

**ASPECTOS BIOMÉTRICOS DA PLANTA E PRODUÇÃO DE MANDIOCA COM
INOCULANTES BIOLÓGICOS**

por

LILIANA SANTOS SILVA DE QUEIRÓS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Bioenergia e Grãos.

Rio Verde – GO

Março - 2023

**ASPECTOS BIOMÉTRICOS DA PLANTA E PRODUÇÃO DE MANDIOCA COM
INOCULANTES BIOLÓGICOS**

por

LILIANA SANTOS SILVA DE QUEIRÓS

Comitê de Orientação:

Orientador: Prof. Dr. Romano Roberto Valicheski – IF Goiano – Campus Iporá

Coorientador: Prof. Dr. Sihélio Julio Silva Cruz – IF Goiano – Campus Iporá

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Liliana Santos Silva de Queirós

Matrícula:

2021202331540008

Título do trabalho:

ASPECTOS BIOMÉTRICOS DA PLANTA E PRODUÇÃO DE MANDIOCA COM INOCULANTES BIOLÓGICOS

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 24 /05 /2023

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

• Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

• Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

• Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Iporá

Local

24 /05 /2023

Data

Liliana Santos Silva de Queirós

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Romano Roberto Valichetti

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 41/2023 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA Nº 60 (SESSENTA)
BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos trinta dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e três, às 15h13min (quinze horas e 13 minutos), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada por videoconferência, para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, de autoria de **LILIANA SANTOS SILVA DE QUEIROS**, discente do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Romano Roberto Valicheski, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida à autora da Dissertação que, em 43 min., procedeu à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos, e procedida às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM BIOENERGIA E GRÃOS**, na área de concentração Agroenergia, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGBG da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade, se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora

Nome	Instituição	Situação no Programa
Romano Roberto Valicheski	IF Goiano – Campus Iporá	Presidente
Silvia Sanielle Costa de Oliveira	IF Goiano – Campus Iporá	Membro interno
Sidinei Leandro Klöckner Stürmer	IF Catarinense – Campus Rio do Sul	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- Sidinei Leandro Klöckner Stürmer, Sidinei Leandro Klöckner Stürmer - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Catarinense (1), em 30/03/2023 17:28:42.
- Silvia Sanielle Costa de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 30/03/2023 17:23:39.
- Romano Roberto Valicheski, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 30/03/2023 17:21:42.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/03/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar_documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 481619
Código de Autenticação: aa5aabf80f



QUEIRÓS, LILIANA SANTOS SILVA DE
QM272a ASPECTOS BIOMÉTRICOS DA PLANTA E PRODUÇÃO DE
MANDIOCA COM INOCULANTES BIOLÓGICOS / LILIANA SANTOS
SILVA DE QUEIRÓS; orientador Romano Roberto
Valicheski; co-orientador Sihélio Julio Silva Cruz. -
- , 2023.
51 p.

Dissertação (Mestrado em Mestrado Profissional em
Bioenergia e Grãos) -- Instituto Federal Goiano,
Campus , 2023.

1. mandioca. 2. inoculantes biológicos. 3.
atributos biométricos. 4. produção de raízes. 5.
geração de etanol. I. Valicheski, Romano Roberto,
orient. II. Cruz, Sihélio Julio Silva, co-orient.
III. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, por ser essencial em minha vida, aos meus pais, irmão, por todo o apoio e paciência. Ao meu marido pelo carinho e apoio. E à minha amorzinha “filha” Júlia, que vem me ensinando tanto depois de sua chegada em minha vida e, também, ao meu orientador, pela disposição em me ajudar em todo o processo de ensino e aprendizado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse e que, ao longo da minha vida, e não somente nestes anos como estudante, sempre dando a calma nos momentos mais difíceis e sabedoria nos desafios do dia a dia.

Aos meus pais e ao meu irmão, pelo amor, incentivo, cuidado, paciência, sabedoria e pelo apoio incondicional. Em especial à minha mãe, minha rainha, que apoiou emocionalmente para que eu continuasse meu trajeto do cotidiano. Ao meu marido Neto, pelo companheirismo, amor, cuidado e apoio para que eu continuasse minha caminhada. E minha filhinha Júlia, que vem me ensinando cada dia mais ser uma pessoa melhor e o quanto a maternidade nos faz ser mais fortes, te amo princesa.

Agradeço a todos os professores por proporcionarem o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e da afetividade da educação no processo de formação profissional, pelo tanto que se dedicaram a mim não somente por terem ensinado, mas por terem feito aprender. A minha eterna gratidão a vocês. Agradeço meus orientadores pela dedicação, apoio e por sempre ajudar durante o período da realização do mestrado.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, seu corpo docente, direção e administração, que oportunizaram a janela na qual hoje vislumbro um horizonte, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes, por todas as condições oferecidas para a realização da Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO1 – Considerações Gerais.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	2
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	6
CAPÍTULO 2 – Aspectos biométricos e nutricional de cultivares de mandioca com inoculantes biológicos.....	1
CHAPTER 2 - Biometric and nutritional aspects of cassava cultivars with biological inoculants	1
INTRODUÇÃO.....	2
MATERIAL E MÉTODOS.....	4
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	6
CONCLUSÃO.....	14
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
CAPÍTULO 3 - Aspectos biométricos da planta e produção de etanol em cultivares de mandioca com inoculantes biológicos	17
CHAPTER 3 - Plant biometric aspects and ethanol production in cassava cultivars with biological inoculants.....	17
INTRODUÇÃO.....	18
MATERIAL E MÉTODOS.....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1. CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

Introdução

A mandioca é um alimento que está na mesa dos humanos há muitos anos, e, com o tempo foram surgindo transformações em seu beneficiamento e formas de usos, aumentando ainda mais sua importância no cotidiano alimentar. No mundo são produzidas aproximadamente 304 milhões de toneladas de raízes de mandioca, sendo o Brasil o quinto produtor mundial, responsável por 5,8% desse volume produzido, cultivando próximo de 1,2 milhões de hectares anuais (FAO, 2021). Atualmente sua raiz é utilizada na alimentação humana na forma de farinha, fécula, polvilho, bem como frito, cozido, incorporado em bolo, sopas. Na alimentação animal pode ser usada *in natura*, desidratada ou ensilada, sendo importante fonte de proteína e de energia. Assim, além de ter expressiva importância na subsistência de muitas famílias, esta cultura tem relevante importância na economia do Brasil, envolvendo principalmente pequenos e médios produtores que atuam como agricultura familiar.

No país, o cultivo da mandioca está espalhado por todo o território nacional, e produtores utilizam variedades de mesa com baixo teor de ácido cianídrico (HCN), tendo seu uso voltado para o consumo humano e animal, bem como variedades industriais com elevado teor de HCN, sendo suas raízes utilizadas para produção de farinha, fécula, bebidas alcoólicas e etanol. Além disso, o amido de suas raízes também é utilizado como estabilizante, emulsificante, retentores de água, na produção de bebidas alcoólicas e de biocombustíveis, com potencial de produção superior ao da cana-de-açúcar. Selvakumar *et al.* (2018), destacam também que o caule da mandioca é fonte de matéria-prima promissora para a produção do etanol, uma vez que o conteúdo de sua biomassa consiste basicamente em lignina e carboidratos. Salla (2008), em estudo para avaliar a viabilidade do uso da mandioca para produção de etanol, concluiu que com uma tonelada de raiz de mandioca com 33% de amido é possível produzir 211 litros, enquanto com uma tonelada de cana-de-açúcar produz aproximadamente 86 litros deste biocombustível.

Apesar do seu elevado potencial de produção (superior a 70 toneladas ha.ano⁻¹) e encontrar-se disseminada em todos os estados do Brasil, por causa da heterogeneidade dos cultivos, associado ao baixo poder aquisitivo da maioria de seus produtores, ao precário nível tecnológico empregado em grande parte das lavouras, as quais são implantadas usando variedades inadequadas, sem o preparo adequado do solo e sem o uso de fertilizantes e corretivos, fez com que a produtividade média nacional fosse de apenas 15,00 t.ha⁻¹ na safra de 2021. Nesta safra, São Paulo foi o estado que apresentou maior produtividade (24,1 t.ha⁻¹) e Maranhão o estado

com menor produtividade (7,7 t.ha⁻¹), demonstrando a discrepância existente entre regiões produtoras em que os agricultores possuem melhor poder aquisitivo, instruções de cultivo e que utilizam um nível tecnológico satisfatório e regiões em que os produtores são descapitalizados e realizam o cultivo da mandioca de modo rudimentar, buscando apenas produzir para sua subsistência.

Desta forma, mesmo sendo considerada uma cultura rústica, a mandioca responde de forma positiva a práticas de manejo do solo como aração, gradagem, subsolagem, aos tratamentos fitossanitários (controle de doenças, plantas daninhas e pragas), e principalmente ao uso de corretivos de solo e fertilizantes, devendo o uso destas tecnologias ser incentivado para produtores. Também apresenta elevada interação com microrganismos do solo (Lopes *et al.* 2019), dentre os quais bactérias pertencentes aos gêneros *Bacillus* e *Azospirillum* (Teixeira *et al.* 2007), que além de atuarem como fixadoras de nitrogênio atmosférico, induzem a produção de fitormônios, estimulando maior desenvolvimento radicular e produção de biomassa, conseqüente de maior exploração de água e nutrientes do solo. Podem também atuar na solubilização de fosfatos no solo, melhorando o aproveitamento dos fertilizantes aplicados, bem como no controle de microrganismos fitopatogênicos danosos para a cultura.

Assim, o uso de inoculantes biológicos, quando associado a variedades de mandioca adaptadas a região e ao manejo adequado do solo e da adubação, são tecnologias que podem vir a contribuir na redução do uso de fertilizantes químicos, bem como na otimização do uso dos adubos aplicados, uma vez que esta cultura apresenta interação com grande diversidade de microrganismos promotores de crescimento vegetal. O uso destas bactérias, além de ser uma alternativa para melhorar o crescimento das plantas, sua produtividade e seu potencial para produção de etanol, devido ao seu baixo custo, pode melhorar viabilidade econômica desta cultura. No entanto, pela grande diversidade de materiais genéticos de mandioca existentes no Brasil, bem como a ampla gama de microrganismos endofíticos que interagem com ela, foram desenvolvidos até o momento poucos estudos voltados para identificar as variedades e inoculantes mais promissores para cada uma delas.

Diante disso, realizou-se este trabalho testando-se duas variedades de mandioca, sendo a IAC 12 (variedade para fins industrial como polvilho, farinha e entre outros) e a Talo Branco (variedade de mesa) associada a inoculantes biológicos (*Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus megaterium*+*Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense*+*Bacillus megaterium*+*Bacillus subtilis*) visando avaliar a resposta destas variedades quanto aos aspectos biométricos e produtivos quando inoculadas com estes microrganismos.

Revisão de literatura

A cultura da mandioca encontra-se difundida em todo o território nacional, estando inserida no contexto social da maioria dos agricultores brasileiros, principalmente daqueles com menor poder aquisitivo e nível tecnológico, que atuam como agricultura familiar. Na safra de 2022 o cultivo da mandioca no Brasil ocupou uma área de 1,25 milhão de hectares, produzindo 18,1 milhões de toneladas de raiz, que gerou o valor bruto total de R\$ 13.697.767.823 (MAPA, 2023). Em Goiás o cultivo da mandioca está presente em 182 municípios, nos quais a agricultura familiar representa 62,9% dos estabelecimentos agropecuários, sendo que na safra 2021 foram 12 mil hectares, com produtividade média de 15,5 t.ha⁻¹, que produziu o total de 187,1 mil toneladas de raízes, gerando a receita bruta 156 milhões de reais (SEAPA, 2022).

É uma planta que apresenta elevado potencial produtivo (até 70 t.ha⁻¹), baixo risco de perda na colheita, tolerante a solos mais ácidos (característicos do Cerrado), podendo ser aproveitada toda a planta, uma vez que a parte aérea (ramas e folhas) pode ser utilizada na alimentação animal, pois apresenta alto teor de proteína, e suas raízes, além do uso na alimentação humana, são também utilizadas para indústria na produção de farinha, fécula, pães, biscoitos, bolos, etanol, glicose, cerveja, dentre outros (FIALHO e VIEIRA, 2011). Para estes autores, além de sua relevante ocupação no mercado financeiro alimentício, a mandioca desempenha importante papel socioeconômico, sendo considerada uma das principais fontes de carboidratos para as pessoas nos países em desenvolvimento.

Apesar de ainda pouco explorada para esta finalidade no Brasil, a mandioca pode ser utilizada na produção de etanol, que constitui como principal biocombustível utilizado no mundo, representando 10% da energia mundial e com previsão que seu uso seja de aproximadamente 27% até 2050 (IEA, 2017). Considerando seu elevado potencial produtivo em regiões tropicais com baixa pluviosidade e baixa fertilidade do solo, a mandioca tem se destacado quando comparada a cereais e a cana-de-açúcar, uma vez que seu rendimento, viabilidade e balanço de massa na obtenção do etanol, tornam esta cultura potencialmente promissora para regiões pouco desenvolvidas (VALLE *et al.*, 2009). Por ser o país de origem da mandioca, o Brasil possui grande diversidade de materiais genéticos, dos quais muitos com elevado teor de amido e elevado potencial para produção de etanol. Conforme Salla (2008), com uma tonelada de raiz de mandioca com 33% de amido é possível produzir 211 litros, enquanto com uma tonelada de cana-de-açúcar, produz-se aproximadamente 86 litros deste biocombustível.

A cultura, mesmo estando disseminada em todo o território nacional e fazer parte do cotidiano dos brasileiros, pela heterogeneidade dos cultivos e na grande maioria das lavouras ser empregado baixo nível tecnológico, as quais são implantadas sem o uso de variedades com genética de origem conhecida, com preparo do solo inadequado e sem o uso de fertilizantes e corretivos, faz com que a produtividade média nacional seja baixa, de apenas de 15,00 t.ha⁻¹ na safra de 2021 (MAPA, 2023). No entanto, quando implantada com cultivares que sofreram processo de melhoramento genético, associado ao uso de técnicas adequadas de cultivo, há melhora expressiva na produtividade, como se observa para o estado de São Paulo, que na safra de 2021 teve produtividade média de 24,1 t.ha⁻¹. Por outro lado, Maranhão teve baixa produtividade (7,7 t.ha⁻¹), demonstrando a discrepância existente entre regiões que utilizam nível tecnológico satisfatório e regiões em que os produtores são descapitalizados e realizam o cultivo da mandioca basicamente para sua subsistência.

Atualmente, na agricultura, o uso de fertilizantes químicos é uma das formas mais eficazes para o suprimento de nutrientes para as plantas. No entanto, sua aplicação, em determinadas situações costuma causar danos ambientais e riscos potenciais para a saúde humana (Vejan *et al.*, 2016). Uma alternativa para reduzir a quantidade de fertilizantes químicos é a inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), que além de ambientalmente seguras, são eficientes em auxiliar na nutrição e no desenvolvimento das plantas (Turner *et al.*, 2013). Zhang *et al.* (2008), estudando o efeito de *Bacillus subtilis* em *Arabidopsis thaliana* relatam que sua aplicação melhorou a tolerância das plantas a salinidade, bem como Zeng *et al.* (2021) relatam que a presença destas bactérias na rizosfera da plantas melhorou sua resitência aos estresses ambientais. Já Cortivo *et al.* (2017), estudando a colonização de três BPCP fixadores de nitrogênio atmosférico (*Azospirillum spp.*, *Azoarcus spp.* e *Azorhizobium spp.*) relatam que estas bactérias foram eficientes em proporcionar maior acúmulo deste nutriente em plantas de trigo.

