



Bactérias Diazotróficas como alternativa sustentável à adubação nitrogenada no cultivo do Capim-Limão

Patrícia Cristina de Oliveira dos Santos; Paulo Roberto Corrêa Landgraf; Ligiane Aparecida Florentino
Universidade Professor Edson Antônio Velano - UNIFENAS

Palavras-chave

Cymbopogon citratus (DC) Stapf;
Fixação biológica de nitrogênio;

Sustentabilidade agrícola

Keywords

Cymbopogon citratus (DC) Stapf;
Biological nitrogen fixation;
Sustainable agriculture

Resumo: O capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf) é uma espécie de importância medicinal e industrial, destacando-se pela produção de óleo essencial rico em citral. Apesar de sua relevância, ainda há lacunas no conhecimento sobre práticas de manejo sustentável dessa cultura. Considerando esse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da inoculação de bactérias diazotróficas, isoladas a partir do capim-limão, sobre o crescimento e desenvolvimento da espécie. Foram isoladas e caracterizadas bactérias provenientes de diferentes tecidos e da rizosfera, testadas em condições controladas por 12 meses em delineamento em blocos casualizados. As variáveis analisadas incluíram peso verde e seco da parte aérea e raiz, comprimento foliar e radicular. Os resultados indicaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, com destaque para a estirpe UNIFENAS 100-524, que promoveu maiores valores de biomassa e desenvolvimento da parte aérea, diretamente associados ao rendimento de óleo essencial. Observou-se ainda que, em diversas variáveis, as plantas inoculadas superaram o controle adubado com nitrogênio mineral, evidenciando a eficiência da interação planta-microrganismo. Esses achados reforçam o potencial das bactérias diazotróficas como alternativas sustentáveis à fertilização química, contribuindo para o incremento de produtividade, qualidade do produto e sustentabilidade agrícola.

Abstract: Lemongrass (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf) is a species of medicinal and industrial importance, mainly due to its essential oil rich in citral. Despite its relevance, knowledge gaps remain regarding sustainable management practices for this crop. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of inoculation with diazotrophic bacteria, isolated from lemongrass, on the growth and development of the species. Bacteria from different tissues and the rhizosphere were isolated and characterized, resulting in 86 isolates grouped into 23 strains, tested under controlled conditions for 12 months in a randomized block design. The analyzed variables included fresh and dry weight of shoots and roots, as well as leaf and root length. The results indicated significant statistical differences among treatments, with strain UNIFENAS 100-524 standing out by promoting higher biomass and shoot development, directly associated with essential oil yield. Furthermore, in several variables, inoculated plants outperformed the nitrogen-fertilized control, highlighting the efficiency of plant-microorganism interaction. These findings reinforce the potential of diazotrophic bacteria as sustainable alternatives to chemical fertilization, contributing to increased productivity, product quality, and agricultural sustainability.



Introdução

O *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf, originário da Índia, conhecido popularmente como capim-limão, capim-santo ou capim-cidreira é uma espécie cultivada para produção comercial de óleo essencial, sendo denominado internacionalmente como "lemon grass". Seu óleo é amplamente utilizado para fins medicinais, sobretudo na forma de chá, sendo também aplicado às indústrias farmacêuticas, alimentícias, de cosméticos e perfumaria. Entre os seus constituintes químicos, destaca-se o citral, principal componente do óleo essencial e responsável por grande parte de suas propriedades bioativas e do seu potencial industrial (OLIVEIRA; SANTOS, 2021).

Apesar da relevância econômica e medicinal do capim-limão, ainda são escassas as informações disponíveis sobre seus aspectos agrônômicos, sobretudo em relação às práticas sustentáveis de manejo da cultura. Fatores edafoclimáticos podem exercer influência direta tanto na produção de biomassa quanto nos teores de princípios ativos, o que reforça a importância da conservação e manutenção da microbiota do solo, elemento essencial para a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Nesse contexto, destaca-se o papel dos microrganismos na ciclagem de nutrientes, especialmente na fixação biológica de nitrogênio, processo realizado por procariontes conhecidos como bactérias diazotróficas. Esses microrganismos podem ocorrer de forma de vida livre, associativa ou simbiótica em espécies vegetais, em especial leguminosas. A redução da diversidade microbiana no solo, por sua vez, compromete a eficiência desses processos e pode gerar impactos negativos ao longo de toda a cadeia trófica (MOREIRA et al., 2010).

