

***Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* no crescimento inicial de melancia ‘Sugar Baby’**

Bacillus subtilis and *Bacillus megaterium* in the initial growth of 'Sugar Baby' watermelon

Bacillus subtilis y *Bacillus megaterium* en el crecimiento inicial de la sandía 'Sugar Baby'

Recebido: 06/09/2022 | Revisado: 19/09/2022 | Aceitado: 22/09/2022 | Publicado: 29/09/2022

Karolline Rosa Cutrim Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1511-2868>
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: karollinerosa14@gmail.com

Luiz Alberto Melo de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8730-6488>
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: agroluizalberto@gmail.com

Fabiola Luzia de Sousa Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8069-6885>
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: fabiolaluzia00@gmail.com

João Lucas Xavier Azevedo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8693-2236>
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: joaolucasa058@gmail.com

Igor Alves Da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8118-976X>
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: igortoprio@hotmail.com

Fernando Freitas Pinto Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1465-7412>
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: feernando-@hotmail.com

Bruno Gonçalves da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4782-2429>
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: gonalves.bruno@discente.ufma.br

Hosana Aguiar Freitas de Andrade

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9332-9689>
Universidade Federal do Piauí, Brasil
E-mail: hosana_f.andrade@hotmail.com

Izumy Pinheiro Doihara

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0443-3394>
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: izumy.doihara@ufma.br

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8908-2297>
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: raissasalustriano@yahoo.com.br

Resumo

Dado a necessidade de reduzir os custos de produção e disponibilizar produtos livres de agrotóxicos na cadeia de suprimentos da melancia, o objetivo com este estudo foi avaliar a influência das bactérias do gênero *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* na germinação e biometria de sementes e plântulas de melancia cv. Sugar Baby. A pesquisa foi realizada no Centro de Ciências de Chapadinha, da Universidade Federal do Maranhão (CCCh/UFMA). O estudo foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x3 (cinco tempos de imersão (0; 6; 12; 18 e 24 horas) x três bioinsumos (*B. subtilis*; *B. megaterium* e a coinoculação de *B. subtilis* + *B. megaterium*)) com 40 repetições. Os dados foram submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste Duncan ($P < 0,05$). Os resultados mostram que a coinoculação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* é recomendada para potencializar a ação dos microrganismos na germinação das sementes e biometria das plântulas de melancia cv. Sugar Baby, sendo que o tempo de imersão de 6 h proporciona maior incremento nas variáveis biométricas e o tempo de 12 e 0 h apresentam maior desempenho na germinação.

Palavras-chave: Bioinsumos; Inoculação; Tratamento de sementes; Biometria de plântulas.

Abstract

Given the need to reduce production costs and make pesticide-free products available in the watermelon supply chain, the objective of this study was to evaluate the influence of bacteria of the genus *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* on germination and biometry of watermelon seeds and seedlings. cv. Sugar Baby. The research was carried out at the Centro de Ciências de Chapadinha, of the Universidade Federal do Maranhão (CCCh/UFMA). The study was carried out in a completely randomized experimental design in a 5x3 factorial scheme (five immersion times (0, 6, 12, 18 and 24 hours) x three bioinputs (*B. subtilis*; *B. megaterium* and the co-inoculation of *B. subtilis* + *B. megaterium*)) with 40 replications. Data were submitted to ANOVA and means were compared by the Duncan test ($P < 0.05$). The results show that the co-inoculation of *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* is recommended to potentiate the action of microorganisms on seed germination and biometry of watermelon cv. Sugar Baby, being that the immersion time of 6 hours provides greater increment in the biometric variables and the time of 12 and 0 hours presents better germination performance.

Keywords: Bioinputs; Inoculation; Seed treatment; Seedling biometry.

Resumen

Dada la necesidad de reducir los costos de producción y disponer de productos libres de pesticidas en la cadena de suministro de la sandía, el objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de bacterias del género *Bacillus subtilis* y *Bacillus megaterium* en la germinación y biometría de semillas y plántulas de sandía. cv. Sugar Baby. La investigación se realizó en el Centro de Ciências de Chapadinha de la Universidade Federal do Maranhão (CCCh/UFMA). El estudio se realizó en un diseño experimental completamente al azar en esquema factorial 5x3 (cinco tiempos de inmersión (0; 6; 12; 18 y 24 horas) x tres bioinsumos (*B. subtilis*; *B. megaterium* y la co-inoculación de *B. subtilis* + *B. megaterium*)) con 40 repeticiones. Los datos se sometieron a ANOVA y las medias se compararon mediante la prueba de Duncan ($P < 0,05$). Los resultados muestran que se recomienda la co-inoculación de *Bacillus subtilis* y *Bacillus megaterium* para potenciar la acción de los microorganismos sobre la germinación y biometría de semillas de sandía cv. Sugar Baby, siendo que el tiempo de inmersión de 6 h proporciona mayor incremento en las variables biométricas y el tiempo de 12 y 0 h presenta mejor desempeño germinativo.