Além do nitrogênio, o fósforo é outro elemento afetado pela colonização microbiana nas raízes. Wani *et al.* (2007) relatam que a inoculação de *Mesorhizobium*, *Pseudomonas* e *Bacillus spp.* foi eficiente em proporcionar maior disponibilidade de P para o grão-de-bico, aumentando sua produtividade. Também Panhwar *et al.* (2015) mencionam que o uso de *Bacillus sp.*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Burkholderia thailandensis* e *Burkholderia seminalis* como inoculante no cultivo do arroz, estimulou a produção de ácidos orgânicos, sendo eficiente em reduzir a toxidez do alumínio nas plantas.

Considerando que a mandioca possui elevado potencial em formar associações com bactérias promotoras de crescimento (Teixeira, *et al.* 2007; Sarr *et al.* 2019), o uso de inoculantes

biológicos, por ser uma tecnologia ecológica e de baixo custo, pode vir a ser uma alternativa para melhorar aspecto nutricional das plantas, seu desenvolvimento biométrico e sua produtividade, principalmente nas áreas cultivadas por pequenos produtores descapitalizados, que atuam como agricultura familiar. Silva (2018), mencionam que na mandioca o principal produto são as raízes de reserva, assim a inoculação com *Azospirillum* pode ser uma alternativa para promover aumento no número e no comprimento das raízes comerciais. Na Índia, estudo feito em condições de campo mostrou que a inoculação da mandioca com *Azospirillum* melhorou a produtividade de raízes, mesmo em plantas que foram plantadas com metade da adubação recomendada (HRIDYA *et al.* 2013). Zeng *et al.* (2021) relatam que o uso de *Lactococcus lactis* com inoculante na mandioca foi eficiente em reduzir o efeito tóxico do alumínio e elevar a absorção de potássio pelas plantas, considerado o uso desta bactéria como importante alternativa para melhorar o desenvolvimento e produtividade desta cultura.

Atualmente, existem no mercado vários inoculantes com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), dentre os quais muitos são à base de *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, porém, pouco se conhece sobre seu efeito no cultivo da mandioca (Teixeira *et al.*, 2007; Lopes *et al.*, 2019; Ferreira *et al.*, 2021), necessitando que trabalhos sejam desenvolvidos com esta cultura. Para Dobbelaere *et al.* (2001), alternativas biológicas como o uso de *Azospirillum brasilense*, por realizar o processo de fixação biológica de nitrogênio atmosférico e contribuir no fornecimento de N para as plantas, deve ser priorizada, pois além de ecologicamente correta, pode reduzir a quantidade de fertilizantes nitrogenados industriais, melhorando a viabilidade econômica da atividade desenvolvida. Skonieski *et al.* (2017) e Moraes *et al.* (2017) também mencionam que o estímulo no desenvolvimento radicular oriundo nas plantas quando inoculadas com *Azospirillum* pode resultar em outros efeitos benéficos, tais como aumento na absorção de água e nutrientes, maior tolerância a tensões salinas e hídricas, resultando em muitos casos, no desenvolvimento mais vigoroso da planta.

Outra alternativa é o uso de inoculantes a base de *Bacillus subtilis*, que é um bactericida e fungicida microbiológico eficiente no manejo de doenças da parte aérea das plantas, e que tem contribuído para melhor sanidade das mesmas, sendo já utilizado como inoculante em outras culturas. Buchelt *et al.* (2019), ressaltam que seu uso como bioestimulante na agricultura é pela produção de fitormônios, ácido indolacético, ácido abscísico, giberelinas e citocininas, aumentando o número de pelos radiculares e estimulando o crescimento do sistema radicular das plantas. Além de estimular o crescimento das plantas, o uso desta bactéria é eficiente no controle de *Pythopytium* sp (Ferreira *et al.* 2021), patógeno que causa a podridão das raízes na mandioca.

Algumas bactérias também contribuem para a disponibilização de fósforo no solo, sendo comercializados inoculantes à base de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* com este propósito. Ferreira *et al.* (2021), em trabalho conduzido em ambiente controlado, observaram em dois isolados de *Bacillus aryabhattai* elevada capacidade de solubilização de fosfatos, bem como de produção de auxinas, proporcionando desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas de mandioca. Dahmani *et al.* (2020) relatam que o uso *Bacillus megaterium* proporciona a produção de auxina nas plantas, e que esta bactéria possui múltiplas características benéficas associadas à promoção do crescimento, dentre as quais a solubilização de fosfato e produção de hormônios vegetais, estimulando a produção de biomassa pelo sistema radicular e parte aérea da planta.

Desta forma, considerando o potencial promissor destas bactérias promotoras de crescimento em melhorar o desenvolvimento das plantas, torna-se relevante realizar estudos que venham gerar informações sobre os benefícios que o uso, de inoculantes biológicos com estas bactérias, pode resultar na produção e qualidade de raízes pela mandioca, uma vez que até o momento pouco se conhece sobre as interações e o efeito que o uso destes microrganismos ocasiona nesta cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SEAPA, 2023. Secretaria de Estado, Agricultura e Abastecimento (GROEMDADOS). Agro em Dados. Disponível em: <https://www.agricultura.go.gov.br/files/AgroemDados21/DEZEMBRO-AGROEMDADOS.pdf>. Acesso em 02/03/2023.

Buchelt, A.C.; Metzler, C.R.; Castiglioni, J.L.; Dassoller, T.F.; Lubian, M.S. 2019. Aplicação de bioestimulante e *Bacillus subtilis* na germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho. Revista de Agricultura Neotropical. v. 6, n. 4, p. 69 - 74. <https://doi.org/10.32404/rean.v6i4.2762>

Cortivo, C.D.; Barion, G.; Visioli, G.; Mattarozzi, M.; Mosca, G.; Vamerali, T. 2017. Increased root growth and nitrogen accumulation in common wheat following PGPR inoculation: assessment of plant-microbe interactions by ESEM. Agriculture, Ecosystems & Environment. n. 247, p. 396 – 408. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.006>.

Dahmani, M.A. Desrut, A. Moumen, B. Verdon, J. Mermouri, L. Kacem, M. Coutosth' Evenot, P. Kaid-harche, M. Berg` es, T. Vriet, C. 2020. 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. p. 11–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00124>.

Dobbelaere, S.; Croonenborghs, A.; Thys, A.; Ptacek, D.; Vanderleyden, J.; Dutto, P.; Labandera-Gonzalez, C.; Caballe Romellado, J.; Aguirre, J. F.; Kapulnik, Y.; Brener, S.; Burdman, S.; Kadouri, D.; Sarig, S.; Okon, Y. 2001. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. Australian Journal of Plant Physiology, v. 28, p. 871 - 879. <https://doi.org/10.1071/PP01074>

FAO, 2021. - Food and Agriculture Organization of the United National. FAOSTAT (2021). Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 13 mai. 2021.

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. 2021. 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. n. 116, 101709. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101709>

Fialho, J.F. e Vieira, E.A. 2011. Mandioca no Cerrado: orientações técnicas / editores técnicos, Josefino de Freitas Fialho, Eduardo Alano Vieira. – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 208 p. ISBN: 978-85-7075-058-7.

Hridya, A.C.; Byju, G.; Misra R.S. 2013. Effect of biocontrol agents and biofertilizers on root rot, yield, harvest index and nutrient uptake of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Archives of Agronomy and Soil Science, v. 59, p. 1215-1227. <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2013.791023>

IEA. 2017. Tracking Clean Energy Progress. Paris: OECD.

Lopes, E.A.P.; Silva, A.D.A.; Mergulhão, A.C.E.S.; Silva, E.V.N.; Santiago, A.D.; Figueiredo, M.V.B. 2019. Co-inoculation of growth promoting bacteria and *Glomus clarum*

in micropropagated cassava plants. *Revista Caatinga*, v. 32, n. 1, p. 152 – 166. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n116rc>

MAPA, 2023. – Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento. 2023. Valor bruto da produção. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/valor-da-producao-agropecuaria-de-2022-esta-estimado-em-r-1-185-trilhao>, Acesso em 04 / 03 / 2023.

Moraes, G.P.; Gomes, V.F.F.; Mendes Filho, P.F.; Almeida, A.M.M.; Silva Júnior, J.M.T. 2017. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. *Revista Agropecuária Técnica*, v. 38, n. 3, p. 109-116. <https://doi.org/10.25066/agrotec.v38i3.29919>

Panhwar, Q.A.; Naher, U.A.; Radziah, O.; Shamsuddin, J. 2015. Eliminating aluminum toxicity in an acid sulfate soil for rice cultivation using plant growth promoting bacteria. *Molecules* v. 20, n. 3, p. 3628–3646. <https://doi.org/10.3390/molecules20033628>

Salla, D.A. 2008. Análises energética de sistemas de produção de etanol a partir da mandioca, da cana-de-açúcar e do milho. Faculdade de Ciências Agrônômicas/ UNESP, Botucatu-SP, 168 p (tese de doutorado).

Santos, E. S. 2011. Mandioca cultivo agroecológico e uso na alimentação humana e animal. Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S.A, João Pessoa-PB. p. 13-15.

Sarr, P.S.; Sugiyama, A.; Begoude, A.D.B.; Yazaki, K.; Araki, S.; Nawata, E. 2019. Diversity and distribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) croplands in Cameroon as revealed by Illumina MiSeq. *Rhizosphere*. v. 10, 100147. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2019.100147>

Selvakumar, P.; Kavitha, S.; Sivashanmugam, P. 2019. Optimization of process parameters for efficient bioconversion of thermo-chemo pretreated *Manihot esculenta* Crantz YTP1 stem to ethanol. *Waste and Biomass Valorization*, v. 10, n. 8, p. 2177-2191. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0244-7>

Silva, J. A. 2018. Inoculação de *Azospirillum brasiliense* e adubação nitrogenada nas culturas da mandioca e batata. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. 138 p.

Skonieski, F.R.; Frata, M.T.; Viégas, J.; Martin, T.N.; Nornberg, J.L.; Meinerz, G.R.; Tonin, T.J.; Bernhard, P. 2017. Effect of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization rates on maize plant yield and silage quality. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 46, n.9, p. 722-730. <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902017000900003>.

Teixeira, M.A.; Melo, I.S.; Vieira, R.F.; Costa, F.E.C.; Harakava, R. 2007. Microrganismos endofíticos de mandioca de áreas comerciais e etnovarietades em três estados brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 42, p. 43–49. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000100006>.

Turner, T.R.; James, E.K.; Poole, P.S.; 2013. The plant microbiome. *Genome Biology*. p. 209 – 218.

Valle, T.L.; Feltran, J.C.; Carvalho, C.R.L. 2009. Mandioca para a produção de etanol. Infobibos.

Vejan, P.; Abdullah, R.; Khadiran, T.; ismail, S.; Nasrulhaq Boyce, A., 2016. Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability - a review. *Molecules* v. 21, n. 5; <https://doi.org/10.3390/molecules21050573>

Wani, P.A.; Khan, M.S.; Zaidi, A. 2007. Synergistic effect of the inoculation with nitrogen fixing and phosphate-solubilizing rhizobacteria on performance of field-grown chickpea. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science.* v. 170, n. 2, p. 283–287. <https://doi.org/10.1002/jpln.200620602>

Zeng, H.; Hu, W.; Liu, G.; Xu, H.; Wei, Y.; Zhang, J.; Shi, H. 2022. Microbiome-wide association studies between phyllosphere microbiota and ionome highlight the beneficial symbiosis of *Lactococcus lactis* in alleviating aluminium in cassava. *Plant Physiology and Biochemistry.* v. 171. p. 66–740. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.12.029>

Zeng, H.; Xu, H.; Liu, G.; Wei, Y.; Zhang, J.; Shi, H. 2021. Physiological and metagenomic strategies uncover the rhizosphere bacterial microbiome succession underlying three common environmental stresses in cassava. *Journal of Hazardous Materials.* v. 411, 125143. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125143>

Zhang, H.; Kim, M.S.; Yan, S.; Dowd, S.E.; Par´e, P.W. 2008. Soil bacteria confer plant salt tolerance by tissue-specific regulation of the sodium transporter HKT1. *Molecular Plant-Microbe Interactions.* v. 21, n. 6, p. 737–744. <https://doi.org/10.1094/MPMI-21-6-0737>

CAPÍTULO 2 - ASPECTOS BIOMÉTRICOS E NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE MANDIOCA COM INOCULANTES BIOLÓGICOS

RESUMO: A mandioca possui relevante importância no agronegócio brasileiro, sendo cultivada em todo território nacional. Seu cultivo em muitas regiões é realizado por produtores de baixo poder aquisitivo, que não utilizam fertilizantes no plantio, resultando em baixa produtividade. Nesta situação o uso de inoculantes biológicos, por ter baixo custo de aquisição, pode vir a ser uma alternativa promissora, uma vez que muitos microrganismos além de serem eficientes na fixação de nitrogênio atmosférico, estimulam o desenvolvimento das plantas, melhorando sua produtividade. Objetivou-se neste trabalho avaliar a resposta de duas cultivares de mandioca (IAC 12 e Talo Branco) a inoculantes biológicos (*Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus megaterium*+*Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense*+*Bacillus megaterium*+*Bacillus subtilis*). O experimento foi conduzido em vasos em casa de vegetação. As plantas foram colhidas 60 dias após o plantio, avaliando-se os atributos biométricos e o teor de macronutrientes primários da parte aérea. As variedades de mandioca apresentaram resposta diferenciada aos inoculantes. Para Talo Branco, a coinoculação resultou em teores mais elevados de clorofila nas folhas e de nitrogênio e fósforo na parte aérea. Já para a IAC 12 a inoculação de *Azospirillum brasilense* de forma isolada proporcionou melhores resultados para estes parâmetros.

Palavras-chave: Material genético, Inoculação, Coinoculação, Macronutrientes primários.

CHAPTER 2 - BIOMETRIC AND NUTRITIONAL ASPECTS OF CASSAVA CULTIVARS WITH BIOLOGICAL INOCULANTS

ABSTRACT: Cassava has relevant importance in Brazilian agribusiness, being cultivated throughout the national territory. Its cultivation in many regions is carried out by producers with low purchasing power, who do not use fertilizers in planting, resulting in low productivity. In this situation, the use of biological inoculants, due to their low acquisition cost, may be a promising alternative, since many microorganisms, in addition to being efficient in fixing atmospheric nitrogen, stimulate the plants development, improving their productivity. The objective of this work was to evaluate the response of two cassava cultivars (IAC 12 and Talo Branco) to biological inoculants (*Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus megaterium*+*Bacillus subtilis* and *Azospirillum brasilense*+*Bacillus megaterium*+*Bacillus subtilis*). The experiment was conducted in pots in a greenhouse. The plants were harvested 60 days after planting, evaluating the biometric attributes and the primary macronutrient content of the aerial part. Cassava varieties showed different responses to inoculants. For Talo Branco, co-inoculation resulted in higher chlorophyll levels in leaves and nitrogen and phosphorus in shoots. As for IAC 12, inoculation of *Azospirillum brasilense* in isolation provided better results for these parameters.

Keywords: Genetic material, Inoculation, Coinoculation, Primary macronutrients.