As bactérias diazotróficas estão distribuídas em uma ampla diversidade de microrganismos, apresentando características morfológicas e genéticas distintas, e podendo ser encontradas em diferentes grupos, como arqueobactérias, cianobactérias e bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Essa diversidade contribui para a funcionalidade e a resiliência dos ecossistemas, assegurando maior estabilidade aos processos biogeoquímicos do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Considerando esse potencial, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da inoculação de bactérias diazotróficas, isoladas a partir do capim-limão, sobre o crescimento e desenvolvimento da espécie.

Metodologia

O material vegetal foi coletado no setor experimental de olerícolas da universidade, cuja análise é apresentada a seguir (Tabela 1).

Tabela 1- Análise química do solo de origem do material vegetal isolado.

Amostra	MO	pH	P-	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	V	P-rem
Solo Origem	g dm ⁻³	CaCl ₂	mg dm ⁻³	-----mmol dm ⁻³ -----							%	mg L
	33	5,8	45	220	3,7	2,3	0	3,4	6,6	10	66	29

pH em CaCl₂ = pH determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio; MO = matéria orgânica; P e K = fósforo e potássio disponíveis, extraídos por Mehlich-1; Ca²⁺; , Mg²⁺ e Al³⁺ = cálcio e magnésio e alumínio trocáveis, extraídos por KCl 1mol L⁻¹; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases = K⁺ +Ca²⁺+Mg²⁺; T = CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7,0 = SB+ H+Al; V = índice de saturação por bases = 100 SB/T; P-rem = fósforo remanescente.

Após lavadas em água corrente (folha, perfilho, raiz, rizoma) passaram pelo processo de desinfestação em álcool 90° por 30 segundos, hipoclorito de sódio 2% por 1 minuto e lavadas 6 vezes em água destilada e autoclavada, sendo todo este processo feito na capela de fluxo laminar, a fim de evitar contaminação fúngica (DÖBEREINER, et al., 1995). Posteriormente divididos em partes de aproximadamente 3mm, e juntamente com o solo rizosférico, foram isolados em meio semissólidos e semisseletivos, sendo os meios NFb (*Azospirillum spp.*), JNFb (*Herbaspirillum spp.*), LGI (*A. amazonense*) (DÖBEREINER, et al., 1995), JMV (*Burkholderia spp.*) (REIS et al., 2004) e FAM (*A. amazonense*) (MAGALHÃES; DÖBEREINER, 1984), com três repetições, em delineamento inteiramente casualizados.

Após inoculadas, esperou-se o prazo máximo de 15 dias, selecionando os meios que apresentavam uma película característica da fixação de N₂. Sendo assim, estas bactérias foram isoladas em placas de Petri, no meio YMA (Yeast, Manitol, Ágar), repicadas e purificadas. Após estes processos, elas retornaram para os meios semissólidos de origem para a devida comprovação de fixação de nitrogênio, recebendo um código de identificação, e armazenadas em Eppendorfs, contendo água destilada autoclavada para a conservação das estirpes (CASTELLANI, 1939).

A caracterização, realizada em meio YMA, após um período de crescimento de 5 dias a 27 °C, foi de dias de aparecimento; diâmetro médio (mm); acidificação ou alcalinização do meio (pH); produção de exopolissacarídeo (EPS); consistência (produção de goma); óptica (transparência, translúcido, opaco e brilhante); elevação (plana ou convexa); coloração (branca, rosa, creme, vermelha, amarela). Selecionou-se 23 estirpes, a 80% de similaridade. Similaridade esta demonstrada por meio de um dendrograma, construído pelo método de clusterização hierárquica (R CORE TEAM, 2022).

