mandiocas selvagens são aptas para o consumo em forma de farinha, amido e outros produtos após processos que diminuam os teores de HCN (Valle *et al.*, 2004).

Além disso, a partir das raízes, obtém-se a fécula, um produto de valor comercial. Para tanto, após a lavagem e o descascamento as raízes são raladas e prensadas sob água corrente (Tironi *et al.*, 2015).

MANEJO DA MANDIOCA

A maioria dos cultivos de mandioca na região Nordeste, se caracterizam pela agricultura conhecida como “roça de toco”, considerado um sistema arcaico atrelado a práticas não sustentáveis, pois utiliza fogo para limpeza de área, entretanto este sistema ainda é muito utilizado (Costa *et al.*, 2016). A falta de manejo adequado para cultura da mandioca, acaba resultando em um baixo percentual de produtividade, não possibilitando aumento da expressivo dos índices produtivos da cultura (Barbosa *et al.*, 2019).

A cultura da mandioca necessita de solos bem drenados e profundos, com textura média, para que haja melhor desenvolvimento do sistema radicular. Solos muito argilosos devem ser evitados devido à baixa aeração e drenagem aumentando o risco de encharcamento, além de dificultar a colheita caso coincida com o período não chuvoso (Souza; Souza, 2021).

Um manejo do solo adequado está diretamente associado aos aspectos físicos, químicos e biológicos nos sistemas agrícolas, com o intuito da preservação dos solos e do meio ambiente sendo componentes vitais para sistemas cada vez mais sustentáveis (Reetz, 2017). A fertilidade do solo, possibilita aumento da produtividade e melhorias na nutrição das culturas (Pinheiro *et al.*, 2020).

Os fertilizantes mais utilizados são os de alta solubilidade em citrato neutro de amônio e água, como os fosfatos monocálcicos, superfosfato simples e o superfosfato triplo, fosfatos monoamônicos e diamônicos, e ainda aqueles que possuem os macronutrientes incorporados (Sousa *et al.*, 2016).

A adubação fosfatada atualmente é um dos temas mais estudados nas pesquisas agrícolas nas mais diversas culturas (Werner *et al.*, 2020; Guilherme *et al.*, 2021; Ribeiro *et al.*, 2022). O desenvolvimento das plantas incluindo os processos relacionados a sua fisiologia, desenvolvimento e crescimento estão diretamente interligados a área cultivada e à disponibilidade de nutrientes (Signore *et al.*, 2016). Contudo, a disponibilidade de nutrientes é necessário para o bom desenvolvimento da produção agrícola (Haydon *et al.*, 2015).

Em solos ácidos, a aplicação de fertilizantes provenientes de fosfatos supre algumas deficiências nutricionais no solo e são amplamente utilizados na agricultura aumentando a produtividade da lavoura e impactam de forma positiva a produção de alimentos, garantindo uma maior segurança alimentar (Brownlie *et al.*, 2021). Todavia, apenas 15% dos fertilizantes fosfatados são absorvidos pelas plantas. O excesso pode ocasionar problemas ao meio ambiente, como contaminação de lençóis freáticos, eutrofização de mananciais ou acúmulo de metais pesados (Baveye, 2015).

BACILLUS MEGATERIUM

Bacillus spp. são bactérias ditas Gram-positivas (Allen *et al.*, 1983), formam esporos e endósporos (Melo, 1998; Wang *et al.*, 2018) e produzem diferentes compostos como enzimas proteolíticas, amilolíticas e antibióticos (Melo, 1998). São bactérias promotoras de crescimento de plantas e exercem papel na melhoria e eficiência do uso de nitrogênio e consequentemente na sustentabilidade e produção agrícola (Di Benedetto *et al.*, 2016; Di Benedetto *et al.*, 2017; Sun *et al.*, 2020).

Os microrganismos de forma geral, influenciam no desempenho da ciclagem de fósforo no solo, convertendo o fósforo insolúvel em solúvel e estando disponíveis para absorção pelas plantas. Desse modo quando há a inoculação destes componentes biológicos, tem-se o enriquecimento do solo, por meio da liberação na rizosfera do fósforo inorgânico ou orgânico (Owen *et al.*, 2015). Os microrganismos solubilizadores de fósforo, aumentam a absorção de nutrientes e água, produção de fitormônios, bioproteção contra agentes patogênicos e diversos outros fenômenos (Gupta *et al.*, 2015; Ribeiro *et al.*, 2018).