INTRODUÇÃO

A mandioca apesar de possuir elevado potencial produtivo e estar amplamente disseminada pelo território brasileiro, a heterogeneidade dos cultivos, associado ao baixo nível de investimento pela maioria dos produtores, faz com que sua produtividade seja baixa, de apenas 15,0 t.ha⁻¹ na safra 2021 (CONAB, 2021). Nesta safra, São Paulo com 24,1 t.ha⁻¹ foi o estado que apresentou maior produtividade e Maranhão com 7,7 t.ha⁻¹ o estado com menor produtividade, demonstrando a discrepância existente da região em que produtores adotam tecnologias de produção e investem no cultivo da mandioca, e da região que a maioria dos produtores encontra-se descapitalizado, tendo seu cultivo apenas como subsistência.

Apesar de ser considerada como uma planta rústica e conseguir desenvolver bem em solos de baixa fertilidade, a mandioca responde de forma significativa ao uso de adubos, uma vez que para produzir 25 toneladas de raízes e parte aérea, são extraídos do solo 123 kg de N, 27 kg de P, 146 kg de K, 46 kg de Ca e 20 kg de Mg (FIALHO e VIEIRA, 2011). Considerando sua elevada demanda nutricional, associado ao baixo poder aquisitivo da maioria de seus produtores, tornam-se necessárias tecnologias de baixo custo e que venham a contribuir para melhor nutrição e eficiência do uso dos nutrientes absorvidos pelas plantas, sendo o uso de microrganismos como inoculantes uma alternativa promissora para este propósito (TEIXEIRA *et al.* 2007; HRIDYA *et al.* 2013^a; HRIDYA *et al.* 2013^b).

Lopes *et al.* (2019) relatam que a mandioca apresenta elevada interação com microrganismos do solo, dentre os quais bactérias pertencentes aos gêneros *Bacillus* e *Azospirillum*, que além de atuarem como fixadoras de nitrogênio atmosférico (James, 2000; Teixeira *et al.* 2007), induzem a produção de fitormônios, estimulando maior desenvolvimento radicular e produção de biomassa, e consequente, maior exploração de água e nutrientes do solo. Podem também atuar na solubilização de fosfatos no solo, melhorando o aproveitamento dos fertilizantes aplicados, bem como no controle de microrganismos fitopatogênicos danosos para a cultura (FERREIRA *et al.*, 2021).

O uso de inoculantes biológicos, quando associado a variedades de mandioca adaptadas a região e ao adequado manejo do solo e da adubação, são tecnologias que podem vir a contribuir de forma significativa no desenvolvimento das plantas e na produtividade desta cultura, melhorando sua viabilidade econômica, bem como a condição financeira e alimentar destes produtores.

Dentre os diversos microrganismos utilizados para este propósito, o uso de *Bacillus subtilis* poderá ser uma alternativa para melhorar a sanidade e o desenvolvimento das plantas de mandioca. Buchelt *et al.* (2019) ressaltam que seu uso como bioestimulantes na agricultura é pela produção de fitormônios como ácido indolacético, ácido abscísico, giberelinas e citocininas, estimulando maior emissão de pelos radiculares e favorecendo o crescimento do sistema radicular (BASHAN & BASHAN, 2010). Ferreira *et al.* (2021) relatam que seu uso, além de estimular o desenvolvimento das plantas, também é eficiente no controle de *Pythopytium* sp, patógeno que causa a podridão das raízes na mandioca, bem como pode ser agente potencial para controle biológico de fitopatógenos, como por exemplo, os nematoides.

Além de estimular a produção de fitormônios, bactérias do gênero *Bacillus* contribuem para maior disponibilidade de fósforo, sendo já comercializado inoculantes com este propósito. Na solubilização do fósforo por estes microrganismos estão envolvidos dois mecanismos de ação, sendo sua mineralização, em que o fósforo é liberado de forma imediata para o solo, pela atividade enzimática de enzimas fosfatases que hidrolisam o fósforo orgânico, e pela produção de ácidos orgânicos e inorgânicos, reduzindo o pH do solo e contribuindo para solubilização do fosfato existente no solo (KOUR *et al.*, 2021).

Ferreira *et al.* (2021), em trabalho conduzido em ambiente controlado, observaram dois isolados de *Bacillus aryabhattai* com elevada capacidade de solubilização de fosfatos, bem como de produção de auxinas, proporcionando maior desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas de mandioca. Dahmani *et al.* (2020) relatam que o uso *Bacillus megaterium* proporciona maior produção de auxina nas plantas, e que ela possui múltiplas características benéficas associadas à promoção do crescimento de plantas, dentre as quais a solubilização de fosfato, contribuindo positivamente na produção de biomassa no sistema radicular e na parte aérea da planta.

Quando se objetiva estimular o desenvolvimento das plantas e melhorar o seu suprimento de nitrogênio, outras bactérias promissoras como inoculantes são as pertencentes ao gênero *Azospirillum*, uma vez que são consideradas como promotoras do crescimento das plantas (BPCP), bem como são eficientes no processo de fixação biológica de nitrogênio atmosférico (HRIDYA *et al.* 2013^a). Skonieski *et al.* (2017) e Moraes *et al.* (2017) relatam também que o estímulo no desenvolvimento radicular em plantas inoculadas com *Azospirillum* pode trazer outros efeitos benéficos, tais como aumento na absorção de água e nutrientes, maior tolerância a tensões salinas e hídricas, resultando em muitos casos, no desenvolvimento mais vigoroso da planta.

Considerando esta abordagem, bem como o potencial promissor destas bactérias promotoras de crescimento em melhorar o desenvolvimento das plantas, tornam-se relevantes estudos que venham a gerar informações sobre os benefícios que o uso de inoculantes biológicos pode resultar na produção de raízes pela mandioca, bem como sobre a resposta das cultivares quanto ao seu uso, uma vez que até o momento poucos estudos para a cultura da mandioca foram desenvolvidos com este propósito. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a resposta de duas cultivares de mandioca a diferentes inoculantes, quanto aos seus atributos biométricos e teor de macronutrientes primários da parte aérea, na fase inicial de desenvolvimento das plantas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto Federal Goiano – Campus Iporá (16° 25' 23" S, 51° 08' 53" W e altitude de 610 m), Goiás, Brasil, no período de 21/11/2021 a 26/01/2022. O clima do local, segundo a classificação de Koppen, é clima tropical (Aw), caracterizado pelas estações de seca e chuvosa bem definidas. As parcelas experimentais foram compostas por vasos com capacidade volumétrica de 10 litros, sendo estes preenchidos com solo coletado na camada de 0,0-0,20m em Latossolo Vermelho distrófico (SANTOS *et al.*, 2018). Conforme análise química, o material coletado para preenchimento dos vasos possui textura argilosa e seus atributos químicos estão apresentados na Tabela 1. Considerando o laudo da análise química do solo, não foi efetuada a calagem e nem a adubação no momento da montagem dos vasos.

Tabela 1. Atributos químicos e composição granulométrica do solo, coletado na camada de 0 - 0,20m, e utilizado para o enchimento dos vasos.

pH	P	Al	H+Al	K	Ca	Mg	T ¹	V ²	M.O ³	Areia	Silte	Argila
(CaCl ₂)	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----		-----		-----		%	g kg ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----		
4,9	23,9	0,1	5,8	0,52	7,0	1,7	15,0	61,5	28,0	355	75	570

¹T = Capacidade de troca catiônica; ²V = Saturação por bases; ³M.O = Matéria orgânica.

Os vasos foram organizados em blocos ao acaso no esquema fatorial 2 x 5, com 4 repetições. Como tratamentos testou-se duas cultivares de mandioca, sendo uma industrial (IAC 12) e outra de mesa (Talo Branco) e cinco inoculantes biológicos: 1- Azzotrop (*Azzospirillum brasilense* - Cepas Ab-V5 e Ab-V6 e concentração mínima de 2×10¹¹ UFC.mL⁻¹); 2 – Bio-

Imune (*Bacillus subtilis* - cepa BV02 e concentração mínima de 3×10^9 UFC.mL⁻¹); 3 – BiomaPhos (Cepas *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) + *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) com concentração mínima de 4×10^9 UFC.mL⁻¹; 4 – mistura de todos os inoculantes biológicos (Azzotrop + Bio-Imune + BiomaPhos) mantendo as mesmas dosagens; 5 – Testemunha (sem inoculação).

Como material propagativo da mandioca, utilizou-se ramos coletadas de área demonstrativa do banco de germoplasma do próprio IF Goiano - Campus Iporá, sendo as variedades Talo Branco proveniente da Embrapa Cruz das Almas-BA e a variedade IAC 12, proveniente do Instituto Agronômico de Campinas-SP. No momento da coleta, para facilitar a padronização das manivas, utilizou-se ramos da segunda “pernada” das plantas. As manivas foram cortadas e padronizadas por diâmetro (entre 15 e 25 mm) e número de gemas vegetativas (entre 5 e 6 gemas). Antecedendo o plantio, foi realizada uma irrigação dos vasos, deixando o solo com umidade próximo à capacidade de campo. Em seguida, no dia 29/11/2021 realizou-se o plantio das manivas. Inicialmente em cada vaso foi aberto um pequeno sulco com profundidade de 4 a 5 cm, colocando a maniva na posição horizontal. Em seguida, com uma pipeta volumétrica efetuou-se a distribuição dos inoculantes diretamente sobre a maniva, cobrindo-a com solo logo após a inoculação.

Para os inoculantes testados utilizou-se a dosagem de 400 mL.ha⁻¹ para Azzotrop, 1.600 mL.ha⁻¹ para o Bio-Imune e 400 mL.ha⁻¹ para o BiomaPhos. Estas mesmas dosagens também foram utilizadas na coinoculação de todos os inoculantes. Para obtenção do volume de cada inoculante aplicado em cada vaso, considerou-se um estande de 15.150 plantas.ha⁻¹. Deste modo, para o Azzotrop foi aplicado 0,026 mL.planta⁻¹, para o BioImune 0,106 mL.planta⁻¹ e para o BiomaPhos 0,026 mL.planta⁻¹, e para o tratamento com todos os inoculantes, a soma destes volumes. Para facilitar e viabilizar a aplicação destas dosagens, o volume de cada inoculante comercial foi diluído em água até completar 16 mL de solução, aplicando-se durante o plantio 2,0 mL por vaso do inoculante diluído.

No decorrer do período experimental, procurou-se manter o solo sempre com umidade próximo a sua capacidade de campo, sendo as irrigações realizadas via microaspersão durante o decorrer do dia. Neste período também foi efetuado o controle de plantas daninhas, sendo estas removidas manualmente dos vasos conforme foram germinando.

Sessenta dias após o plantio, em 27/01/2022 determinou-se o teor de clorofila a, clorofila b e clorofila total, obtidos com medidor portátil de clorofila, Modelo ClorofiLOG 1030, marca Falker. Também foi determinada a altura das plantas, o diâmetro de caule e o número de folhas

desenvolvidas por planta. Na sequência as plantas foram cortadas rente ao solo, determinando a massa fresca da parte aérea. Também se efetuou cuidadosamente a lavagem do sistema radicular de cada planta, obtendo então a massa fresca do sistema radicular + massa fresca da cepa. Posteriormente, tanto a parte aérea das plantas quanto o sistema radicular + cepa foram acondicionados em saco de papel e postos para secar em estufa com circulação de ar a 65°C até estarem completamente secos, determinando então em balança de precisão a massa seca.

A parte aérea das plantas foi triturada em moinho tipo Willey e acondicionadas em embalagens plásticas até o momento das análises. Seguindo a metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995), efetuou-se a digestão sulfúrica do tecido vegetal, bem como a determinação do teor de nitrogênio total (pelo método micro Kjeldahl), do teor de potássio em fotômetro de chama Benfer - BFC 500 Plus e o teor de fósforo por turbidimetria, utilizando um espectrofotocolorímetro no comprimento de onda de 660 nm. Considerando os teores determinados para estes elementos, bem como a fitomassa seca da parte aérea de cada planta, determinou-se a massa de cada nutriente acumulado na parte aérea.

Após tabulação, todos os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do Teste *F* a 5,0% de probabilidade de erro, utilizando o programa SASm Agri. As diferenças entre os tratamentos foram avaliadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto ao efeito dos inoculantes biológicos na fase inicial de desenvolvimento da mandioca, observa-se na Tabela 1 que ambas as cultivares foram similares na maioria das variáveis biométricas avaliadas, exceto para o número de folhas por planta, variável em que a cultivar Talo Branco (com 12,8 folhas por planta) foi estatisticamente superior a variedade IAC 12, que apresentou 10,8 folhas desenvolvidas.planta⁻¹. Por outro lado, para os inoculantes testados, houve efeito significativo ($P < 0,05$) para número de folhas por planta (NFP), massa seca da parte aérea (MSPA) e o teor de N nas folhas, e altamente significativo ($P < 0,01$) para altura de plantas (ALP), diâmetro do caule (DC), teor de clorofila A (Clor. A), clorofila total (Clor. Total), teor de P nas folhas e total de K acumulado na parte aérea das plantas (K APA). Quanto a interação dos fatores, houve efeito significativo para o teor de clorofila A, clorofila B, clorofila total e N total acumulado na parte aérea (N APA), e altamente significativo para o teor de N e P nas folhas das plantas.

Quanto ao efeito isolado das cultivares, um dos fatores que pode ter contribuído para maior número de folhas por planta na variedade Talo Branco é a sua característica genética, pois por ser uma variedade de mandioca que apresenta rápido desenvolvimento inicial e altura superior a 2,5m quando adulta, acabou desenvolvendo mais folhas nesta fase quando comparado com a IAC 12. Para variedade Talo Branco também foi observado maior teor de nitrogênio na parte aérea da planta (14,8 g.kg⁻¹) quando comparado com as plantas da cultivar IAC 12, que apresentaram teor médio de 12,5 g.kg⁻¹ de N.

Tabela 1. Valores de F e nível de significância para número de brotos por planta (NB), altura das plantas (ALP), diâmetro de caule (DC), número de folhas por planta (NFP), teores de clorofila A (Clor. A), clorofila B (Clor. B), clorofila total (Clor. Total), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da cepa (MSCP), massa seca da raiz (MSR) teores de N, P e K na folha das plantas e total de N (N APA), P (P APA) e K (K APA) acumulado na parte aérea aos 60 dias após o plantio em função da cultivar de mandioca e dos inoculantes. Iporá-GO, 2022.

Variável	Cultivar (C)	Inoculante (I)	C x I	C.V. (%)
NB	1,27 ^{ns}	1,85 ^{ns}	0,38 ^{ns}	41,8
ALP	1,09 ^{ns}	4,74 **	0,72 ^{ns}	12,7
DC	1,48 ^{ns}	4,88 **	0,41 ^{ns}	14,9
NFP	7,36 *	4,08 *	1,45 ^{ns}	18,9
Clor. A	1,63 ^{ns}	6,61 **	3,78 *	5,6
Clor. B	0,29 ^{ns}	2,35 ^{ns}	3,15 *	11,5
Clor. Total	0,94 ^{ns}	4,18 **	3,61 *	6,9
MSPA	0,02 ^{ns}	3,17 *	0,49 ^{ns}	26,9
MSCP	0,004 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,51 ^{ns}	24,1
MSR	1,71 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,33 ^{ns}	24,9
N na folha	5,27 *	2,76 *	6,03 **	23,4
N APA	0,38 ^{ns}	0,98 ^{ns}	4,11 *	29,5
P na folha	0,48 ^{ns}	11,4 **	6,04 **	14,16
P APA	0,37 ^{ns}	1,91 ^{ns}	1,51 ^{ns}	41,7
K na folha	0,06 ^{ns}	1,54 ^{ns}	1,26 ^{ns}	8,4
K APA	1,16 ^{ns}	4,73 **	0,28 ^{ns}	19,5

** significativo a 1,0%, *significativo a 5,0%,^{ns} não significativo, C.V.: coeficiente de variação.

O nitrogênio é um dos macronutrientes mais absorvidos pela mandioca (FIALHO e VIEIRA, 2011). Considerando que não foi realizada a aplicação de nenhum fertilizante nitrogenado nos vasos, o teor mais elevado de N da Talo Branco pode estar relacionado a sua melhor interação nesta fase inicial de desenvolvimento das plantas com as bactérias utilizadas, resultando em melhor suprimento deste elemento nas plantas, favorecendo a emissão de mais folhas. Este efeito estimulatório, para emissão de folhas e incremento no teor de N da Talo Branco, pode estar associado a melhor fixação biológica de nitrogênio atmosférico (James, 2000), bem como a possível maior produção de fitormônios (HRIDYA *et al.* 2013^b).