Palabras clave: Bioinsumos; Inoculación; Tratamiento de semillas; Biometría de plántulas.

1. Introdução

A melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) é uma oleracea que pertence à família *Cucurbitaceae*, com origem nos continentes Africano e Asiático, de onde as primeiras sementes foram trazidas para o Brasil através dos navios negreiros no período da colonização portuguesa (Oliveira, et al., 2019).

É uma cultura que apresenta grande importância socioeconômica e que é amplamente cultivada no território brasileiro, onde, em 2019, foi produzido 2.278.186 toneladas em uma área plantada de 98.489 hectares, sendo o Nordeste a principal região produtora, responsável por 775.324 toneladas em uma área de 39.697 hectares (IBGE, 2020).

Devido a exigência atual dos consumidores por produtos com a ausência de agroquímicos, principalmente quando se refere a produtos consumidos *in natura*, ocorreu um aumento de pesquisas relacionadas a programas de controle biológico visando medidas para reduzir a intensidade das doenças e manter o potencial produtivo das culturas (Gabardo, et al., 2020).

Com isso, hoje, a utilização de microrganismos promotores de crescimento de plantas para o aumento da produção agrícola é, provavelmente, uma das táticas mais importantes no mundo; já que a produção de inoculantes de baixo custo com tais microrganismos é uma alternativa para reduzir os riscos ambientais causados pela utilização inadequada e, às vezes excessiva, de insumos e agrotóxicos (Chagas Júnior, et al., 2022).

Algumas bactérias do gênero *Bacillus* atuam como microrganismos promotores de crescimento de plantas, as quais são classificadas como Gram-positivas, formam endósporos e biofilmes; com ocorrência abundante na maioria dos solos e capacidade de produzir diversos metabólitos secundários (Dame, et al., 2021). E dentre esse gênero pode-se citar as bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*.

Onde, o uso de *B. subtilis* em plantas está atrelado à obtenção de benefícios como o controle de fitopatógenos e promoção de crescimento, devido ao incremento de fixação de nitrogênio, solubilização de nutrientes e síntese de fitormônios (Lanna Filho, Ferro & Pinho, 2010). E o uso de *B. megaterium* está relacionado a sua capacidade de solubilizar fosfatos, sendo reconhecida na literatura mundial como uma fosfobactéria (Oliveira-Paiva, et al., 2021).

Nesse contexto, os inoculantes à base de *Bacillus* spp. apresentam-se como uma ferramenta em potencial para otimizar o processo de germinação e aumentar o crescimento de plantas; contribuindo com a obtenção de mudas em maior número e qualidade. E para obtenção do sucesso das culturas é necessário seguir o manejo correto; contudo, o cultivo da melancia é recente e ainda são incipientes os tratamentos culturais para melhorar o desempenho de cada cultivar (Freitas, et al., 2021), ainda mais considerando o uso de microrganismos promotores de crescimento.

Dessa forma, buscou-se avaliar a influência das bactérias do gênero *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* na germinação e biometria de sementes e plântulas de melancia cv. Sugar Baby (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai).

2. Metodologia

O presente estudo é de natureza quantitativa e foi realizado seguindo-se a metodologia do livro Regras para Análise de Sementes - RAS (2009) em janeiro de 2022, em condições ambientais controladas, no Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia do Centro de Ciências de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão, localizado em Chapadinha, MA (03°44'33" S, 43°21'21" W), Brasil.

O experimento foi conduzido em um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x3 (cinco tempos de imersão (0; 6; 12; 18 e 24 horas) x três bioinsumos (*B. subtilis*; *B. megaterium* e a coinoculação de *B. subtilis* + *B. megaterium*)), totalizando 15 tratamentos, descritos na Tabela 1. Neste estudo, cada tratamento foi representado por 2 gerbox contendo 20 sementes; com 40 repetições, totalizando 600 unidades experimentais (representadas pelas sementes).

Tabela 1. Descrição dos tratamentos experimentais.