O *Bacillus megaterium* é uma bactéria presente em diversos habitats, podendo ser encontrado em animais ou componentes vegetais. Há presença dessa bactéria em proteínas como penicilina acilase, amilases, produção de piruvato ou vitamina B12 (Vary *et al.*, 2007). Possui a capacidade de produzir compostos metabólicos secundários que possuem a função de solubilização de fósforo. Dessa forma, o *B. megaterium* pode ser usado na inoculação de materiais vegetais culminando na potencialização dos efeitos em solos que apresentam maior quantidade de óxidos de Fe^{+2} e Al^{+3} (Batista *et al.*, 2018).

Destaca-se no mercado por possuir a função de controle biológico, e produzir os mais diversos tipos de metabólitos com função antibacterianas e antifúngicas (Al-Thubiani *et al.*, 2018; Mannaa; Kim, 2018). Logo, estudos voltados a essa bactéria são crescentes, por possui características de biocontrole, e sua eficiência contra fitopatógenos por meio de atividade antagonica ou antibacteriana (Quigley, 2010; Fira *et al.*, 2018).

A cepa de *B. megaterium* demonstrou potencialidades na produção de compostos bioativos antibacterianas, no mesmo estudo foram identificados componentes eluídos do extrato bruto e demonstram atividade inibitória eficaz contra os patógenos *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia carotovora* e *Ralstonia solanacearum* (Ji *et al.*, 2019; Zhao *et al.*, 2019). Ressalta-se ainda nos estudos de Ding *et al.* (2020) que o composto ácido 12-hidroxijasmônico, extraído e isolado da *B. megaterium* (LB01), influenciou na inibição contra *Colletotrichum gloeosporioides*.

INTERAÇÃO ENTRE *BACILLUS MEGATERIUM* E MANDIOCA

A mandioca apresenta grande interação aos microrganismos presentes no solo e inoculados (Lopes *et al.*, 2019), sendo as bactérias do gênero *Bacillus* e *Azospirillum* as que mais interagem (Teixeira *et al.*, 2007). Além de estimular a síntese de fitormônios, as bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus* desempenham um papel crucial na promoção da disponibilidade de fósforo, o que favorece o desenvolvimento da cultura da mandioca, como descrito por Kour *et al.* (2021).

Dahmani *et al.* (2020) enfatizam que a utilização de *Bacillus megaterium* obteve um aumento da síntese de auxina nas plantas, além da solubilização do fosfato, favorecendo o aumento de biomassa aérea e radicular. Atualmente são utilizadas muitas BPCP, porém faz-se necessários mais estudos para investigar quais os reais impactos sejam positivos ou negativos na cultura da mandioca como discutido por Teixeira *et al.* (2007), Lopes *et al.* (2019) e Ferreira *et al.* (2021).

Portanto, a utilização de inoculantes biológicos em conjunto com variedades de mandioca adaptadas à região atreladas a uma gestão adequada do solo possibilita a adoção de pacotes tecnológicos sustentáveis com potencial para reduzir a dependência de fertilizantes químicos e melhorar as condições biológicas do solo.

Considerando a afinidade da mandioca em possuir interações com bactérias que promovem o crescimento, a utilização de inoculantes biológicos no sistema produtivo da mesma levando em consideração a viabilidade e a melhoria na eficiência nutricional do solo, o uso na cultura ocasiona interações positivas potencializando a sua capacidade de produção principalmente em área de pequenos produtores rurais, no qual a quase totalidade são provenientes (Teixeira *et al.*, 2007; Sarr *et al.*, 2019).

MÉTODOS DE INOCULAÇÃO E APLICAÇÕES PRÁTICAS

Cada vez mais, a agricultura direciona seus esforços para um sistema de produção sustentável, prática essa que vem crescendo cada vez mais entre os produtores, por meio de resultados positivos, onde houve aumento significativo no uso de produtos biológicos nas lavouras (Croplife, 2020).

A prática de inoculação consiste da utilização de biofertilizantes que são formulados a partir de microrganismos, que estão presentes no solo e estão ligados ao desenvolvimento das plantas (Velázquez-Gurrola; Ramos-Alegria, 2015). A inoculação de bactérias envolve a introdução desses microrganismos que possuem a capacidade de serem fixadoras de nitrogênio por meio de um veículo líquido ou turfoso (Hungria; Campos; Mendes, 2001).