Os tratamentos utilizados foram as 23 estirpes, preparadas como inoculantes em meio YM líquido (OLIVEIRA et al., 2020), o tratamento controle positivo e o controle negativo. No momento da inoculação, utilizou-se 2 ml de cada suspensão bacteriana, inoculadas próximo às raízes. Os tratamentos, com exceção do controle negativo, receberam adubação no plantio e outras duas vezes ao longo do ciclo da cultura (15 mg dm⁻³ de N, fonte ureia). Totalizaram 25 tratamentos com 4 repetições, agrupados em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), sendo uma muda por saquinho de 3 quilos de substrato (mistura de terra de barranco, areia e húmus 2:1:1).

Tabela 2- Análise química do substrato usado no plantio do capim limão.

Amostra	MO	pH	P-	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	V	P-rem
Substrato	g dm ⁻³	CaCl ₂	mg dm ⁻³	-----mmol dm ⁻³ -----							%	mg L
	32	6,4	67	357	4,0	2,6	0	1,6	7,5	9,1	82	33

pH em CaCl₂ = pH determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio; MO = matéria orgânica; P e K = fósforo e potássio disponíveis, extraídos por Mehlich-1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ = cálcio e magnésio e alumínio trocáveis, extraídos por KCl 1mol L⁻¹; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases = K⁺ +Ca²⁺+Mg²⁺; T = CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7,0 = SB+ H+Al; V = índice de saturação por bases = 100 SB/T; P-rem = fósforo remanescente.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pelo período de 12 meses, maio/2022 a maio/2023, e as variáveis analisadas foram: peso verde da parte aérea; peso verde da raiz; peso total; comprimento foliar; comprimento de raiz. O material vegetal foi levado à estufa por um período de 72 horas a 55 °C, até atingir peso constante, aferindo o peso seco da parte aérea e raiz.

A análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste *Scott Knott*, a 5% de probabilidade de erro para o fator qualitativo. Para a análise estatística, foi utilizado o programa Sistema para Análise de Variância – SISVAR (FERREIRA, 2014). Já para a avaliação da diversidade e seleção das estirpes, foi feito um cluster de similaridade utilizando o programa estatístico R.

Resultados e discussão

Foram identificados 86 isolados do capim limão, os quais, após a análise de similaridade a 80%, foram agrupados em 23 estirpes a serem testadas em campo. A diversidade de isolados demonstra a prosmicuidade das bactérias, o que pode potencializar os recursos naturais disponíveis no agroecossistema, sendo que a adaptabilidade esboçada por esses microrganismos, proveniente da condição do meio do qual são prospectadas, podem ser fator determinante na forma com a qual vão se comportar na coinoculação (BRÍGIDO et al., 2019).

Diversos são os gêneros que já possuem comprovada capacidade de contribuição no crescimento vegetal, podendo ser de vida livre e associativas (*Azospirillum*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, entre outras), sendo que o que vai interferir na colonização desses microrganismos de forma endofítica ou não, será a interação genótipo da planta com o microrganismo em questão, podendo necessitar de uma especificidade das estirpes (BENIZRI et al., 2001).

Foi possível observar, conforme indicado na tabela 3, que os tratamentos apresentaram diferenças estatísticas significativas quando comparados entre si, destacando-se as estirpes UNIFENAS 100-524 e UNIFENAS 100-548, que obtiveram os maiores valores de peso verde e seco da parte aérea, variáveis que estão diretamente associadas ao potencial produtivo da espécie. Esse resultado é relevante, pois a biomassa foliar do capim-limão está diretamente relacionada à extração de óleo essencial, principal produto de interesse econômico da cultura (CALVO-IRABIÉN et al., 2014).

Tabela 3- Peso verde da parte aérea (PA) e da raiz (PR), peso total (PT), comprimento foliar (CF) e de raiz (CR), peso seco parte aérea (PS1) e raiz (PS2) do capim limão.