Fator bactéria	Fator tempo (h)	Nomenclatura dos tratamentos
<i>B. subtilis</i>	0	S0
	6	S6
	12	S12
	18	S18
	24	S24
<i>B. megaterium</i>	0	M0
	6	M6
	12	M12
	18	M18
	24	M24
Coinoculação de <i>B. subtilis</i> e <i>B. megaterium</i>	0	SM0
	6	SM6
	12	SM12
	18	SM18
	24	SM24

Fonte: Autores.

Na Tabela 1 estão descritos detalhadamente os tratamentos que foram adotados no presente estudo, onde observa-se as combinações possíveis entre os fatores que foram analisados (fator bactéria e fator tempo (em horas)) para se testar a influência das bactérias na germinação de sementes de Melancia cv. Sugar Baby em laboratório. Sendo que, para tal, estas ficaram submersas em 100 ml da solução pura e durante o tempo correspondentes a cada tratamento.

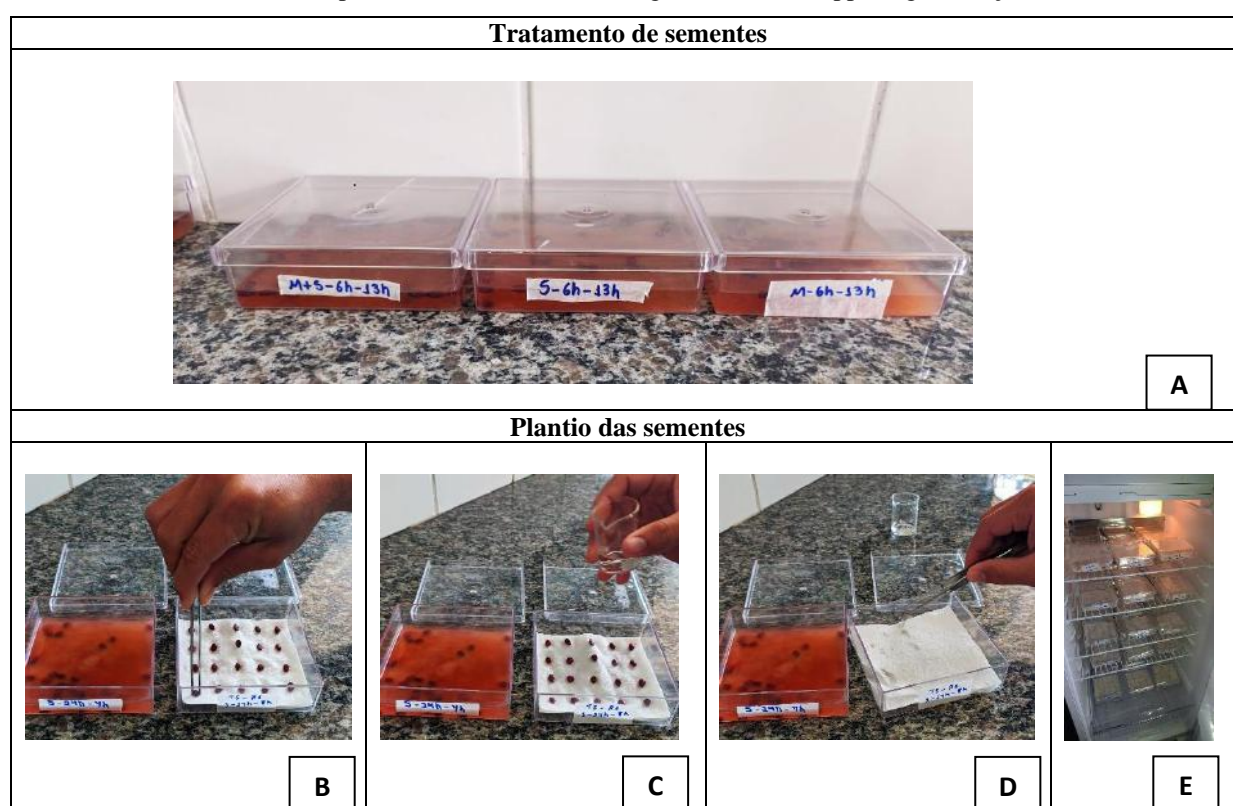
A obtenção da solução pura foi realizada através da multiplicação das bactérias *on farm* adotando-se o sistema patenteado e seguindo-se o procedimento operacional padrão da empresa Fotossíntese®. Consistindo, inicialmente, na limpeza e desinfecção do local e das instalações do sistema com sabão/detergente, iodo, água sanitária e água; com posterior multiplicação do agente biológico (*B. subtilis* e *B. megaterium*) em meio líquido. Sendo que tal processo teve uma duração de

dois dias.