A aplicação via semente atualmente é a mais utilizada, além de ser a mais prática até o momento, porém a aplicação via sulco também se demonstra eficiente, além desses métodos serem uma alternativa para a introdução dos microrganismos no solo (Vieira Neto *et al.*, 2008).

Por mais que seja uma técnica bastante utilizada, como todo processo produtivo pode ocorrer falhas na nodulação das plantas e no processo de ação desses microrganismos (Embrapa, 2019). Nessa técnica, ocorre uma interação simbiótica, onde as bactérias dependem das raízes para sua sobrevivência e realizar a fixação do N², um elemento essencial para a nutrição de plantas (Sediyama *et al.*, 2016). Portanto, os benefícios da inoculação são inúmeros indo desde os benefícios fisiológicos, nutricionais e morfológicos, além de serem uma alternativa contra patógenos (Moreira e Siqueira, 2006)

O gênero *Bacillus*, tem mostrado efeitos positivos quando coinoculado com outras bactérias, como o *Bradyrhizobium*, sendo reconhecido como uma rizobactéria promotora do crescimento das plantas (Araújo, 2008). Estudos como o de Tochetto e Boiago (2020) obtiveram diferenças significativas nas variáveis nódulos por planta, massa seca da parte aérea, vagens por planta, grão por vagens e produtividade ao utilizar diferentes formas de coinoculação na cultura do feijão. A simples inoculação das culturas possibilita resultados significativos em relação aos ganhos de crescimento e assim altos rendimentos (Martinez *et al.*, 2016).

Guimarães *et al.* (2021) relatam que a promoção de crescimento e produção vegetal com inoculação contendo bactérias com capacidade de solubilização de fosfato são recentes

e possuem boas perspectivas relacionados a nutrição dos nutrientes no solo. Considerando a relevância biológica dos microrganismos e o impacto positivo de uma fertilização de boa qualidade na cultura da mandioca, ressalta-se a importância da realização de conduzir pesquisas com o intuito de ampliar o conhecimento sobre a qualidade química, biológica e nutricional do solo e planta ao empregar o *Bacillus megaterium* na região Leste do Maranhão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a mandioca interage significativamente com microrganismos do solo, especialmente com bactérias dos gêneros *Bacillus* e *Azospirillum*, que promovem o crescimento da planta ao estimular a síntese de fitormônios e aumentar a disponibilidade de fósforo. Em particular, *Bacillus megaterium* tem mostrado potencial para aumentar a síntese de auxina e solubilizar fosfatos, melhorando a biomassa da mandioca. A inoculação biológica, aplicada principalmente via semente ou sulco, oferece uma alternativa sustentável à fertilização química, destacando-se como uma prática promissora para pequenos produtores, especialmente em áreas do Leste do Maranhão.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA).

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A. A.; EVANGELISTA, M. O.; MATES, A. P. K.; ALVES, J. M. A.; OLIVEIRA, N. T.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. Occurrence of weeds in *cassava savana* plantations in Roraima. **Revista Planta Daninha**, v.32, n.1, p. 91-98, 2014.
- ALLEN, D. A.; AUSTIN, B.; COLWELL, R. R. Numerical taxonomy of bacterial isolates associated with a fresh water fishery. **Journal of General Microbiology**, v. 129, p. 2043-2062, 1983.
- AL-THUBIANI, A. S. A.; MAHER, Y. A.; FATHI, A.; ABOUREHAB, M. A. S.; ALARJAH, M.; KHAN, M. S. A.; AL-GHAMDI, S. B. Identification and characterization of a novel antimicrobial peptide compound produced by *Bacillus megaterium* strain isolated from oral microflora. **Saudi Pharmaceutical Journal**. [S. l.], v. 26, n. 8, p. 1089-1097, 2018.
- ALVES, Aaron de S. et al. Substratos para propagação rápida de mandioca tipo mesa. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 3, p. 335-340, 2020.
- BABU, C. S.; ISAAC, Sheeba Rebecca. Consortium Biofertilizers to Economise Nutrient use and Sustain Productivity in Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Indian Journal of Ecology**, v. 50, n. 1, p. 79-84, 2023.

BARBOSA JÚNIOR, L. B.; CARVALHO, F. L. C.; SOUSA, R. R.; ARAÚJO, R. L.; BARROSA, W. F. C.; VERAS, F. H. C.; BANDEIRA, A. C.; SILVA, R. B. Avaliação da cultura da mandioca em diferentes sistemas de manejo do solo. **Global Science & Technology**, v.12, n. 02, p.152-169, 2019.