Já para o efeito isolado dos inoculantes, a aplicação de Azotrop estimulou o desenvolvimento inicial das plantas de mandioca, resultando em maior altura e diâmetro de caule, quando comparado com a testemunha (sem inoculação) e com as que foram coinoculadas com todos os inoculantes. Já com a aplicação isolada do Bio-Imune e do BiomaPhos, houve desenvolvimento intermediário da parte aérea das plantas (Tabela 2), não diferindo estatisticamente das plantas testemunha, nem das que receberam a inoculação do Azotrop. Resultados semelhantes a estes também foram observados para o número de folhas por planta (NFP), massa seca da parte aérea (MSPA.) e massa total de potássio acumulada na parte aérea (K APA.), sugerindo que a aplicação de forma isolada deste inoculante à base de *A. brasilense* torna-se mais promissora para o desenvolvimento inicial da mandioca.

Tabela 2. Efeito isolado dos inoculantes biológicos nas variáveis altura das plantas (ALP.), diâmetro do caule (DC.), número de folhas por planta (NFP.), massa seca da parte aérea (MSPA.) e total de K acumulado na parte aérea (K APA.) nas plantas de mandioca aos 60 dias após o plantio. Iporá-GO, 2022.

	ALP (cm)	DC (mm)	NFP	MSPA (g.planta ⁻¹)	K APA (mg.planta ⁻¹)
Azotrop	26,5 A	7,3 A	13,3 A	10,0 A	156,0 A
Bio-Imune	23,4 AB	6,0 AB	12,5 AB	7,8 AB	134,9 AB
BiomaPhos	23,7 AB	6,0 AB	11,9 AB	7,2 AB	125,0 AB
Todos	20,8 B	5,5 B	11,8 AB	6,4 B	103,7 B
Testemunha	21,2 B	5,6 B	9,1 B	8,2 AB	144,8 AB

OBS. Para cada variável, médias seguidas da mesma letra maiúscula (coluna), indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade de erro.

Para MSPA, ao comparar o valor observado com a inoculação de *A. brasilense* com o obtido nos demais tratamentos, este foi 28,2% superior com a aplicação de Bio-Imune (produto à base de *Bacillus subtilis*), 38,8% superior com a aplicação de BiomaPhos (produto à base de *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), 56,2% superior com a coinoculação de todos inoculantes e 21,9% superior quando comparado com a testemunha, sugerindo melhor desempenho do *A. brasilense* em promover o crescimento das plantas de mandioca nesta fase inicial.

O *Azospirillum* por ser uma bactéria de vida livre e benéfica para as espécies vegetais, é considerada como promotora de crescimento de plantas (BPCP), com capacidade de colonizar a rizosfera do solo e os tecidos, podendo estimular o crescimento vegetal por meio da fixação de nitrogênio (BALOTA *et al.* 1999). Também pode estimular o crescimento das raízes através

da síntese de fitormônios, liberando o ácido indol-acético (AIA), giberelinas e citocininas (Bashan & Bashan, 2010), resultando em maior desenvolvimento da parte aérea das plantas por promover maior absorção e melhor eficiência no uso dos nutrientes. Na Índia, estudo desenvolvido em condições de campo por Hridya *et al.* (2013^b) mostra que a mandioca, quando inoculada com *Azospirillum* e adubada com metade da dose de NPK recomendada, apresentou melhora significativa na produtividade de raízes, fato associado ao uso mais eficiente dos nutrientes absorvidos pela planta. Por outro lado, no presente estudo, sua aplicação juntamente com os demais inoculantes “coinoculação”, resultou em menor produção de fitomassa pela parte aérea da mandioca na fase inicial de desenvolvimento, sugerindo possível competição entre os gêneros de bactérias testados. No entanto, quando associado com *Trichoderma*, pode resultar em maior atividade enzimática do solo como a urease (Hridya *et al.* 2013^a), refletindo em maior disponibilidade de N e desenvolvimento das plantas.

Quanto ao efeito da interação dos fatores para o teor de clorofila na folha das plantas (Figura 1), ao analisar o efeito dos inoculantes dentro de cada cultivar, para a IAC 12 a aplicação de Azotrop e de BiomaPhos resultou em maiores teores de clorofila a (Figura 1 A), clorofila b (Figura 1 B) e clorofila total (Figura 1 C), quando comparado com os demais tratamentos. Já para cultivar Talo Branco, teores mais elevados de clorofila A e clorofila total foram obtidos com a aplicação de Azotrop e com a coinoculação de todos os inoculantes, porém estes não diferiram estatisticamente das plantas que não receberam inoculação (testemunha).

Em ambas as cultivares verifica-se que o uso de *Azospirillum brasilense* foi promissor para a mandioca. O uso de *A. brasilense* pode gerar diversos estímulos para o crescimento vegetal, destacando-se a fixação biológica de N (Fukami *et al.*, 2016), produção de hormônios vegetais, solubilização de fosfato, maior desenvolvimento radicular (Kazi *et al.*, 2016), aumento da clorofila e da condutância estomática (Hungria, 2011), além de proporcionar mudanças na atividade fotossintética das plantas, podendo afetar o teor de clorofilas a e b das folhas, pigmentos fotoprotetivos auxiliares (violaxantina, zeaxantina, aeroxantina, luteína, neoxantina e beta-caroteno), que resultariam em plantas mais verdes e sem estresse hídrico. (TAIZ *et al.* 2017).

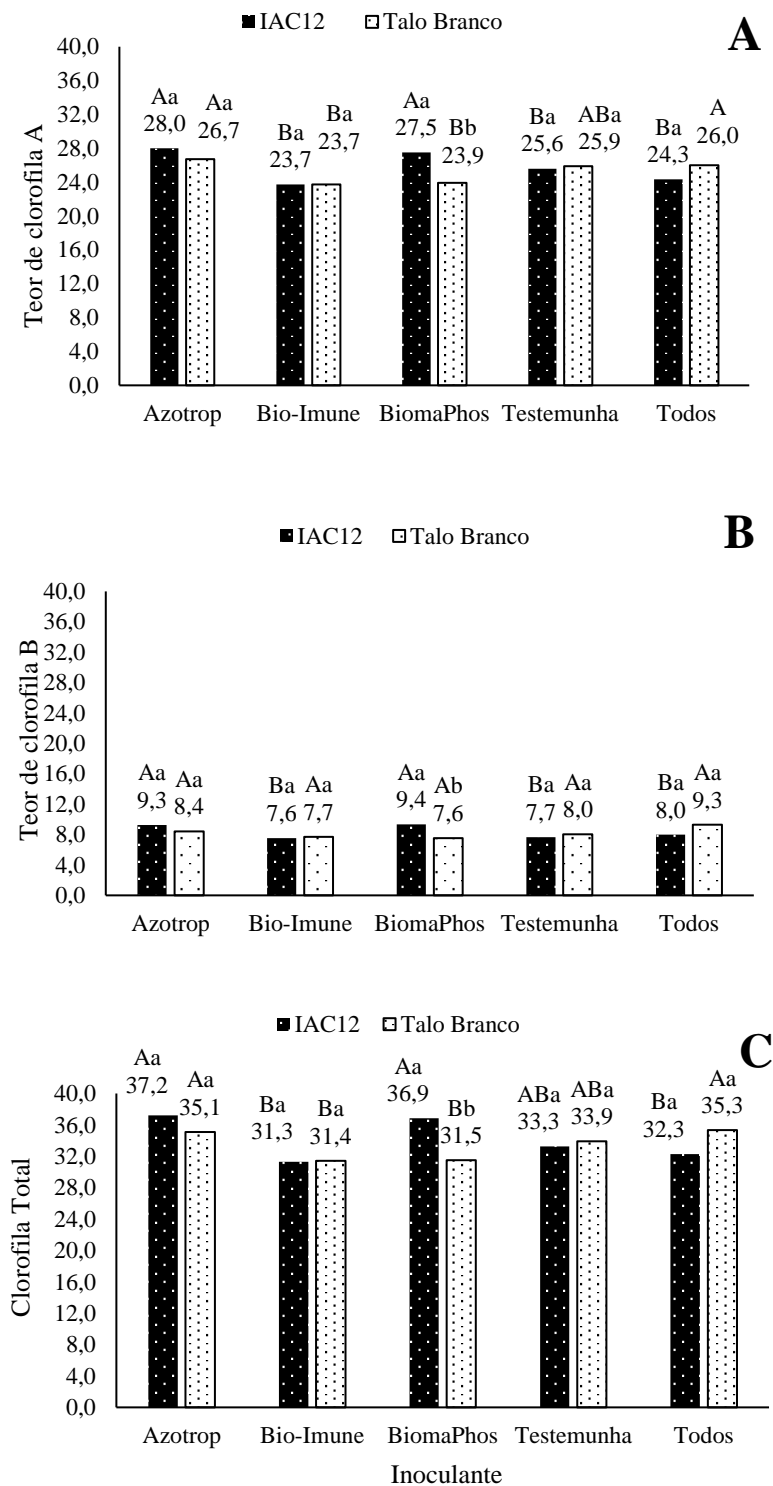


Figura 1. Teor de clorofila a (A), clorofila b (B) e clorofila total (C) para as plantas de mandioca aos 60 dias após o plantio em função da interação dos fatores cultivar x inoculante. Letras maiúsculas comparam o efeito dos inoculantes dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparam o efeito da cultivar de mandioca dentro de cada inoculante. Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro. Iporá-GO, 2022.

No entanto, os resultados sugerem que quando inoculada com outros microrganismos de forma isolada ou em coinoculação, as cultivares de mandioca podem apresentar resposta diferenciada, conforme especificidade de cada material genético. Teixeira *et al.* (2007), analisando amostras de 27 materiais genéticos de mandioca provenientes dos estados do Amazonas, São Paulo e Bahia identificaram 47 espécies de bactérias endofíticas, relatando esta interação diferenciada dos materiais genéticos de mandioca com as rizobactérias identificadas.

Os achados destes autores corroboram com os publicados por Leite *et al.* (2018), que analisaram amostras de acessos genéticos de mandioca coletadas no estado de Pernambuco, identificando a presença de seis gêneros bacterianos (*Achromobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Pantoea* e *Pseudomonas*), os quais apresentam características bioquímicas associadas a promoção do crescimento das plantas.

Ao analisar a resposta das cultivares de mandioca para cada inoculante, observa-se que a IAC 12 quando inoculado com BiomaPhos foi superior a Talo Branco em 15,1% no teor de clorofila A (Figura 1 A), 23,7% no teor de clorofila B (Figura 1B) e 17,1% superior no teor de clorofila total (Figura 1C), indicando esta possível melhor interação com *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* nesta fase de desenvolvimento das plantas. Estas bactérias são classificadas como solubilizadoras de fosfatos inorgânicos (Dahmani *et al.* 2020, Ferreira *et al.* 2021), e apesar da mandioca requer cerca de 0,05 mg.Kg⁻¹ de P disponível na solução do solo, quantidade considerada baixa quando comparada com outras culturas como a soja, que requer 0,2 mg.kg⁻¹ de P (Mendes Júnior, 2003), fato que, geralmente, leva seu cultivo ser realizado em solos pouco férteis e com baixa disponibilidade de P.

Deste modo, a presença destas bactérias torna-se de relevante importância, pois podem fornecer parte do fósforo requerido pela cultura da mandioca. Melhor disponibilidade de P para a planta pode proporcionar incremento no teor de clorofila nas folhas, pois este elemento é integrante do ATP, composto que libera energia no processo ativo de absorção de nitrogênio, também contribui para maior eficiência no processo simbiótico de fixação biológica de nitrogênio, uma vez que este é dependente da disponibilidade de fósforo para a planta (TAIZ *et al.*, 2017).

Considerando que, cultivares de mandioca podem apresentar respostas diferenciadas quando inoculadas com estas bactérias, torna-se necessário a realização de mais estudos para melhor entender este processo, bem como identificar quais genótipos são mais responsivos a inoculação, desenvolvendo preferencialmente trabalhos a campo que envolvam todo o ciclo da cultura.

Em relação ao efeito da interação cultivar x inoculante para o teor de nitrogênio na parte aérea das plantas (Figura 2 A), a cultivar Talo Branco apresentou maior teor de N quando em coinoculação, sugerindo que até esta fase de desenvolvimento da cultura, possa ocorrer certo sinergismo entre os microrganismos aplicados, resultando em melhores condições para fixação biológica de nitrogênio, bem como para maior absorção deste elemento. Nesta condição, apesar de não diferir da testemunha, o teor mais elevado de N no tecido vegetal contribuiu para maior acúmulo total de nitrogênio na parte aérea das plantas de mandioca.

Quanto ao teor de P (Figura 2 B), para variedade Talo Branco tanto a coinoculação quanto a inoculação de forma isolada dos produtos biológicos foram eficientes, aumentando a disponibilidade deste elemento para as plantas, sendo o teor de P nas plantas que receberam estas bactérias promotoras de crescimento estatisticamente superior ao observado nas plantas testemunha. Por outro lado, para a cultivar IAC 12, até esta fase de desenvolvimento das plantas os inoculantes pouco afetaram os teores de N e P do tecido foliar, exceto quando *Azospirillum brasilense* é aplicado de forma isolada, resultando em maior acúmulo total de nitrogênio na parte aérea, diferindo estatisticamente das plantas em houve a coinoculação.

Hridya *et al.* (2013^a) relatam que a coinoculação de *Azospirillum lipoferum* com outros microrganismos (*Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Glomous macrocarpum* e *Bacillus megaterium*) proporcionou aumento significativo na atividade de enzimas como a urease, refletindo em maior disponibilidade de N para a planta e na redução da quantidade de fertilizante aplicado. Lopes *et al.* (2019), testando a coinoculação de bactérias promotoras de crescimento (*Azospirillum amazonense*, *Herbaspirillum seropedicae*, *Gluconacetobacter diazotrophicus* e *Streptomyces* sp.) com fungos micorrizicos arbusculares – FMA em mandioca micropropagada, mencionam que as plantas quando coinoculadas assimilaram N em proporção igual as plantas que receberam nitrogênio mineral, melhorando também o crescimento das plantas no decorrer do tempo, considerando que a coinoculação de BPCPs e FMA pode atender a necessidade de nitrogênio para a mandioca, vindo a ser uma alternativa para reduzir o uso de fertilizante nitrogenado.