Após o período de imersão, foi realizado o plantio das sementes em gerbox contendo como substrato o papel germitest, que foi previamente cortado para se encaixar perfeitamente dentro das gerbox e esterilizado em autoclave a 121 °C por 20 min. E seguindo as recomendações da RAS (2009), as sementes ficaram entre 6 folhas (3 folhas acima e 3 folhas abaixo); distribuídas em um espaçamento de 3 vezes a sua largura; os papéis foram umedecidos com água destilada em uma quantidade equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco.

Ao finalizar o plantio, as gerbox foram fechadas com papel filme, com o intuito de criar-se uma câmara úmida. Em seguida, as mesmas foram mantidas em estufa incubadora com fotoperíodo e termoperíodo (BOD) a 25 °C, com aplicação de fotoperíodo de 12 horas (Figura 1).

Figura 1. Procedimentos realizados para se testar a influência do gênero *Bacillus* spp. na germinação de sementes de melancia.



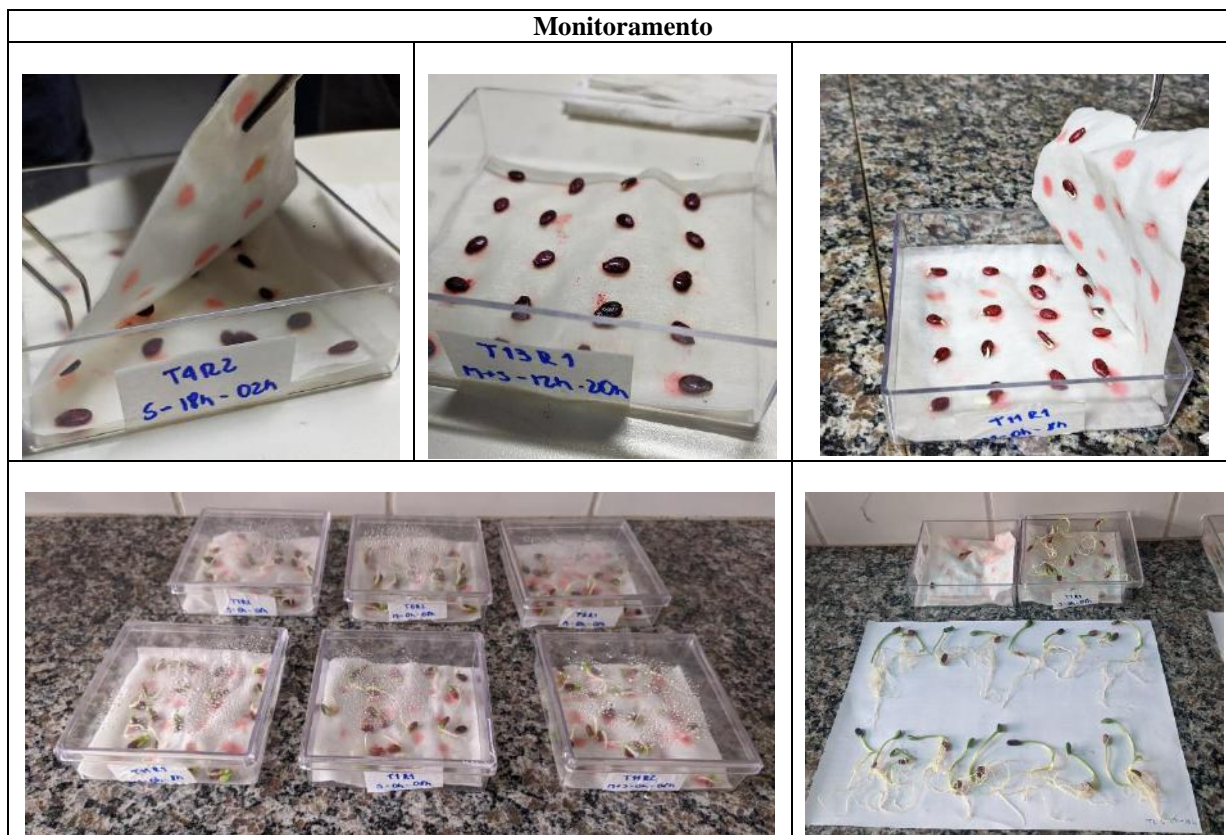
Fonte: Autores.

Na Figura 1 é possível observar os procedimentos que foram seguidos para a realização da experimentação sobre a influência do gênero *Bacillus* spp. na germinação de sementes de melancia cv. Sugar Baby, desde o tratamento das sementes até o seu plantio e acondicionamento.