BATISTA, F. C.; FERNANDES, T. A.; ABREU, C. S.; OLIVEIRA, M. C.; RIBEIRO, V. P.; GOMES, E. A.; LANA, U. G. P.; MARRIEL, I. E.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A. **Potencial de microrganismos rizosféricos e endofíticos de milho em solubilizar o fosfato de ferro e produzir sideróforos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 166, 2018. 21 p.

BAVEYE, P. C. Looming scarcity of phosphate rock and intensification of soil phosphorus research. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.1, p. 637-642, 2015.

BROWNLIE, W. J.; SUTTON, M. A.; REAY, D. S.; HEAL, K. V.; HERMANN, L.; KABBE, C.; SPEARS, B. M. Global Actions for a Sustainable Phosphorus Future. **Nature Food**, v. 2, p. 71-74, 2021.

BYJU, G.; SUJA, G. Mineral nutrition of cassava. **Advances in Agronomy**, v. 159, p. 169-235, 2020.

COSTA, J. F.; SANTOS, M. A. S.; REBELLO, F. K.; COSTA, D. A.; SILVA, J. S. A. política de crédito rural e os financiamentos à cultura da mandioca do Pará, 1990- 2012. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v.12, n 1, p. 1-14, 2016.

CROPLIFE. **Crescente adoção de produtos biológicos no mundo, e o Brasil é protagonista nesse mercado**. Disponível em:<[https://croplifebrasil.org/produtosbiologicos/crescente-adocao-de-produtos-biologicos-no-mundo-e-o-brasil-e-protagonistanessemercado/#:~:text=A%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20produtos%20biol%C3%B3gicos,para%20interromper%20o%20acasalamento\)%3B](https://croplifebrasil.org/produtosbiologicos/crescente-adocao-de-produtos-biologicos-no-mundo-e-o-brasil-e-protagonistanessemercado/#:~:text=A%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20produtos%20biol%C3%B3gicos,para%20interromper%20o%20acasalamento)%3B)>. Acesso em: 17 nov. 2023.

DAHMANI, M. A.; DESRUT, A.; MOUMEN, B.; VERDON, J.; MERMOURI, L.; KACEM, M.; COUTOSTH' EVENOT, P.; KAID-HARCHE, M.; BERG` ES, T.; VRIET, C. Unearthing the plant growth-promoting traits of *Bacillus megaterium* RmBm31, an endophytic bacterium isolated from root nodules of *Retama monosperma*. **Frontiers in Plant Science**. v. 11, 1-15. 2020.

DANTAS, F. R.; ARAÚJO, G. G. L.; SILVA, D. S.; PEREIRA, L. G. R.; GONZAGA NETO, S.; TOSTO, M. L. Composição química e características fermentativas de silagens de maniçoba (*Manihot* sp.) com percentuais de co-produto de vitivinícolas desidratado. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 2, p. 247-257, 2008.

DI BENEDETTO, N. A.; CAMPANIELLO, D.; BEVILACQUA, A.; CATALDI, M. P.; CORBO, M.; SINIGAGLIA, M.; FLAGELLA, Z. **Characterization of autochthonous plant growth promoting bacteria in relation to durum wheat nitrogen use efficiency**. In: Proceedings of Plant Biology Europe Congress EPSO/FESPB, Prague Czech Republic, p. 26-30, 2016.

DI BENEDETTO, N. A.; CORBO, M. R.; CAMPANIELLO, D.; CATALDI, M. P.; BEVILACQUA, A.; SINIGAGLIA, M.; FLAGELLA, Z. The role of plant growth promoting bacteria in improving nitrogen use efficiency for sustainable crop production: a focus on wheat. **Microbiology**, v.3, n.3, p.413- 434, 2017.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil**, 2019. Disponível em:< <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223209/1/SP-17-2020-online-1.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2023.

FAO -FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Food outlook biannual report on Global food markets**. p.152, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1277661/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

FERREIRA, S. C.; NAKASONE, A. K.; NASCIMENTO, S. M. C.; OLIVEIRA, D. A.; SIQUEIRA, A. S.; CUNHA, E. F. M.; CASTRO, G. L. S.; SOUZA, C. R. B. Isolation and characterization of cassava root endophytic bacteria with the ability to promote plant growth and control the in vitro and in vivo growth of *Phytophthium* sp. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 116, n. 101709. 2021.