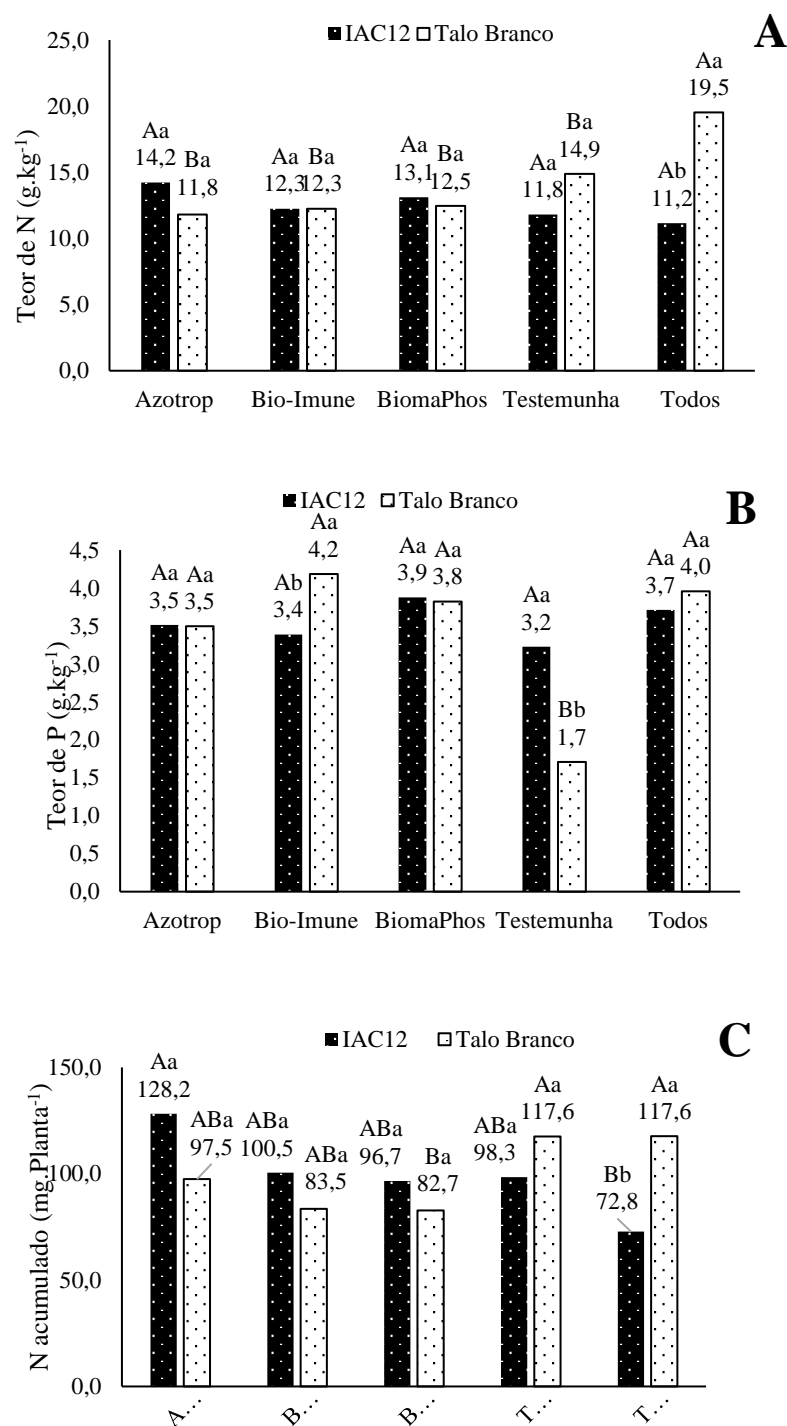


Figura 2. Teor de nitrogênio (A), de fósforo (B) e nitrogênio total acumulado na parte aérea (C) das plantas de mandioca aos 60 dias após o plantio em função do efeito da interação cultivar x inoculantes. Letras maiúsculas comparam o efeito dos inoculantes dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparam o efeito da cultivar dentro de cada inoculante. Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0%. Iporá,GO, 2022

Teixeira *et al.* (2007) e Hungria (2011) salientam que as interações solo-planta-microrganismos são complexas, sendo que em muitas situações, seus efeitos individuais são difíceis de serem estudados, em razão do pouco conhecimento dos processos interativos entre os microrganismos promotores de crescimento e o ambiente que colonizam, devendo nos estudos desenvolvidos considerar o maior número possível de fatores associados a planta (material genético, sanidade, estado nutricional), ao solo (condições químicas, físicas e microbiológicas) e as condições climáticas (drenagem, aeração e temperatura do solo).

Assim, conforme observado para o teor de clorofila das folhas, houve também resposta diferenciada das cultivares de mandioca quanto aos teores de nitrogênio e de fósforo em função dos inoculantes, bem como quando estes são aplicados em coinoculação, fato que remete a necessidade de se realizar mais estudos para melhor entender a relação dos diversos microrganismos endofíticos encontrados no sistema radicular da mandioca (Teixeira *et al.*, 2007; Lopes *et al.*, 2019), os quais podem ser eficientes no processo de fixação biológica de nitrogênio atmosférico, bem como na produção de fitormônios (James, 2000; Buchelt *et al.*, 2019), estimulando o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea da planta (Ferreira *et al.*, 2021), porém, conforme o material genético de mandioca utilizado, as condições de solo e do ambiente, estes benefícios podem não ocorrer para a planta.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cultivares de mandioca apresentaram resposta diferenciada aos microrganismos utilizados como inoculantes, quando são aplicados de forma isolada ou em coinoculação, remetendo a necessidade de se realizar mais estudos para melhor entender esta interação entre os genótipos de mandioca e as bactérias promotoras de crescimento.

Para cultivar Talo Branco a coinoculação de todos os microrganismos demonstrou ser mais promissora, resultando em teores mais elevados de clorofila nas folhas e de nitrogênio e de fósforo na parte aérea, já que para a cultivar IAC 12 a inoculação de *Azospirillum brasilense* proporcionou melhores resultados para estes parâmetros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALOTA, E.L.; LOPES, E.S.; HUNGRIA, M; DOBEREINER, J. Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 7, 1265-1276. 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000700020>

BASHAN Y.; BASHAN L.E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. **Advances in Agronomy**, 108:77-136. 2010. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08002-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08002-8)

BUHELDT, A.C.; METZLER, C.R.; CASTIGLIONI, J.L.; DASSOLLER, T.F.; LUBIAN, M.S. Aplicação de bioestimulante e *Bacillus subtilis* na germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 4, p. 69-74, 2019. 2019. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v6i4.2762>

CONAB – Companhia nacional de abastecimento de abastecimento. Acompanhamento safra brasileira de grãos, v.8– Safra 2020/21, n.12 - Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-97, setembro 2021.

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. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00124>

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**, 116, 101709. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.pmp.2021.101709>

FIALHO, J.F. e VIEIRA, E.A. **Mandioca no Cerrado: orientações técnicas** / editores técnicos, Josefino de Freitas Fialho, Eduardo Alano Vieira. – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 208 p. 2011. ISBN: 978-85-7075-058-7.

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense* **AMB Express**, v. p. 61-13, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13568-015-0171-y>

HRIDYA, A.C.; BYJU, G.; MISRA R.S. Effect of biocontrol agents and biofertilizers on root rot, yield, harvest index and nutrient uptake of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 59, p.1 215 - 1227. 2013^a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2013.791023>

HRIDYA, A.C.; BYJU, G.; MISRA R.S. Effects of microbial inoculations on soil chemical, biochemical and microbial biomass carbon of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) growing Vertisols. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.60, p.239- 249. 2013^b.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Documentos, 325).

JAMES E. Nitrogen fixation in endophytic and associative symbiosis. **Field Crops Research**. . 65: 197–209. 2000.

KAZI, N.; DEAKER, R.; WILSON, N.; MUHAMMAD, K.; TRETOWAN, R. The response of wheat genotypes to inoculation with *Azospirillum brasilense* in the field. **Field Crops Research**, v.196, p 368-378. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.07.012>

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)

LEITE, M.C.B.S.; PEREIRA, A.P.A.; SOUZA, A.J.; ANDREOTE, F.D.; FREIRE, F.J.; SOBRAL, J.K. Bioprospection and genetic diversity of endophytic bacteria associated with cassava plant. **Revista Caatinga**. v. 31 p. 315–325. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n207rc>.

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>

MENDES, I.C.; JUNIOR, F.B.R. **Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica**. 1. ed. Planaltina, DF: EMBRAPA CERRADOS, 2003. 26 p. ISSN 1517-5111.

MORAES, G.P.; GOMES, V.F.F.; MENDES FILHO, P.F.; ALMEIDA, A.M.M.; SILVA JÚNIOR, J.M.T. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* na 13 cultura do milho. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 3, p. 109-116, 2017. DOI: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v38i3.29919>

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.Á.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SKONIESKI, F.R.; FRATA, M.T.; VIÉGAS, J.; MARTIN, T.N.; NORNBORG, J.L.; MEINERZ, G.R.; TONIN, T.J.; BERNHARD, P. Effect of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization rates on maize plant yield and silage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 46, n. 9, p. 722-730, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902017000900003>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p. ISBN: 9788582713662

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solos, plantas e outros materiais** 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

TEIXEIRA, M.A.; MELO, I.S.; VIEIRA, R.F.; COSTA, F.E.C.; HARAKAVA, R. Microrganismos endofíticos de mandioca de áreas comerciais e etnovarietades em três estados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 42, p. 43 – 49. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000100006>.

CAPÍTULO 3 – ASPECTOS BIOMÉTRICOS E PRODUÇÃO DE ETANOL EM CULTIVARES DE MANDIOCA COM INOCULANTES BIOLÓGICOS

RESUMO: A mandioca, por sua adaptação as condições de clima e solo encontra-se em todo território nacional, sendo importante fonte alimentar e de renda. Esta cultura apresenta elevada relação com microrganismos do solo. Portanto, objetivou-se neste trabalho avaliar a resposta das cultivares IAC 12 e Talo Branco à inoculação com *Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus megaterium* + *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus subtilis*. O experimento foi conduzido a campo em Iporá-GO, no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. A adubação e os tratamentos fitossanitários foram realizados seguindo as recomendações técnicas para a cultura. A colheita foi realizada em outubro de 2022, em que se avaliaram atributos biométricos, a produtividade, o teor de matéria seca e de amido das raízes e a estimativa de etanol que poderia ser produzido. As cultivares de mandioca apresentaram resposta diferenciada quanto aos inoculantes utilizados. Para a IAC 12, a inoculação de *Bacillus subtilis* e a coinoculação de *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* proporcionou produção de raízes superior a 34 toneladas por hectare, que apresentaram teor mais elevado de amido, resultando uma produção estimada de etanol similar a cana-de-açúcar. Por outro lado, para a Talo Branco, não houve resposta aos inoculantes.

Palavras-chave: Microrganismo do solo, Resposta das cultivares, Viabilidade, Produção de etanol, Produtividade.

CHAPTER 3 - PLANT BIOMETRIC ASPECTS AND ETHANOL PRODUCTION IN CASSAVA CULTIVARS WITH BIOLOGICAL INOCULANTS

ABSTRACT: Cassava, due to its adaptation to climate and soil conditions, is found throughout the national territory, being an important source of food and income. This crop has a high relationship with soil microorganisms, which are still little studied. The objective of this work was to evaluate the cultivars IAC 12 and Talo Branco response to inoculation with *Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus megaterium* + *Bacillus subtilis* and *Azospirillum brasilense* + *Bacillus megaterium* + *Bacillus subtilis*. The experiment was carried out in the field in Iporá-GO, in a randomized block design, with four replications. Fertilization and phytosanitary treatments were carried out following the technical recommendations for the crop. The harvest was carried out in October 2022, where the biometric attributes and plants, productivity, the roots dry matter and starch content as well as the estimated ethanol production were evaluated. Cassava cultivars showed a different response to the inoculants used. For IAC 12, *Bacillus subtilis* inoculation and *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* co-inoculation provided root production greater than 34 tons per hectare, which had a higher starch content, resulting in an estimated ethanol production like sugar cane. On the other hand, for Talo Branco, there was no response to the inoculants.

Keywords: Soil microorganism, Cultivar response, Viability, Ethanol production, Productivity.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem importante ocupação no mercado financeiro alimentício, com participação expressiva na mesa dos brasileiros e presente no cotidiano da maioria dos produtores (PESTANA e CASTRO, 2015). No Brasil, em 2022 a área plantada foi de 1.257.659 hectares, com produção de 18.200.277 toneladas e produtividade média de 15,0 t.ha⁻¹, considerada baixa uma vez que a cultura quando bem manejada, pode apresentar produtividade superior a 70,0 t.ha⁻¹ (MAPA, 2023).

A mandioca possui grande diversidade de usos na alimentação humana e na indústria, bem como na alimentação animal, sendo um dos mais promissores, pois além de possuir potencial para substituir o milho, exige baixa utilização de insumos agrícolas durante a produção quando comparado com outras culturas (FIALHO e VIEIRA, 2011). É uma espécie nativa do Brasil, distribuída em todo território nacional, sendo que 19,9% de sua produção ocorre na região Nordeste, 34,0% no Norte, 25,4% no Sul, 12,6% no Sudeste e 8,1% no Centro-Oeste (MAPA, 2023), tolerante a solos mais ácidos e de baixa fertilidade, característicos do Cerrado, e que apresenta baixo risco de perda na colheita (FIALHO e VIEIRA, 2011). Para estes autores, a cultura além de relevante ocupação no mercado alimentício e na geração de renda para os produtores, desempenha importante papel socioeconômico, sendo considerada uma das principais fontes de carboidratos para as pessoas nos países em desenvolvimento.

Apesar de quase não explorada para esta finalidade no Brasil, a mandioca pode ser utilizada na produção de etanol (Wei *et al.*, 2015; Pradywong *et al.*, 2018), principal biocombustível utilizado no mundo, representando 10% da energia mundial e com previsão que seu uso alcance 27% até 2050 (IEA, 2017). Quando comparado com cereais e à cana-de-açúcar, considerando seu potencial produtivo, sua tolerância a baixa pluviosidade e a solos de baixa fertilidade, a mandioca tem se destacado, uma vez que seu rendimento, viabilidade e balanço de massa para obtenção do etanol a tornam uma cultura potencialmente promissora, principalmente para regiões pouco desenvolvidas (VALLE *et al.*, 2009).

O Brasil possui vasta diversidade de materiais genéticos de mandioca, muitos dos quais com elevado teor de amido, tornando-o promissor para produção de etanol. Salla (2008) relata que com uma tonelada de raiz de mandioca com 33% de amido é possível produzir 211 litros de etanol, enquanto uma tonelada de cana-de-açúcar produz aproximadamente 86 litros deste biocombustível. Apesar de amplamente disseminada no território nacional, por causa da heterogeneidade dos cultivos e baixo nível tecnológico empregado, na maioria das lavouras, a produtividade média nacional é baixa. Contudo, em lavouras implantadas com emprego de

tecnologias de cultivo e cultivares adequadas, há melhora expressiva na produtividade, como ocorre no estado de São Paulo, que na safra de 2021 teve produtividade média de 24,1 t.ha⁻¹. Por outro lado, no Maranhão, que a maioria dos produtores são descapitalizados e realizam seu cultivo basicamente para sua subsistência, a produtividade foi de apenas 7,7 t.ha⁻¹ (MAPA, 2023).

Dessa maneira, a mandioca deve ser vista como uma cultura que responde a adubações e técnicas de cultivo, resultando no aumento de sua produtividade. Considerando o elevado custo dos fertilizantes químicos e o baixo poder aquisitivo da maioria dos produtores de mandioca, o uso de inoculantes biológicos pode contribuir para melhorar a nutrição da planta, sua resistência a estresses bióticos e abióticos, resultando no aumento da produtividade da planta e reduzindo os custos de produção (BRAGA JUNIOR *et al.*, 2018; DIAZ *et al.*, 2019).