Vale ressaltar que durante todo o experimento o substrato deveria apresentar-se com umidade suficiente para as sementes terem disponibilidade de água necessária para a sua germinação (RAS, 2009). Dessa forma, foi realizada a irrigação do substrato com água destilada sempre que se percebia tal necessidade, sendo que a quantidade de água era a mesma, mas a irrigação ocorria apenas nos tratamentos com umidade insuficiente.

A partir do momento da sementeira (26 de março de 2022), as sementes foram avaliadas somente uma vez ao dia e sempre que necessário foram manuseadas com utensílios esterilizados, a fim de evitar-se contaminação (Figura 2).

Figura 2. Monitoramento da germinação de sementes de melancia cv. Sugar Baby tratadas com *B. subtilis*, *B. megaterium* e a coinoculação de *B. subtilis* e *B. megaterium*.



Fonte: Autores.

A Figura 2 ilustra os procedimentos seguidos durante o monitoramento das condições experimentais. Onde foram realizadas as seguintes avaliações diárias após a implantação do experimento: contagens de sementes para o percentual de germinação (PG) e avaliação das plântulas normais, ou seja, aquelas que apresentaram cotilédones, hipocótilo e radícula, com ausência de necrose e patógeno nas plântulas, raízes seminais e secundárias sem deformações e descontando-se as sementes mortas.

Findando o período de germinação, dez dias após o plantio, foram selecionadas aleatoriamente 20 plântulas de cada tratamento e com o auxílio de régua e paquímetro digital avaliou-se os parâmetros: comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento total (CT) e diâmetro do caule para a realização da caracterização morfométrica.

A hipótese de normalidade e homocedasticidade dos resíduos dos dados foram verificadas pelos testes de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente ($P < 0,05$). Após essas duas pressuposições serem atendidas realizou-se a análise de variância (ANOVA), seguida da análise de regressão, que não apresentou coeficiente de correlação (r^2) significativo. Dessa forma, realizou-se a comparação das médias através do teste de Duncan. As análises estatísticas foram processadas pelo software estatístico Infostat®.

3. Resultados e Discussão

A germinação das sementes de melancia cv. Sugar Baby iniciou-se um dia após a semeadura, mas somente daquelas que receberam os tratamentos nos tempos 0 e 6 horas. Sendo que nas avaliações diárias não foram encontradas plântulas anormais, apenas sementes que não germinaram até o nono dia de observação. No entanto, apenas as sementes dos tratamentos

M24, S12 e SM12 germinaram em sua totalidade.

Segundo Castro e Vieira (2001), ao avaliarem a influência de bioestimulantes no processo germinativo do milho, há um aumento no número de plântulas normais e redução de desequilíbrios nas mesmas devido a sua aplicação. De forma semelhante, a utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas pode ter exercido tal influência, já que é comprovado o seu estímulo na produção de fitormônios. Isso porque fitormônios como as giberelinas estão relacionadas com a síntese de enzimas hidrolíticas, que ao degradarem as proteínas e o amido induzem o desenvolvimento do embrião e também o alongamento da radícula (Taiz & Zeiger, 2016).

Os demais tratamentos começaram a germinar somente no terceiro dia, estendendo-se até o nono dia. Isso porque além do fator “bactéria” o período de imersão das sementes também pode ter afetado a germinação, pois à medida que se aumenta o período de “alagamento” das sementes pode-se reduzir a sua viabilidade e vigor (Dantas, et al., 2000). Sendo relatado por Custódio et al. (2009) que a submersão de sementes de feijão por 8 horas é suficiente para reduzir a germinação e comprometer o estabelecimento da cultura. No entanto, o nível de tolerância das espécies é variável em função do genótipo e da temperatura de alagamento (Martin, et al., 1991).

Ao realizar-se a análise de variância, percebeu-se que a porcentagem de germinação (PG (%)) apresentou efeito significativo para o tempo de imersão a qual as sementes foram submetidas, porém, o efeito das bactérias e da interação não foram significativos (Tabela 2). Já o índice de velocidade de germinação (IVG) apresentou efeito significativo para todas as fontes de variação analisadas (Tabela 2).