FIRA, D.; DIMKIC, I.; BERIC, T.; LOZO, J.; STANKOVIC, S. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species. **Journal of Biotechnology**, v. 285, p. 44-55, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2018.07.044>.

FLORES, J. M. M. **Morfologia e meiose em cultivares e escapees de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2013. 47 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) -Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

GUILHERME, J. M. S.; SOUSA, G. G.; SANTOS, S. O.; GOMES, K. R.; VIANA, T. V. A. Água Salina e Adubação Fosfatada na cultura do amendoim. **Irriga, [S. l.]**, v. 1, n. 4, p. 704–713, 2021.

GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; KLEIN, D. K. Promoção de crescimento e solubilização de fosfato na cultura da soja: coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e *Pseudomonas fluorescens*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e366101120078, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20078/17577>. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.20078>.

GUPTA, G.; PARIHAR, S. S.; AHIRWAR, N. K.; SNEHI, S. K.; SINGH, V. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. **Journal of Microbial and Biochemical Technology**, v. 7, n. 2, p. 96-102, 2015.

HAYDON, M. J.; MIELCZAREK O.; ROBERTSON F.C.; HUBBARD K.E.; WEBB A.A. Nutrient homeostasis within the plant circadian network. **Frontiers in Plant Science**, v.6, n.299, p.1-6, 2015.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Londrina**, Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Circular Técnica / Embrapa Soja, ISSN 1516-7860; n.35).

Ji, Y. Y.; DAI, Y. F.; CHEN, X.; LI, Z.; XIAO, Y.; YANG, L. Analysis of antibacterial effect and components of crude extract from *Bacillus megaterium* L2. **China Brew**, v. 38, n. 3, p. 120-124, 2019.

KOUR, D.; RANA, K.L.; KAUR, T.; YADAV, N.; YADAV, A.N.; KUMAR, M.; KUMAR, V.; DHALIWAL, H.S.; SAXENA, A.K. Biodiversity, current developments and potential biotechnological applications of phosphorus-solubilizing and -mobilizing microbes: A review. **Pedosphere**, v. 31, n. 1, p. 43-75, 2021. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60057-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60057-1).

LIMA, Renata Ferreira et al. A produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na agricultura familiar da região Nordeste Paraense: estudo a partir da comunidade de Jacarequara, Capanema, Pará. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1284-1296, 2020.

LOPES, E. A. P.; SILVA, A. D. A.; MERGULHÃO, A. C. E. S.; SILVA, E. V. N.; SANTIAGO, A. D.; FIGUEIREDO, M. V. B. Co-inoculation of growth promoting bacteria and *Glomus clarum* in micropropagated cassava plants. **Revista Caatinga**. v. 32, n. 1, p. 152-166. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n116rc>.

MARTINEZ, S. B.; POMÉS, J.; MASI, M. A.; CHALE, W.; DE BENEDETTO, J. P.; GARBI, M. Production and response to *Azospirillum brasilense* inoculation in two globe articho kehybrids. **Acta Horticulturae**, v. 1147, p.213-216, 2016.

MCCMAHON, J. M.; WHIT, W. L. B.; SAYRE, R. T. Review Article: Cyanogenesis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Experimental Botany**, v. 46, n. 7, p. 731-741, 1995.

MELO, I. S. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Controle biológico**. Jaguariúna, SP: Embrapa, 1998. p. 17-67.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras, 2. Ed. Universidade Federal de Lavras, p. 316, 2006. p.316.

PINHEIRO, V. J. F.; CARDOSO, D. F. S. R.; SILVA, E. R. M.; BARBOSA, I. C. C. Fertilidade do solo de um horto as margens do rio Inhangapi e os impactos qualitativos sob o corpo hídrico. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 3, p. 256-264, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v15i3.7710>.

PINHEIRO, Waldenice Leite et al. Características agronômicas e produção da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz cv. BRS-Poti) submetida a tratos culturais. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 18314-18325, 2021.

QUIGLEY, E. M. M. Prebiotics and probiotics; modifying and mining the microbiota. **Pharmacological Research**, v. 61, p. 213-218, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2010.01.004>.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. São Paulo: ANDA, 2017.

RIBEIRO, R. M. R.; SOUSA, G. G.; BARBOSA, A. S.; LACERDA, C. F.; FREIRE, M. H. C.; MORAES, J. G. L. Estratégias de irrigação com água salina e adubação fosfatada na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 17, n. 3, e2572, 2022.