Zhang *et al.* (2008), estudando o efeito de *Bacillus subtilis* em *Arabidopsis thaliana*, observaram que sua aplicação melhorou a tolerância das plantas à salinidade, bem como sua resistência aos estresses ambientais. Já Cortivo *et al.* (2017), avaliando a colonização de três BPCP fixadores de nitrogênio atmosférico (*Azospirillum* spp., *Azoarcus* spp. e *Azorhizobium* spp.) relatam que estas bactérias foram eficientes em proporcionar maior acúmulo de N nas plantas de trigo. Também Panhwar *et al.* (2015) mencionam que o uso de *Bacillus* sp., *Stenotrophomonas maltophilia*, *Burkholderia thailandensis* e *Burkholderia seminalis* como inoculante no arroz, estimulou a produção de ácidos orgânicos, sendo eficiente em reduzir a toxidez do alumínio nas plantas.

Sabe-se que a mandioca forma associações com inúmeras espécies de bactérias promotoras de crescimento (Teixeira *et al.*, 2007; Sarr *et al.*, 2019). Deste modo, o uso de inoculantes biológicos pode ser uma alternativa para melhorar aspecto nutricional das plantas, seu desenvolvimento e sua produtividade. Silva (2018) menciona que na mandioca o principal produto são as raízes de reserva, bem como que a inoculação com *Azospirillum* pode ser uma alternativa para promover aumento do número de raízes comerciais. Na Índia, estudo feito por Hridya *et al.* (2013) em condições de campo mostrou que a inoculação da mandioca com *Azospirillum* melhorou a produtividade de raízes, mesmo em plantas que foram plantadas com metade da adubação recomendada. Zeng *et al.* (2022), relatam que o uso de *Lactococcus lactis* como inoculante na mandioca foi eficiente em reduzir o efeito tóxico do alumínio e elevar a absorção de potássio pelas plantas, considerado o uso desta bactéria como importante alternativa para melhorar o desenvolvimento e produtividade desta cultura.

Existe no mercado vários inoculantes à base de *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, porém seus efeitos são pouco conhecidos na cultura da mandioca (TEIXEIRA *et al.*, 2007; LOPES *et al.*, 2019; FERREIRA *et al.*, 2021). Dobbelaere *et al.* (2001), relatam que a aplicação de *Azospirillum brasilense* nos cultivos, por realizar o processo de fixação biológica de nitrogênio atmosférico, contribui no fornecimento de N para as plantas. Além de ecologicamente correto, seu uso reduz a demanda por fertilizantes nitrogenados industriais, melhorando a viabilidade econômica da atividade desenvolvida. Para Skonieski *et al.* (2017) e Moraes *et al.* (2017) o estímulo no desenvolvimento radicular nas plantas quando inoculadas com *Azospirillum* pode resultar em outros efeitos benéficos, tais como aumento na absorção de água e nutrientes, maior tolerância a tensões salinas e hídricas, resultando em muitos casos, no desenvolvimento mais vigoroso da planta.

O uso de *Bacillus subtilis*, bactericida e fungicida microbiológico eficiente no manejo de doenças parte aérea da planta, é uma alternativa que tem contribuído para melhor sanidade e o desenvolvimento das plantas. Buchelt *et al.* (2019), ressaltam que seu uso como bioestimulantes na agricultura é pela produção de fitormônios, ácido indolacético, ácido abscísico, giberelinas e citocininas, aumentando o número de pelos radiculares e estimulando o crescimento do sistema radicular das plantas. Além disso, para Ferreira *et al.* (2021) o uso desta bactéria é eficiente no controle de *Pythopytium* sp, patógeno que causa a podridão das raízes na mandioca.

Além do nitrogênio, o fósforo é outro elemento afetado para colonização microbiana nas raízes. Wani *et al.* (2007), relatam que a coinculação de *Mesorhizobium*, *Pseudomonas* e *Bacillus* spp. foi eficiente em proporcionar maior disponibilidade de P para o grão-de-bico, aumentando sua produtividade. Ferreira *et al.* (2021), em trabalho conduzido em ambiente controlado, observaram dois isolados de *Bacillus aryabhatai* com elevada capacidade de solubilização de fosfatos, bem como de produção de auxinas, estimulando o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas de mandioca. Dahmani *et al.* (2020), mencionam a aplicação de *Bacillus megaterium* estimulou a produção de auxina nas plantas, sendo também eficiente na solubilização de fosfato, contribuindo para maior produção de biomassa pelo sistema radicular e da parte aérea.

Deste modo, o uso de inoculantes biológicos pode ser amplamente promissor para o cultivo da mandioca, porém até o momento pouco se conhece sobre o efeito que o uso destes microrganismos ocasiona nesta cultura. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a

resposta de duas cultivares de mandioca à inoculantes biológicos quanto aos aspectos biométricos e produtivos, bem como seu potencial para geração de etanol.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo em propriedade rural localizada na comunidade Santo Antônio, Iporá-GO. Trata-se de uma área agricultável, utilizada desde 2020 para o cultivo de milho para produção de silagem e de grãos, sendo o solo caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (SANTOS *et al.*, 2018). O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é tropical (Aw), caracterizado pelas estações de seca e chuvosa bem definidas.

Em outubro de 2021, visando melhorar os atributos físicos do solo, efetuou-se uma aração até 0,25m de profundidade, seguida de uma gradagem leve para eliminar os torrões e nivelar o solo. Posteriormente foi coletada amostra de solo na camada de 0,0 – 0,20m para realização da análise química, que revelou os atributos químicos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos e composição granulométrica do solo coletado na camada de 0,0 - 0,20m de profundidade da área experimental. Iporá-GO, 2022.

pH	P	Al	H+Al	K	Ca	Mg	T ¹	V ²	M.O ³	Areia	Silte	Argila
(CaCl ₂)	mg dm ⁻³	-----		cmol _c dm ⁻³	-----			%	g.kg ⁻¹	-----		
4,9	23,9	0,1	5,8	0,52	7,0	1,7	15,0	61,5	28,0	355	75	570

¹T = Capacidade de Troca Catiônica; ²V = Saturação por bases; ³M.O = Matéria orgânica.

O experimento foi montado no delineamento em blocos ao acaso, no esquema fatorial 2 x 5, com 4 repetições. Como tratamentos testou-se duas cultivares de mandioca, sendo uma industrial (IAC 12) e outra de mesa (Talo Branco) e cinco inoculantes biológicos : 1- Azotrop (*Azospirillum brasilense* - Cepas Ab-V5 e Ab-V6 e concentração mínima de 2×10¹¹ UFC.mL⁻¹); 2 – Bio-Imune (*Bacillus subtilis* - cepa BV02 e concentração mínima de 3 x 10⁹ UFC.mL⁻¹); 3 – BiomaPhos (Cepas *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) com concentração mínima de 4x10⁹ UFC.mL⁻¹); 4 – mistura de todos os inoculantes biológicos (Azotrop + Bio-Imune + BiomaPhos) mantendo as mesmas dosagens; 5 – Testemunha (sem inoculação).

Em cada parcela experimental com 4,0m de comprimento x 5,0m de largura, foram cultivadas 16 plantas de mandioca. Para o plantio adotou-se o espaçamento de 1,1 m entrelinhas e 0,6 m entre covas, sendo as covas abertas manualmente com uma enxada. Em seguida, como adubação de base, aplicou-se 18 gramas por cova do formulado NPK 04-30-10.

Em 06/11/2021 realizou-se o plantio da mandioca, sendo as manivas previamente padronizadas por diâmetro (entre 15 e 25 mm) e número de gemas vegetativas (4 a 5 gemas por maniva). Na sequência, visando reduzir o ataque de pragas, principalmente cupim (*Heterotermes tenuis*), realizou-se nas manivas um tratamento químico com inseticida comercial à base de Fipronil, na dosagem de 200 g do ingrediente ativo por hectare. O produto foi diluído em uma caixa com 50L de água, ficando as manivas de molho por cinco minutos nesta solução. Em seguida efetuou-se a distribuição nas covas, colocando uma maniva por cova na posição horizontal.

Posteriormente, com um pulverizador costal realizou-se a aplicação dos inoculantes. Para o Azotrop e o BiomaPhos foi utilizado uma dosagem de 400 mL.ha⁻¹ e para o Bio-Imune 1.600 mL.ha⁻¹. Para obter o volume de cada inoculante a ser aplicado em cada parcela, considerou-se um estande de 15,150 plantas.ha⁻¹. Deste modo, por parcela aplicou-se para o Azotrop e o BiomaPhos 0,416 mL e para o BioImune 1,7 mL. Estas mesmas dosagens também foram utilizadas no tratamento com todos os inoculantes. Considerando que em cada parcela estavam sendo cultivadas 16 plantas, o volume de calda dos inoculantes testados foi diluído em água até completar volume total de 1600 mL, sendo então pulverizado 100 mL desta solução sobre cada maniva e no interior de cada cova.

Em seguida, as manivas foram cobertas com aproximadamente 5 cm de solo. Considerando que na área havia muitas plantas daninhas recentemente germinadas, após o fechamento das covas também foi realizada uma aplicação de herbicida à base de glifosato, na dosagem de 1,5 kg do ingrediente ativo por hectare. Considerando a adequada disponibilidade hídrica do solo e a boa germinação das manivas, não foi necessária a realização de replantio. Também considerando a boa fertilidade do solo para o cultivo da mandioca (Tabela 1), não se realizou a adubação de cobertura. Para o controle das plantas daninhas, no decorrer do período experimental foram realizadas duas capinas manuais, sendo a primeira em 29/11/2021, e a segunda, em 25/12/2021.

Considerando que no experimento estavam sendo testadas duas cultivares (uma de mesa e outra para a indústria), optou-se por efetuar a colheita um ano após o plantio, sendo a coleta e avaliações realizadas nos dias 28 e 29 de outubro de 2022. Em cada parcela experimental foram colhidas 3 plantas, as quais foram arrancadas do solo com o auxílio de um enxadão. Posteriormente em cada planta avaliou-se o número de raízes, massa total de raiz, massa de raiz comercial, altura da planta, altura da primeira ramificação, diâmetro de caule a 20 cm do solo, teor de clorofila total na folha (determinado com clorofilometro modelo CLorofiLOG 1030,

marca Falker), comprimento e diâmetro das raízes e a massa fresca da planta (parte aérea + cepa).

Em seguida, utilizando a metodologia proposta por Salla (2008) e o princípio da balança hidrostática, determinou-se o teor de matéria seca e o teor de amido das raízes. Para isso, foram utilizados 2,5 kg de raízes de cada tratamento, sendo estas pesadas fora da água (MFA) e totalmente submersas na água (MSA). Na sequência, determinou-se o teor de matéria seca das raízes (TMSR) utilizando a equação $TMSR = 158,3 \times ((MFA / (MFA - MSA)) - 142)$. Já o teor de amido da raiz (TAR), foi obtido pela equação $TAR = TMSR - 4,65$. De posse destes dados e considerando o rendimento de etanol por tonelada de raiz de mandioca com 33% de amido publicado por Salla (2008), bem como a produtividade obtida em cada tratamento, foi possível estimar o volume total de etanol que poderia ser gerado caso as raízes fossem utilizadas para esta finalidade. Também se calculou o índice de colheita, determinado pela relação entre o peso de raízes tuberosas e o peso total da planta.

Após tabulação dos dados, foi realizada a análise de variância utilizando o programa SASM – Agri para verificar se houve ou não efeitos dos tratamentos ao nível de 5% de probabilidade de erro. Quando identificada diferença significativa, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os materiais genéticos de mandioca apresentaram resposta diferenciada para maioria das variáveis avaliadas (Tabela 2). Para o cultivar, houve efeito altamente significativo ($P < 0,01$) para massa total de raiz por planta (MTRP.), massa de raiz comercial por planta (MRCP.), altura da planta (APL.), diâmetro do caule (DC.), diâmetro médio da raiz (DMR.), produtividade de raiz (PRD.), estimativa de produção de etanol (EPE) e índice de colheita (IC). Também houve efeito significativo ($P < 0,05$) para o número de raízes por planta (NRP), teor de clorofila total na folha (Clor. Total.), teor de matéria seca na raiz (TMSR.) e teor de amido na raiz (TAR). Por outro lado, não foi observado efeito isolado para o fator inoculante.

Quanto a interação dos fatores, houve efeito altamente significativo para estimativa de produção de etanol (EPE), e significativo para massa total de raiz por planta (MTRP), massa de raiz comercial por planta (MRCP), teor de matéria seca na raiz (TMSR), teor de amido na raiz (TAR) e produtividade de raiz (PRD.).

Tabela 2. Valores de F e nível de significância para o número de raízes por planta (NRP.), massa total de raiz por planta (MRTP.), massa de raiz comercial por planta (MRCP.), altura da planta (APL.), altura da primeira ramificação (APR.), diâmetro de caule (DC.), teor de clorofila total na folha (Clor. Total), teor de matéria seca na raiz (TMSR.), teor de amido na raiz (TAR.), massa fresca da parte aérea (MFPA.), comprimento médio da raiz (CMR.), diâmetro médio da raiz (DMR.), produtividade de raiz (PRD), estimativa de produção de etanol (EPE.) e índice de colheita (IC.), determinados um ano após o plantio em função da cultivar de mandioca e dos inoculantes testados. Iporá-GO, 2022.

Variável	Cultivar (C.)	Inoculante (I.)	C. x I.	C.V. (%)
NRP.	3,73 *	0,89 ^{ns}	0,59 ^{ns}	17,0
MTRP.	76,53 **	1,51 ^{ns}	4,46 *	16,6
MRCP.	72,19 **	1,11 ^{ns}	3,54 *	18,6
APL.	12,32 **	0,58 ^{ns}	0,08 ^{ns}	7,23
APR.	3,58 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,47 ^{ns}	19,7
DC.	10,83 **	1,63 ^{ns}	0,19 ^{ns}	11,9
Clor. Total	5,07 *	0,98 ^{ns}	0,41 ^{ns}	8,3
TMSR.	7,52 *	0,67 ^{ns}	3,66 *	3,39
TAR.	7,53 *	0,66 ^{ns}	3,65 *	4,0
MFPA.	2,84 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,54 ^{ns}	20,9
CMR.	2,22 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,57 ^{ns}	13,5
DMR.	31,9 **	1,26 ^{ns}	2,35 ^{ns}	11,0
PRD.	72,2 **	1,11 ^{ns}	3,54 *	18,6
EPE.	72,6 **	1,12 ^{ns}	4,29 **	19,6
IC.	71,9 **	0,35 ^{ns}	1,92 ^{ns}	12,7

** significativo a 1,0%, *significativo a 5,0%, ^{ns} não significativo, C.V.: coeficiente de variação.

Em relação ao efeito isolado dos materiais genéticos de mandioca (Tabela 3), a cultivar Talo Branco apresentou maior número de raízes por planta (NRP.), altura das plantas (ALP.) e diâmetro de caule (DC). Quando comparado com a IAC 12, esta cultivar foi respectivamente 10,08; 9,12 e 13,3% superior nestas variáveis, sugerindo que, apesar de pouco cultivada na região, adapta-se bem as condições e clima e solo. Por outro lado, a cultivar IAC 12 apresentou maior teor total de clorofila nas folhas (Clor. Total), diâmetro médio de raiz (DMR.) e índice de colheita (IC.), sendo respectivamente 6,12; 21,9 e 42,4% superior que a Talo Branco.