Tratamentos	PA	PR	PT	CF	CR	PS1	PS2
	gramas			centímetros		gramas	
UNIFENAS 100-578	54c	35c	77d	103a	36b	21b	12d
UNIFENAS 100-509	52c	57a	120b	103a	38a	22b	19b
UNIFENAS 100-524	91a	63a	154a	103a	33b	35a	24a
UNIFENAS 100-584	34d	14f	68d	107a	40a	12c	12d
UNIFENAS 100-579	57c	42b	101c	109a	41a	25b	14c
UNIFENAS 100-521	56c	37c	89c	104a	52a	22b	11d
UNIFENAS 100-502	48c	61a	98c	109a	39a	14c	10d
UNIFENAS 100-555	43c	46b	62d	98a	36b	16c	14c
UNIFENAS 100-526	74b	18e	59d	90b	36b	26b	6f
UNIFENAS 100-541	24d	22e	36f	85b	33b	11c	8e
UNIFENAS 100-539	32d	29d	63d	72c	40a	14c	9e
UNIFENAS 100-581	54c	23e	59d	91b	40a	21b	8e
UNIFENAS 100-543	42c	36c	61d	93b	45a	18c	10d
UNIFENAS 100-552	31d	27d	58d	88b	38a	18c	8e
UNIFENAS 100-547	53c	27d	50e	81c	33b	16c	6f
UNIFENAS 100-546	49c	26d	72d	88b	40a	28b	6f
UNIFENAS 100-556	39d	26d	63d	72c	34b	17c	6f
UNIFENAS 100-511	48c	27d	75d	79c	36b	20b	6f
UNIFENAS 100-538	58c	33c	93c	84b	30b	24b	9e
UNIFENAS 100-585	38d	23e	58d	76c	33b	16c	7f
UNIFENAS 100-562	44c	29d	73d	96a	39a	22b	9e
UNIFENAS 100-519	39d	25d	50e	86b	27b	14c	6f
UNIFENAS 100-548	100a	29d	134b	90b	35b	34a	11d
Controle Negativo	66b	28d	100c	91b	39a	26b	9e
Controle Positivo	24d	10f	34f	87b	27b	4d	3f

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelos Teste Scott – Knott a 5% de probabilidade

O controle positivo, adubado com nitrogênio, apresentou desempenho inferior em quase todas as variáveis em comparação aos tratamentos inoculados, sugerindo que a interação planta-microrganismo foi mais eficiente do que a adição de nitrogênio mineral isolado. Esses achados corroboram estudos com outras espécies medicinais e aromáticas, nos quais bactérias promotoras de crescimento demonstraram capacidade de aumentar a produção de biomassa e o acúmulo de metabólitos secundários, por meio de mecanismos diretos e indiretos como a síntese de hormônios vegetais, fixação de nitrogênio e mitigação de estresses abióticos (WAI NG et al., 2024; RIZVI et al., 2022).

O controle negativo, por sua vez, demonstra a plasticidade fenotípica da planta em resposta a falta de nutrientes disponíveis no solo, induzindo o crescimento exacerbado da raiz em busca de recursos (SOARES et al., 1999). As bactérias promotoras de crescimento vegetal, como as aqui apresentadas, alteram a fisiologia geral das plantas, melhorando a absorção de nutrientes e promovendo uma maior eficiência radicular (KHOSO et al., 2024), o que fortalece os achados do presente estudo no âmbito do bom desempenho das estirpes testadas em capim-limão.

A estirpe UNIFENAS 100-524, em particular, se destacou por apresentar desempenho superior em quase todas as variáveis analisadas, exceto no comprimento radicular, indicando elevada capacidade de promover o crescimento do capim-limão. Resultados semelhantes foram relatados em inoculações de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* em gramíneas, nas quais houve incremento no crescimento da parte aérea e maior eficiência no uso de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2020; RUEDA et al., 2016).