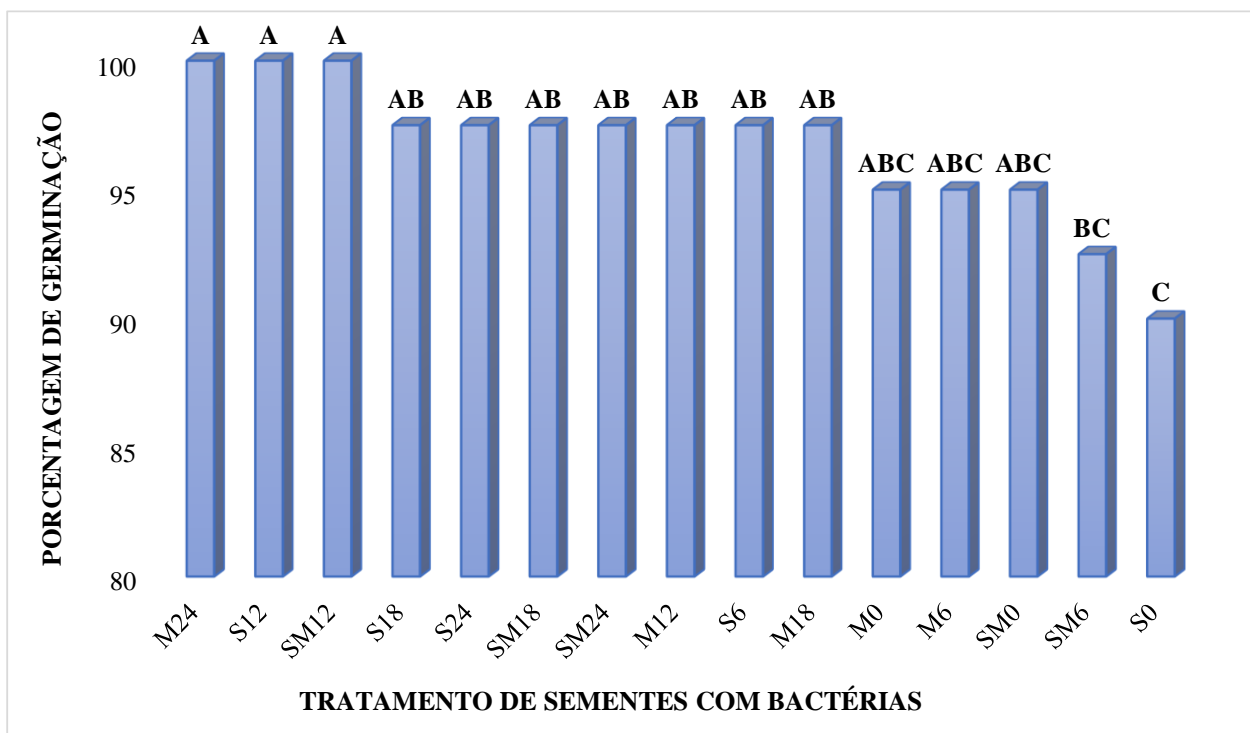
Tabela 2. Teste “F” para as variáveis porcentagem de germinação (PG (%)) e Índice de velocidade de germinação (IVG) de plântulas de melancia cv. Sugar Baby oriundas de sementes que receberam tratamento com bactérias do gênero *Bacillus* durante diferentes períodos.

Fontes de Variação (FV)	GL	p-valor	
		PG (%)	IVG
Modelo (M)	14	0,0558	<0,0001
Tempo de imersão (TI)	4	0,0054	<0,0001
Bactérias (B)	2	0,8987	0,0001
Tempo de imersão*Bactérias (TI*B)	8	0,3440	0,0032
Erro (E)	30		
CV%		3,53	7,61

Fonte: Autores.

Com relação ao resultado da comparação de médias da variável porcentagem de germinação de sementes de melancia cv. Sugar Baby é possível observar o comportamento (positivo ou negativo) dos tratamentos de acordo com os fatores avaliados na Tabela 3.

Figura 3. Resultado para a variável porcentagem de germinação de sementes de melancia cv. Sugar Baby.