RIBEIRO, V. P.; MARRIEL, I. E.; SOUSA, S. M.; LANA, U. G. P.; MATTOS, B. B.; PAIVA, C. A. O.; GOMES, E. A. Endophytic *Bacillus* strains enhance pearl millet growth and nutrient uptake under low-P. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 49, p. 40-46, 2018.

SANTOS, Alan Francisco dos et al. Biometria e estado nutricional da cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) sob inoculação com *Bacillus subtilis* e *B. megaterium*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. e53410515270-e53410515270, 2021.

SARR, P. S.; SUGIYAMA, A.; BEGOUDE, A. D. B.; YAZAKI, K.; ARAKI, S.; NAWATA, E. Diversity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) croplands in Cameroon as revealed by Illumina MiSeq. **Rhizosphere**, v. 10, p.100-147, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2019.100147>.

SEDIYAMA, T. **Produtividade da soja**. Londrina: Mecenaz, p.310, 2016.

SIGNORE, A.; SERIO, F.; SANTAMARIA, P. A. A Targeted management of the nutrient solution in a soilless tomato crop according to plant needs. **Frontiers Plant Science**, v.7, n.391, p.1-15, 2016.

SILVA, B. E. L.; BARBOSA, S. K. J.; BARBOSA, F. P. J. Aspectos gerais e peculiaridades sobre mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Diversitas Journal**, v. 3, n. 1, p. 13-23, 2018.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.; GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; NUNES, R. S. Fósforo. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**: volume 2, nutrientes. Piracicaba: INPI - Brasil, 2016. p.67-132.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S. **Sistema de Produção de Mandioca no Semiárido**. EMBRAPA., p. 01-58, 2021.

TIRONI, L. F.; UHLMANN, L. O.; STRECK, N. A.; SAMBORANHA, F. K.; FREITAS, C. P. DE O.; SILVA, M. R. Performance of cassava cultivars in subtropical environment. **Bragantia**, v. 74, n.1, p. 58-66. 2015.

TOCHETO, G. H. G.; BOIAGO, N. P. Formas de aplicação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasiliense* coinoculados na cultura do feijão. **Cultivando o Saber**, v. 13, n. 2, p. 37-48, 2020.

VALLE, T. L.; CARVALHO, C. R. L.; RAMOS, M. T. B.; MÜHLEN, G. S.; VILELA, V. O. Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de cultivares mansas e bravas. **Bragantia**, v. 63, n. 2, p. 221-226, 2004.

VARY, P. S.; BIEDENDIECK, R.; FUERCH, T.; MEINHARDT, F.; ROHDE, M.; DECKWER, W.D.; JAHN, D. *Bacillus megaterium* from simple soil bacterium to industrial protein production host. **Appl microbiol biotechnol.** v. 76, n. 5, p. 957-967, 2007.

VELÁZQUEZ-GURROLA, A.; RAMOS-ALEGRIA, M. P. Benefícios de microorganismos solubilizadores de P y K em la recuperación y mantenimiento de suelos agrícolas. In: VIII Congreso Mundial de la Palta, 8, 2015, Lima. **Actas**. Lima: ProHass, 2015, p. 495-499.

VIANA, A. E. S.; SEDIYAMA, T.; LOPES, S. C.; CECON, P. R. SILVA, A. A. Avaliação de métodos de preparo de manivas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Ciência e agrotecnologia**, Edição Especial, p.1383-1390, 2002.

VIEIRA NETO, S. A.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E.; MENEZES, J. F. S.; SILVA, A. G.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. Formas de aplicação de inoculantes e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 861-870, 2008.

WANG, X. Q.; ZHAO, D. L.; SHEN, L. L.; JING, C. L.; ZHANG, C. S. Application and mechanisms of *Bacillus subtilis* in biological control of plant disease. In: MEENA, V. (Eds.) Role of rhizospheric microbes in soil. **Springer**, 2018.

WERNER, C. J.; PETER, M.; BALEM, E. M.; BELLÉ, C.; CEOLIN, E. L.; ZANATTA, T. P.; AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T. Adubação fosfatada em soja: produtividade e qualidade fisiológica das sementes. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 36157–36177, 2020.

ZHAO, J. Y.; XIAO, Y.; YANG, L.; ZHANG, S.; JI, Y. Y.; LI, Z. Antibacterial Mechanism of Fermentation Product from *Bacillus megaterium* L2 against *Erwinia carotovora* sub sp. *Carotovora*. **Food Science**, v. 40, n.21, p. 14-20, 2019.