Além do incremento no crescimento vegetal, a diversidade de estirpes isoladas sugere a adaptabilidade dessas bactérias ao ambiente rizosférico do capim-limão. Estudos recentes indicam que os microrganismos promotores de crescimento vegetal, como as bactérias diazotróficas, ajudam as plantas a enfrentar estresses abióticos por meio da produção de fitormônios, substância osmoprotetoras e pelo estabelecimento de homeostase iônica (KUMAWAT et al., 2023). Esse conjunto de funções pode impulsionar tanto o crescimento da parte aérea quanto favorecer o desenvolvimento radicular, reforçando a viabilidade destas estirpes como bioinsumos promissores.

Outro ponto relevante é a associação entre o incremento de biomassa e a qualidade do produto final. Como a produção de óleo essencial é influenciada por condições edafoclimáticas e pelo metabolismo secundário das plantas (CALVO-IRABIÉN et al., 2014), estirpes que aumentam o crescimento foliar podem também potencializar o rendimento industrial. Nesse sentido, os resultados obtidos reforçam o potencial do uso de bactérias diazotróficas como bioinsumo em sistemas de produção de capim-limão, favorecendo a sustentabilidade agrícola e reduzindo a dependência de fertilizantes químicos. Nesse contexto, a estirpe UNIFENAS 100-524 promoveu o crescimento significativo do capim-limão, evidenciado pela maior biomassa.

O capim limão possui propriedade antibióticas, inibindo tanto bactérias Gram positivas quanto negativas, tornando mais complexo esse sistema de interação entre a comunidade microbiana, uma vez que, mesmo sendo um antibiótico natural, consegue estabelecer essa relação de associação com as bactérias (SABOIA et al., 2022). Assim, embora o estudo não

tenha avaliado diretamente a substituição da adubação nitrogenada, os resultados apontam para o potencial dessas estirpes como alternativas sustentáveis à fertilização química, com benefícios em termos de produtividade e sustentabilidade.

Conclusão

O presente estudo demonstrou que a inoculação de bactérias diazotróficas isoladas do capim-limão promoveu incrementos significativos no crescimento e desenvolvimento da espécie. Entre as estirpes avaliadas, a UNIFENAS 100-524 apresentou o melhor desempenho, destacando-se como candidata promissora para aplicação como bioinoculante.

Os resultados evidenciam que essas bactérias apresentam potencial para uso em práticas de manejo sustentável, contribuindo para o aumento da biomassa e, conseqüentemente, para o rendimento de óleo essencial. Embora o presente trabalho não tenha tido como objetivo principal avaliar a substituição da adubação nitrogenada, os resultados sugerem que o uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal pode, em estudos futuros de campo, representar alternativa viável para reduzir a dependência de fertilizantes químicos.

Referências

- BRÍGIDO C.; MENÉNDEZ E.; PAÇO A.; GLICK BR.; BELO A.; FÉLIX MR.; OLIVEIRA S.; CARVALHO M. Mediterranean Native Leguminous Plants: A Reservoir of Endophytic Bacteria with Potential to Enhance Chickpea Growth under Stress Conditions. **Microorganisms**, v. 7, n.10, p. 392, 2019.
- BENIZRI, E.; BAUDOIN, E.; GUCKERT, A. Root colonization by inoculação plant growth-promoting rhizobacteria. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v.11, p. 557-574. 2001.
- CALVO-IRABIÉN, L. M.; PARRA-TABLA, V.; ACOSTA-ARRIOLA, V.; ESCALANTE-EROSA, F.; DÍAZ-VERA, L.; DZIB, G.R.; PEÑA-RODRÍGUEZ, L.M. Phytochemical Diversity of the Essential Oils of Mexican Oregano (*Lippia graveolens* Kunth) Populations along an Edapho-Climatic Gradient. **Chemistry & Biodiversity**, v. 11, p. 1010-1021. 2014.
- CASTELLANI, A. Viability of some pathogenic fungi in distilled water. **Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 42, p. 225-226, 1939.
- DOBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas**. 1 ed. Itaguaí: Embrapa - Spi, 1995. 60p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um guiados seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- MAGALHAES, F. M. M; DOBEREINER, J. Ocorrência de *Azospirillum amazonense* em alguns ecossistemas da Amazonia. **Revista de Microbiologia**, v. 15, n. 4, p. 246-252, 1984.
- KHOSO, M.A.; WAGAN, S.; ALAM, I.; HUSSAIN, A.; ALI, Q.; SAHA, S.; POUDEL, T.R.; MANGHWAR, H.; LIU, F. Impact of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on plant nutrition and root characteristics: Current perspective. **Plant Stress**, v. 11, 2024.
- KUMAWAT, K.C.; SHARMA, B.; NAGPAL, S.; KUMAR, A.; TIWARI, S.; NAIR, R.M. Plant growth-promoting rhizobacteria: Salt stress alleviators to improve crop productivity for sustainable agriculture development. **Frontiers Plant Science**, v.13, 2022.

- MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2 ed. Lavras: Ufla, 2006. 729p.
- MOREIRA, F. M. DE S.; DA SILVA, K.; NÓBREGA, R. S. A.; DE CARVALHO, F. Diazotrophic associative bacteria: diversity, ecology and potential applications. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74. 2010.
- OLIVEIRA, C. C. A. de.; SANTOS, J. S. Active compounds of lemon grass (*Cymbopogon citratus*): a review. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e263101220281, 2021.
- OLIVEIRA, A. J. de; FRANCO, T. C.; FLORENTINO, L. A.; LANDGRAF, P. R. C. Caracterização de bactérias diazotróficas associativas em bastão-do-imperador. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 6, p. 2815–2824, 2020.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022.
- REIS, V. M.; ESTRADA-DE LOS SANTOS, P.; TENORIO-SALGADO, S.; VOGEL, J.; STOFFELS, M.; GUYON, S.; MAVINGUI, P.; BALDANI, V. L. D.; SCHMID, M.; BALDANI, J. L.; BALANDREAU, J.; HARTMANN, A.; CABALLERO-MELLADO, J. *Burkholderia tropica* sp nov., a novel nitrogen-fixing, plant-associated bacterium. **International Journal Of Systematic And Evolutionary Microbiology**, [s.l.], v.54, n.6, p. 2155-2162, 2004.
- RIZVI, A.; AHMED, B.; KHAN, M.S.; EL-BELTAGI, H.S.; UMAR, S.; LEE, J. Bioprospecting Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Enhancing the Biological Properties and Phytochemical Composition of Medicinally Important Crops. **Molecules**, v. 27, n.4, 2022.
- RUEDA, D.; VALENCIA, G.; SORIA, N.; BENÍTEZ, B. R.; BANGEPPAGARI, M.; KUNDAPUR, R. R.; SELVANAYAGAM, M. Effect of *Azospirillum* spp. and *Azotobacter* spp. on the growth and yield of strawberry (*Fragaria vesca*) in hydroponic system under different nitrogen levels. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 6, n. 01, p. 48-54, 2016.
- SABOIA, C. da S.; CARDOSO, D. T.; SANTOS, J. V. dos; SABOIA, C. da S.; BARBOSA, R. T. P.; TELES, A. M.; MOUCHREK, A. N. Chemical characterization and antimicrobial activity of essential oil and crude extract of lemon grass (*Cymbopogon citratus*). **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e37611730064, 2022.
- SOARES, J. M., BRITO, L. T. DE L., COSTA, N. D., MACIEL, J. L., FARIA, C. M. B. DE. Efeito de fertilizantes nitrogenados na produtividade de melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 7, p. 1139–1143, jul. 1999.
- WAI NG, C.W.; YAN, W.H.; XIA, Y.T.; TSIM, K.W.K.; TO, J.C.T. Plant growth-promoting rhizobacteria enhance active ingredient accumulation in medicinal plants at elevated CO₂ and are associated with indigenous microbiome. **Frontiers Microbiology**, v.15, 2024.