Apesar de produzir maior número de raízes por planta e maior desenvolvimento da parte aérea, a cultivar Talo Branco apresentou baixo índice de colheita. Para Peixoto *et al.* (2005), o índice de colheita pode ser usado como critério de seleção para maiores rendimentos em mandioca, sendo valores considerados satisfatórios acima de 50,0%. Oliveira Paz *et al.* (2020), estudando o desempenho agrônômico de seis cultivares de mandioca de mesa em Jataí-GO, colhidas 12 meses após o plantio, observou que na safra 2016/2017 todos os materiais genéticos

utilizados apresentaram IC superior a 50%, no entanto na safra 2017/2018, as cultivares BRS 400 e BRS 401 apresentaram índice de colheita de 43,0 e 41,0%, indicando que além do material genético, fatores como condições climáticas e solo podem afetar esta variável.

Tabela 3. Efeito isolado das cultivares de mandioca IAC 12 e Talo Branco para as variáveis número de raízes por planta (NRP.), altura da planta (APL.) diâmetro de caule (DC.), clorofila total na folha (Clor. Total), diâmetro médio da raiz (DMR.) e índice de colheita (IC). Iporá-GO, 2022.

Variável	IAC 12	Talo Branco
NRP.	8,23 b	9,06 a
APL. (m)	2,52 b	2,75 a
DC. (mm)	27,5 b	31,16 a
Clor. Total	49,2 a	46,36 b
DMR. (mm)	43,9 a	36,0 b
IC.	0,47 a	0,33 b

OBS. Média seguida de letra diferentes na linha indica que houve efeito significativo pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de erro.

A adequada fertilidade do solo da área experimental, com teores elevados de P, Ca, Mg e K (Tabela 1) pode ter contribuído para maior desenvolvimento da parte aérea da Talo Branco. Porém, nesta cultivar, apesar do maior número de raízes tuberosas por plantas e do melhor desenvolvimento da parte aérea, não houve maior acúmulo de reservas nas mesmas, indicando que a cultivar foi menos eficiente que a IAC 12 na translocação de fotoassimilados e acúmulo de amido nas raízes de reserva. Além disso, a IAC 12, nas mesmas condições apresentou maior teor de clorofila nas folhas, fato que pode ter contribuído para maior produção de fotoassimilados, os quais foram translocados para as raízes de reserva, aumentando seu índice de colheita.

A relação fonte-dreno é um dos principais aspectos que podem ser melhorados na Talo Branco visando maximizar sua produtividade de raízes, e poderia acontecer caso fosse prolongado o ciclo da cultura e a colheita fosse efetuada 18 meses após o plantio, porém, por ser uma cultivar de mesa, recomenda-se sua colheita dos 8 aos 12 meses após o plantio. Sagrilo *et al.* (2002), ao avaliar a época de colheita após o primeiro ciclo das cultivares Mico, IAC 13 e IAC 14, relatam que a fase de repouso fisiológico das plantas resultou em incrementos de 92,5% na produção de raízes tuberosas, 125,0% na produção de massa seca de raízes e em 144,0% na produção de amido quando comparado com plantas colhidas com um ano de idade.

Quanto a interação dos fatores cultivar x inoculantes para massa total de raiz por planta, na cultivar IAC 12 houve maior acúmulo de reservas nas raízes quando coinoculada com todos os inoculantes, bem como quando inoculada com BiomaPhos e BioImune, diferindo estatisticamente das plantas inoculadas com Azotrop e as testemunha (Tabela 4). Nestes tratamentos, nesta cultivar quando comparado com as plantas testemunha, houve incremento de respectivamente 42,6; 35,1 e 38,6 na massa de raízes total por planta. Resposta similar também foi observada para a variável massa de raiz comercial, porém para esta variável, também as plantas inoculadas com Azotrop foram superior a testemunha. Por outro lado, para a cultivar Talo Branco, não houve resposta aos inoculantes em nenhuma destas variáveis. Quando se compara o efeito das cultivares para cada inoculante utilizado, novamente houve maior acúmulo de reservas nas raízes para a cultivar IAC 12, exceto para massa de raiz comercial utilizando o inoculante Azotrop (a base de *Azospirillum brasilense*).

Tabela 4. Efeito da interação dos inoculantes x cultivar de mandioca para as variáveis massa total de raiz por planta e massa de raiz comercial por planta nas condições do experimento desenvolvido a campo Iporá-GO, 2022.

Inoculante	----Massa total de raiz (kg.Planta ⁻¹)--		-Massa de raiz comercial (kg.Planta ⁻¹)-	
	IAC 12	Talo Branco	IAC 12	Talo Branco
Testemunha	2,25 Ba	1,95 Aa	2,03 Ba	1,75 Aa
Azotrop	2,78 Ba	1,90 Ab	2,52 Aa	1,72 Aa
Bio-Imune	3,12 Aa	1,97 Ab	2,93 Aa	1,63 Ab
BiomaPhos	3,04 Aa	1,69 Ab	2,73 Aba	1,43 Ab
Todos	3,21 Aa	1,60 Ab	3,09 Aa	1,49 Ab

OBS. Para cada variável, letras maiúsculas comparam o efeito dos inoculantes dentro de cada cultivar de mandioca (coluna) e letras minúsculas comparam o efeito de cada inoculante entre as cultivares de mandioca (linha). Média seguida da mesma letra indica ausência de efeito significativo pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de erro.

O maior acúmulo de massa nas raízes da IAC 12, além de estar relacionado a melhor eficiência desta cultivar em translocar os fotoassimilados da parte aérea para as raízes tuberosas, resultando em maior índice de colheita (Tabela 2), pode estar associado a melhor interação desta cultivar quando inoculada com as bactérias promotoras de crescimento *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*, com resultados mais expressivos quando em coinoculação. Esta resposta diferenciada das cultivares de mandioca a inoculação está associada capacidade e especificidade de cada material genético de mandioca em formar associações com as BPCP (Leite *et al.*, 2018), bem como a capacidade de manter esta associação ativa no decorrer de todo o ciclo da cultura.

Teixeira *et al.* (2007) identificaram 47 espécies de bactérias endofíticas em 27 materiais genéticos de mandioca provenientes dos estados do Amazonas, São Paulo e Bahia, relatando

que os materiais genéticos de mandioca apresentaram interação diferenciada com as rizobactérias identificadas. Resultados semelhantes foram também publicados por Leite *et al.* (2018), os quais ao analisarem acessos de mandioca provenientes do estado de Pernambuco, identificaram a presença de diferentes gêneros de bactérias com potencial para promover o crescimento das plantas (*Achromobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Pantoea* e *Pseudomonas*), estando estes associados a diferentes acessos genéticos de mandioca.

Além da melhor interação com o material genético de mandioca, o maior acúmulo de massa nas raízes na cultivar IAC 12, quando na presença das bactérias promotoras de crescimento, está na capacidade destes organismos em estimular o crescimento das plantas, seja através da fixação biológica de nitrogênio (Dobbelaere *et al.*, 2001; Cortivo *et al.*, 2017; Ferreira *et al.*, 2021), solubilização de fosfatos no solo para as plantas (Ferreira *et al.*, 2021; Dahmani *et al.*, 2020) ou produção de fitormônios (Buchelt *et al.*, 2019; Ferreira *et al.*, 2021; Dahmani *et al.*, 2020), que estimulam o desenvolvimento do sistema radicular das plantas melhorando a absorção de água e nutrientes, resultando em melhores condições para formação de pigmentos fotossintetizantes na planta, e conseqüentemente, na maior produção de fotoassimilados.

Dentre os principais hormônios vegetais que tem sua produção estimulada pelas BPCP encontra-se o ácido indol acético, as giberelinas, citocininas e o etileno (Masciarelli *et al.*, 2013), proporcionando melhor desenvolvimento na planta pela maior absorção de nutrientes e maior tolerância ao déficit hídrico e ao alumínio, uma vez que possibilita que maior volume de solo seja explorado pelo sistema radicular da planta (HRIDYA *et al.*, 2013; ZENG *et al.*, 2022).

Além da produção de raízes pelas plantas, a interação dos fatores cultivar e inoculante afetou o teor de matéria seca (Figura 1A) e o teor de amido das raízes (Figura 1B). Para a cultivar Talo Branco, maior teor de matéria seca e de amido foi observado nas plantas testemunha (sem inoculação), que diferiram estatisticamente dos teores observados nas plantas que receberam a coinoculação de todos os inoculantes. Já com a inoculação isolada de Azotrop, BioImune e BiomaPhos, houve comportamento intermediário, uma vez que os valores obtidos não diferem da testemunha, e nem das que foram coinoculadas. Assim, para a Talo Branco, ao comparar o teor de matéria seca das raízes das plantas testemunhas com as que receberam a inoculação de Azotrop, BioImune, BiomaPhos e a coinoculação, houve a redução de respectivamente 1,92; 0,64; 5,16 e 7,09%, indicando que a aplicação destes microrganismos promotores de crescimentos não está contribuindo para o acúmulo de reservas nas raízes desta cultivar. Resultado similar ocorre para o teor de amido, uma vez que este foi obtido com base

no teor de matéria seca das raízes. Por outro lado, para a cultivar IAC 12, quando comparado com o teor de matéria seca da testemunha, o uso destes inoculantes proporcionou incrementos de respectivamente 2,65; 2,31; 3,97 e 3,97%, demonstrando que além da eficiência dos microrganismos em estimular o crescimento das plantas, o material genético de mandioca também está influenciando neste processo.

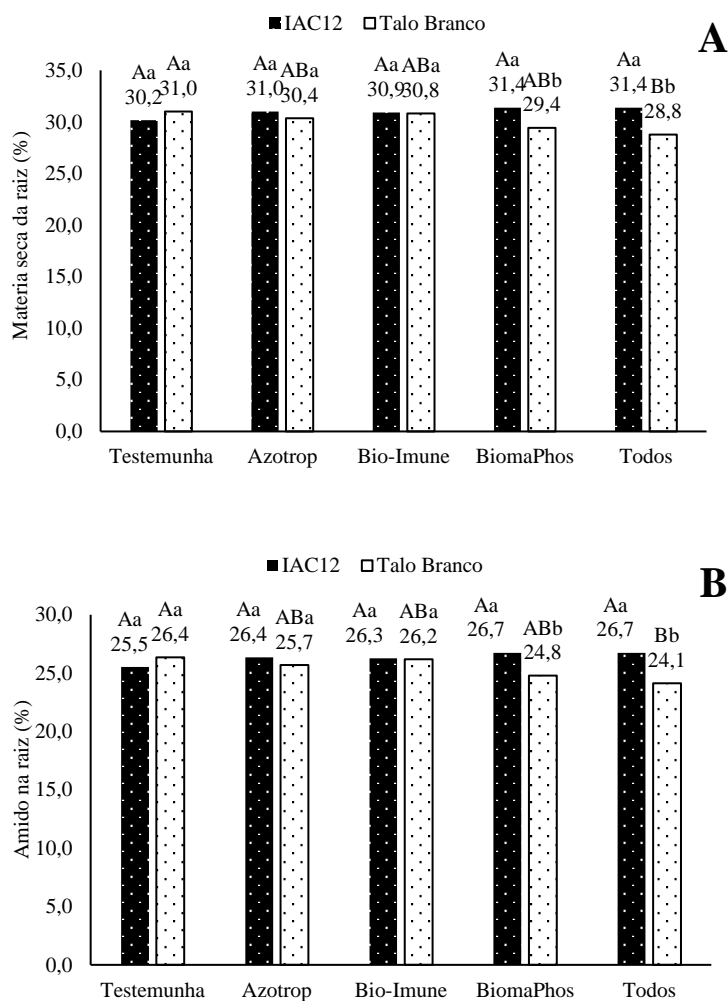


Figura 1. Efeito da interação cultivar x inoculantes para o teor de matéria seca (A) e de amido da raiz (B) nas plantas de mandioca 12 meses após o plantio. OBS. Letras maiúsculas comparam o efeito dos inoculantes dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparam o efeito da cultivar de mandioca dentro de cada inoculante. Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de erro. Iporá, GO, 2022.

Este efeito dos materiais genéticos pode ser melhor visualizado ao analisar a resposta das cultivares para cada inoculante. Assim, com a inoculação de BiomaPhos e da coinoculação de todos os produtos, a cultivar IAC 12 foi superior a Talo Branco no teor de matéria seca (Figura 1A) e de amido das raízes (Figura 1B), sugerindo melhor interação com as bactérias

Azospirillum brasilense, *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, e conseqüentemente, em maior acúmulo de matéria seca e amido nas raízes tuberosas.

Para a cultivar Talo Branco, o menor acúmulo de matéria seca e de amido nas raízes pode estar associado ao maior desenvolvimento da parte aérea desta cultivar (Tabela 3), que apesar do maior número de raízes tuberosas, translocou menos fotoassimilados para as raízes de reserva, resultando em menor produção de massa de raízes por planta (Tabela 4), e conseqüentemente, em menor teor de matéria seca e amido. Este comportamento da translocação de fotoassimilados da parte aérea para as raízes de reserva pode estar associado a fatores genéticos da planta (Peixoto *et al.*, 2005; Oliveira Paz *et al.*, 2020), e a indução de hormônios na planta proporcionados por estas bactérias promotoras de crescimento (Ferreira *et al.*, 2021; Dahmani *et al.*, 2020), que contribuem para maior desenvolvimento da parte aérea, tornando-a o principal dreno dos fotoassimilados produzidos na planta.

A regulação do crescimento vegetal é atribuída a nove hormônios principais sendo auxina, citocinina, giberelina, ácido abscísico, etileno, brassinosteroides, ácido salicílico, jasmonato e estrigolactona (Taiz *et al.*, 2017), que atuam em conjunto em diversas atividades fisiológicas da planta. Nascimento *et al.* (2014) e Lopes *et al.* (2019) mostraram a capacidade de *Azospirillum brasilense* em colonizar a rizosfera e os tecidos da planta de mandioca, estimulando o crescimento vegetativo por meio da fixação biológica de nitrogênio, e o crescimento das raízes através da síntese de fitormônios, liberando ácido indol-acético (AIA), giberelinas e citocininas. Buchelt *et al.* (2019), ressaltam que o uso de *Bacillus subtilis* como bioestimulantes na agricultura é pela produção de fitohormônios, ácido indolacético, ácido abscísico, giberelinas e citocininas, aumentando o número de pelos radiculares e estimulando o crescimento do sistema radicular das plantas. Dahmani *et al.* (2020), mencionam que a aplicação de *Bacillus megaterium* estimulou a produção de auxina nas plantas, sendo também eficiente na solubilização de fosfato, contribuindo para maior produção de biomassa pela parte aérea.

Quanto a produtividade de raízes tuberosas, para cultivar IAC 12 na presença das bactérias promotoras de crescimento houve incremento na massa de raízes (Figura 2A). Assim, esta cultivar quando inoculada com Bio-Imune e coinoculada com todos os inoculantes, diferiu estatisticamente da testemunha, apresentando produtividade de 43,2 e 49,4% superior, respectivamente. Já quando inoculada com Azotrop, houve incremento de 24,7% e com o BiomaPhos de 34,1% na massa de raízes, porém estes tratamentos não diferiram das plantas testemunha. Por outro lado, para a cultivar Talo Branco não se observou efeito dos inoculantes

na produtividade total de raízes tuberosas. Ao analisar a resposta das cultivares de mandioca em cada inoculante, para o Azotrop, Bio-Imune, BiomaPhos e a coinoculação de todos, a cultivar IAC 12 aprestou produtividade superior a observada para a Talo Branco (Figura 2A), fato que sugere que além de mais produtiva, esta cultivar forma melhor associação com *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*.