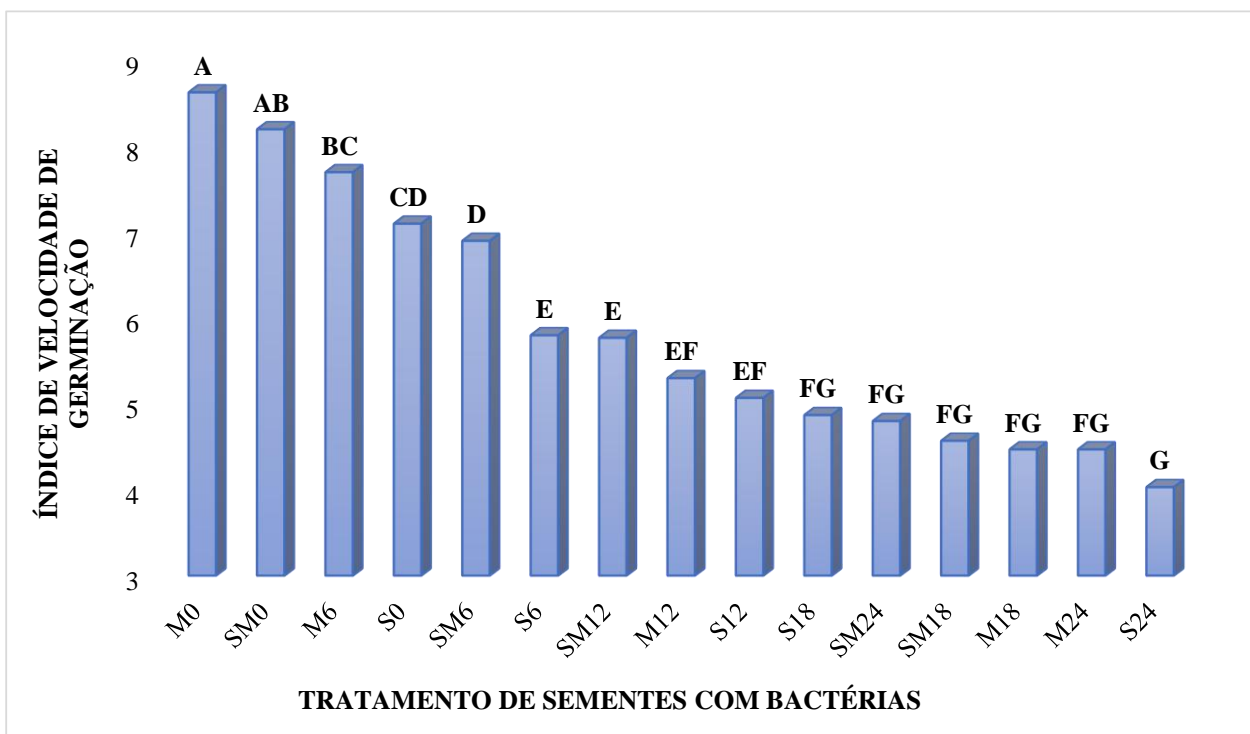


*Médias seguidas de letras iguais não diferiram entre si pelo teste Duncan a 5% de significância. Fonte: Arquivo pessoal.

A porcentagem de germinação das sementes de melancia cv. Sugar Baby variou de 90 a 100%, sendo que as sementes tratadas com *B. megaterium*, *B. subtilis* e a coinoculação de *B. subtilis* e *B. megaterium* durante 24, 12 e 12 h, respectivamente, obtiveram médias iguais e estatisticamente superiores que as demais (Figura 3). Além disso, a menor média de porcentagem de germinação, de 90%, foi verificada nas sementes tratadas com *B. subtilis* durante 0 h (Figura 3). Sendo que tais valores estão próximos ao encontrado por Ramos et al. (2012), que ao avaliarem o desempenho de genótipos de melancia de frutos pequenos em diferentes densidades obtiveram porcentagem de germinação de 98% para a cultivar Sugar Baby.

No que diz respeito ao índice de velocidade de germinação (IVG), observou-se que o tratamento de sementes com a bactéria *B. megaterium* durante 0 h promoveu um maior IVG (de 8,63), não diferindo estatisticamente da coinoculação de *B. subtilis* e *B. megaterium* durante o mesmo período de imersão (Figura 4). Onde, partindo-se da afirmativa de Nakagawa (1999), que quanto maior o IVG mais vigoroso é o lote de sementes com o qual está se trabalhando, pressupõem-se que tais tratamentos influenciaram positivamente, potencializando o processo germinativo das sementes de melancia. Além disso, a rápida germinação é uma característica de grande relevância para se alcançar altas produtividades (Ó, et al., 2020).

Figura 4. Resultado para a variável índice de velocidade de germinação de sementes de melancia cv. Sugar Baby.



*Médias seguidas de letras iguais não diferiram entre si pelo teste Duncan a 5% de significância. Fonte: Arquivo pessoal.

Ainda na Figura 4, é possível perceber que, em contrapartida, o tratamento que apresentou menor média para o IVG foi o S24, onde as sementes foram tratadas com *B. subtilis* durante 24 h. O que destoa dos resultados encontrados por Ongena et al. (2005), onde observaram que o tratamento de sementes de aveia com um isolado de *B. subtilis* promoveu aumento na velocidade de germinação, emergência e crescimento das plantas, possibilitando que as mesmas atingissem o rápido crescimento, permanecendo menos tempo no campo.