Comportamento similar à produção de raízes também foi observado para estimativa do volume de etanol que poderia ser produzido (Figura 2B), caso esta massa de raízes fosse utilizada para esta finalidade. Deste modo, para cultivar IAC 12, quando comparado o total de etanol que pode ser gerado nas plantas testemunha, a inoculação de *Azospirillum brasilense* (Azotrop) proporcionou incremento de 1.147,4 L.ha⁻¹, a de *Bacillus subtilis* (Bio-Imune) de 1.898,3 L.ha⁻¹, a de *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* (BiomaPhos) de 1.622,5 L.ha⁻¹ e a coinoculação destas bactérias (Todos), incremento de 2.242,3 L.ha⁻¹, sendo que para esta cultivar, o total de etanol estimado foi superior a observada para a Talo Branco em todos tratamentos testados.

Os resultados obtidos para estas variáveis sugerem melhor eficiência e interação da IAC 12 em formar associações com as bactérias promotoras de crescimento *Azospirillum*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, proporcionaram incremento na massa de raízes tuberosas (Figura 2A), bem como no volume de etanol a ser gerado (Figura 2B). Assim, nesta cultivar, o uso destes bioestimulantes por estimular a produção de fitohormônios, auxinas e citocininas, bem como expansinas que contribuem para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Wani *et al.*, 2007; Ferreira *et al.*, 2021; Zeng *et al.*, 2022), pode ser uma alternativa de baixo custo e ecologicamente correta para aumentar a produtividade da mandioca (Dobbelaere *et al.*, 2001; Hridya *et al.*, 2013; Leite *et al.*, 2018), tornando-a competitiva quando se visa a produção de biocombustível (PRADYWONG *et al.*, 2018). Considerando os dados de Salla (2008), em que uma tonelada de cana-de-açúcar pode gerar 86 litros de etanol e a produtividade média desta cultura no Brasil, que na safra 2021/2022 foi de 69,3 t.ha⁻¹ (CONAB, 2023), resulta em uma produção estimada de 5.959 L.ha⁻¹ de etanol, valor muito próximo do volume de etanol estimado para IAC 12, quando inoculada com Bio-Imune e coinoculada com todos os inoculantes.

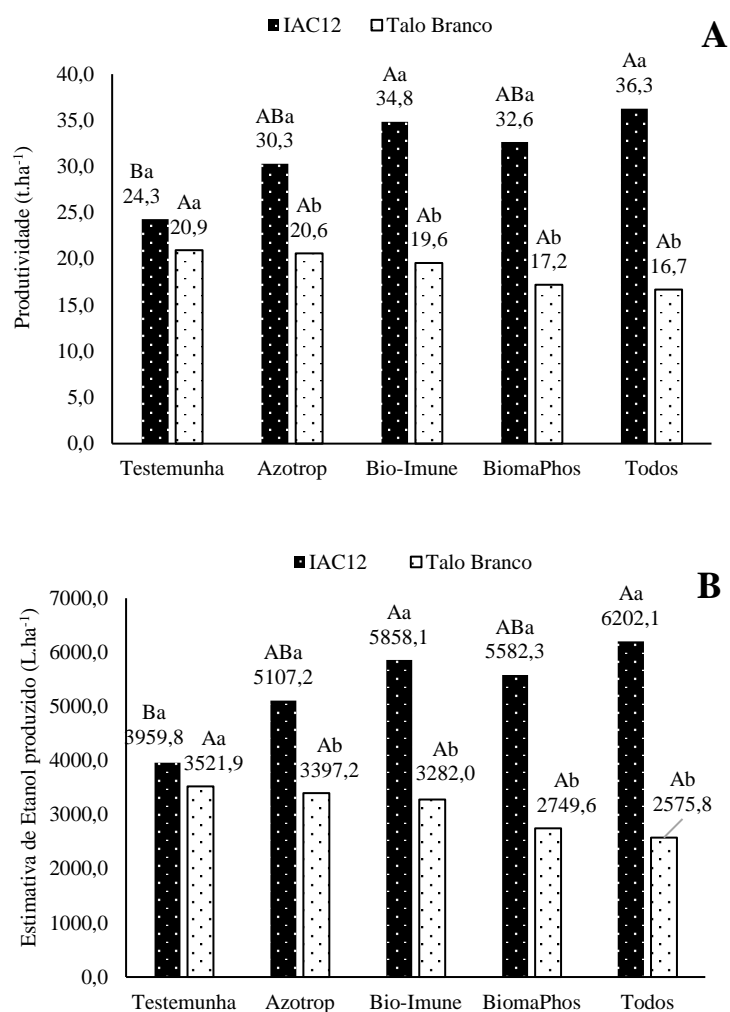


Figura 2. Efeito da interação cultivar de mandioca x inoculantes para produtividade de raiz (A) e estimativa de produção de etanol (B) por hectare nas plantas de mandioca 12 meses após o plantio. OBS. Letras maiúsculas comparam o efeito dos inoculantes dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparam o efeito da cultivar dentro de cada inoculante. Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0%. Iporá-GO, 2022.

A crescente demanda por bioetanol tem resultado no aumento de 2% na produção global, que passou de 111 bilhões de litros em 2018 para 114 bilhões de litros em 2019 (REN21, 2019). Essa demanda transformou a mandioca em uma cultura comercial, com países como Tailândia, Camboja, Colômbia, Vietnã, China e Índia, que vem dedicando sua produção ao bioetanol (MARX, 2019). Considerando a crescente demanda mundial por bioenergia, a utilização da mandioca para esta finalidade, associada a bactérias promotoras de crescimento torna-se uma estratégia promissora, principalmente em países como o Brasil que seu cultivo ocorre em todo o território nacional, podendo ser uma aliada da cana-de-açúcar para a produção de etanol (Wei *et al.*, 2015). Porém, é necessário que mais estudos sejam desenvolvidos nesta área, uma vez que há vasta diversidade de materiais genéticos de mandioca, que podem

apresentar resposta diferenciada quando inoculadas com bactérias promotoras de crescimento, necessitando de mais estudos para melhor entender esta interação entre os materiais genéticos de mandioca e as bactérias promotoras de crescimento de plantas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve resposta diferenciada das cultivares de mandioca nos parâmetros biométricos quando inoculadas com as bactérias promotoras de crescimento das plantas. Para a IAC 12, esta prática, independente do inoculante, proporcionou incremento nos componentes de produção e produtividade, enquanto para a Talo Branco, não houve resposta das plantas a inoculação.

Para cultivar IAC 12 a inoculação com *Bacillus subtilis* e coinoculação com *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* proporcionou aumento na produtividade, teor de matéria seca e amido das raízes tuberosas, bem como o volume de etanol gerado, tornando-a competitiva para geração deste biocombustível, uma vez que seu rendimento de etanol foi similar ao da cana-de-açúcar.

Considerando o vasto acesso de materiais genéticos de mandioca existentes no Brasil, bem como a diversidade de interações que podem ocorrer das BPCP com a planta, torna-se necessário que mais estudos sejam desenvolvidos nesta área, visando entender melhor este processo e identificar as associações mais promissoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUHELDT, A.C.; METZLER, C.R.; CASTIGLIONI, J.L.; DASSOLLER, T.F.; LUBIAN, M.S. Aplicação de bioestimulante e *Bacillus subtilis* na germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 4, p. 69-74, 2019. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v6i4.2762>

BRAGA JUNIOR, G.M.; CHAGAS, L.F.B.; AMARAL, L.R.O.; MILLER, L.O.; CHAGAS JUNIOR, A.F. Efficiency of inoculation by *Bacillus subtilis* on soybean biomass and productivity. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13 n. 4, e5571. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i4a5571>

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento safra brasileira – cana-de-açúcar, safra 2022/2023, 3º levantamento. v. 9 n. 3 Brasília, p. 1-59, 2023.

CORTIVO, C.D.; BARION, G.; VISIOLI, G.; MATTAROZZI, M.; MOSCA, G.; VAMERALI, T. Increased root growth and nitrogen accumulation in common wheat following PGPR inoculation: assessment of plant-microbe interactions by ESEM. **Agriculture, Ecosystems and Environmen.** n. 247, p. 396–408. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.00>

DAHMANI, M. A.; DESRUT, A.; MOUMEN, B.; VERDON, J.; MERMOURI, L.; KACEM, M.; COUTOSTHÉVENOT, P.; KAID-HARCHE, M.; BERGES, 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, p. 1–15. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00124>

DIAZ, P.A.E.; BARON, N.C.; RIGOBELLO, E.C. *Bacillus* spp. as plant growth-promoting bacteria in cotton under greenhouse conditions. **Australian Journal of Crop Science**. v. 13, n. 12, p. 2003. 2019. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.12.p2003>

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLE ROMELLADO, J.; AGUIRRE, J. F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 28, p. 871-879. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1071/PP01074>

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**, 116, 101709. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101709>

FIALHO, J.F. e VIEIRA, E.A. **Mandioca no Cerrado: orientações técnicas** / editores técnicos, Josefino de Freitas Fialho, Eduardo Alano Vieira. – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 208 p. 2011. ISBN: 978-85-7075-058-7.

HRIDYA, A.C.; BYJU, G.; MISRA R.S. Effect of biocontrol agents and biofertilizers on root rot, yield, harvest index and nutrient uptake of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Archives of Agronomy and Soil Science*, v. 59, p. 1215-1227. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2013.791023>

HUERGO, L.F.R.A.; MONTEIRO, A.C.; BONATTO, L.U.; RIGO, M.B.R.; STEFFENS, L.M.; CRUZ, L.S.; CHUBATSU, E.M.; SOUZA, F.O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: Argentine Association of Microbiology, pp:17–28. 2008.

IEA. Tracking Clean Energy Progress. Paris: OECD. 2017.

LEITE, M.C.B.S.; PEREIRA, A.P.A.; SOUZA, A.J.; ANDREOTE, F.D.; FREIRE, F.J.; SOBRAL, J.K. Bioprospection and genetic diversity of endophytic bacteria associated with cassava plant. **Revista Caatinga**. v. 31 p. 315–325. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n207rc>.

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: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n116rc>

MASCIARELLI, O.; URBANI, L.; REINOSO, H.; LUNA, V. Alternative mechanism for the evaluation of indole-3-acetic acid (IAA) production by *Azospirillum brasilense* strains and its

effects on the germination and growth of maize seedlings. **Journal of Microbiology**. v. 51, p. 590 – 597. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12275-013-3136-3>

MARX, S. Cassava as feedstock for ethanol production: a global perspective. **Bioethanol production from food crops**. Cap. 6. p. 101– 113. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813766-6.00006-0>

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento. Valor bruto da produção. 2023 Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/valor-da-producao-agropecuaria-de-2022-esta-estimado-em-r-1-185-trilhao>, Acesso em 04 / 03 / 2023.

MORAES, G.P.; GOMES, V.F.F.; MENDES FILHO, P.F.; ALMEIDA, A.M.M.; SILVA JÚNIOR, J.M.T. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 3, p. 109-116, 2017. DOI: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v38i3.29919>

NASCIMENTO, J.M.L.; SANTOS, M.R.B.; QUEIROZ, M.A.A.; YANO-MELO, A.M. Desenvolvimento vegetativo e associação micorrízica em plantas de mandioca adubadas com resíduo agroindustrial. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 727 - 734. 2014. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n2p727>

OLIVEIRA PAZ, R.B.; COSTA, C.H.M.; VIEIRA, E.A.; COELHO, M.V.; SILVA CRUZ, S.C.; MACHADO, L.B. Desempenho agrônômico de cultivares de mandioca de mesa em ambiente do Cerrado. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 3, p. 37 - 47, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n3.a370>

PEIXOTO, J.R.; BERNARDES, S.R.; SANTOS, C M.; BONNAS, D.S.; FIALHO, J.F. Desempenho agrônômico de variedades de mandioca mansa em Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Mandioca**, v. 18, n. 1, p. 19 - 24, 2005.

PESTANA, T.C.; CASTRO, G.H.F. Potencial da rama de mandioca para uso na alimentação de ruminantes: Revisão. **PubVet**, v. 9, p. 429-466. 2015.

PANHWAR, Q.A.; NAHER, U.A.; RADZIAH, O.; SHAMSHUDDIN, J. Eliminating aluminum toxicity in an acid sulfate soil for rice cultivation using plant growth promoting bacteria. **Molecules**. v. 20, p. 3628 – 3646. 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules20033628>

PRADYWONG, S.; JUNEJA, A.; SADIQ, M.B.; NOOMHORM, A.; SINGH, V. Comparison of cassava starch with corn as a feedstock for bioethanol production. **Energies**, v. 11, n. 12, p. 3476 - 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/en11123476>

REN21(2019). *Renewables 2019 global status report* (Paris: REN21 Secretariat). 2019. Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf Acesso em: 10/03/2023.

SALLA, D.A. Análises energética de sistemas de produção de etanol a partir da mandioca, da cana-de-açúcar e do milho. Faculdade de Ciências Agrônômicas/ UNESP, Botucatu-SP, 168 p (tese de doutorado). 2008.

SAGRILO, E.; VIDIGAL-FILHO, P.S.; PEQUENO, M.G.; SCAPIM, C.A.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; MAIA, R.R.; KVITSCHAL, M.V. Efeito da época de colheita no crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de raízes de três cultivares de mandioca. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 115-125, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052002000200005>

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.Á.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SARR, P.S.; SUGIYAMA, A.; BEGOUDE, A.D.B.; YAZAKI, 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, 100147, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2019.100147>

SILVA, J. A. Inoculação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada nas culturas da mandioca e batata. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. 2018.

SKONIESKI, F.R.; FRATA, M.T.; VIÉGAS, J.; MARTIN, T.N.; NORNBORG, J.L.; MEINERZ, G.R.; TONIN, T.J.; BERNHARD, P. Effect of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization rates on maize plant yield and silage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 46, n.9, p. 722-730, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902017000900003>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p. ISBN: 9788582713662

TEIXEIRA, M.A.; MELO, I.S.; VIEIRA, R.F.; COSTA, F.E.C.; HARAKAVA, R. Microrganismos endofíticos de mandioca de áreas comerciais e etnovarietades em três estados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 42, n. 1, p. 43 - 49, 2007.

VALLE, T.L.; FELTRAN, J.C.; CARVALHO, C.R.L. Mandioca para a produção de etanol. Infobibos. 2009.

WANI, P.A.; KHAN, M.S.; ZAIDI, A. Synergistic effect of the inoculation with nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing rhizobacteria on performance of field-grown chickpea. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* v. 170, 283–287. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.200620602>

WEI, M.; ZHU, W.; XEI, G.; LESTANDER, T.A.; XIONG, S. Cassava stem wastes as potential feedstock for fuel ethanol production: A basic parameter study. **Renewable Energy**. v. 83, p. 970 – 978. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.05.054>

ZHANG, H.; KIM, M.S.; YAN, S.; DOWD, S.E.; PAR´E, P.W. Soil bacteria confer plant salt tolerance by tissue-specific regulation of the sodium transporter HKT1. *Mol. Plant Microbe Interact.* v. 21, 737–744. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1094/MPMI-21-6-0737>

ZENG, H.; HU, W.; LIU, G.; XU, H.; WEI, Y.; ZHANG, J.; SHI, H. Microbiome-wide association studies between phyllosphere microbiota and ionome highlight the beneficial symbiosis of *Lactococcus lactis* in alleviating aluminium in cassava. *Plant Physiology and Biochemistry*. v. 171. p. 66–74. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.12.029>