De acordo com a análise de variância, a variável comprimento da parte aérea (CPA) apresentou efeito significativo para as bactérias utilizadas no tratamento de sementes e para a interação entre o tempo de imersão e bactéria (Tabela 3). Com relação ao comprimento radicular (CR), tanto o tempo de imersão, quanto as bactérias e a interação, apresentaram efeito significativos (Tabela 3). O comprimento total (CT) apresentou efeito significativo para todas as fontes de variação estudadas. Já o diâmetro do caule apresentou significância apenas para tempo de imersão e a interação entre horário e bactérias (Tabela 3).

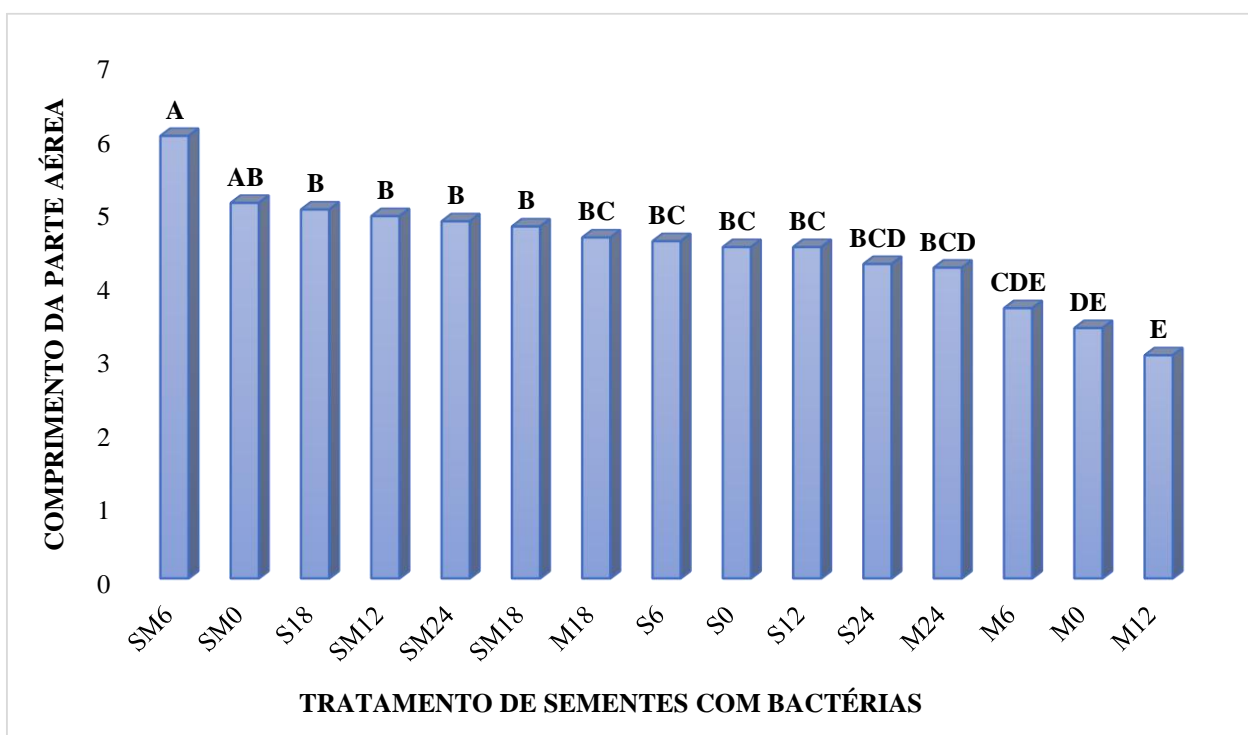
Tabela 3. Teste “F” para as variáveis comprimento da parte aérea (CPA), comprimento radicular (CR) e diâmetro do caule (DC) de plântulas de melancia cv. Sugar Baby oriundas de sementes que receberam tratamento com bactérias do gênero *Bacillus* durante diferentes períodos.

FV	GL	p-valor			
		CPA	CR	CT	DC
M	14	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
TI	4	0,0811	0,0001	0,0046	<0,0001
B	2	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3148
TI*B	8	0,0230	0,0143	0,0003	<0,0001
E	285				
CV%		33,15	22,93	18,46	16,78

Fonte: Autores.

No que se refere ao comprimento da parte aérea, as sementes que receberam a coinoculação durante 6 e 0 horas foram estatisticamente superiores (Figura 5). Enquanto que aquelas tratadas com *B. megaterium* com tempo de imersão de 12, 0 e 6 h apresentaram, respectivamente, as médias mais baixas.

Figura 5. Resultado para a variável comprimento da parte aérea de plântulas de melancia cv. Sugar Baby.



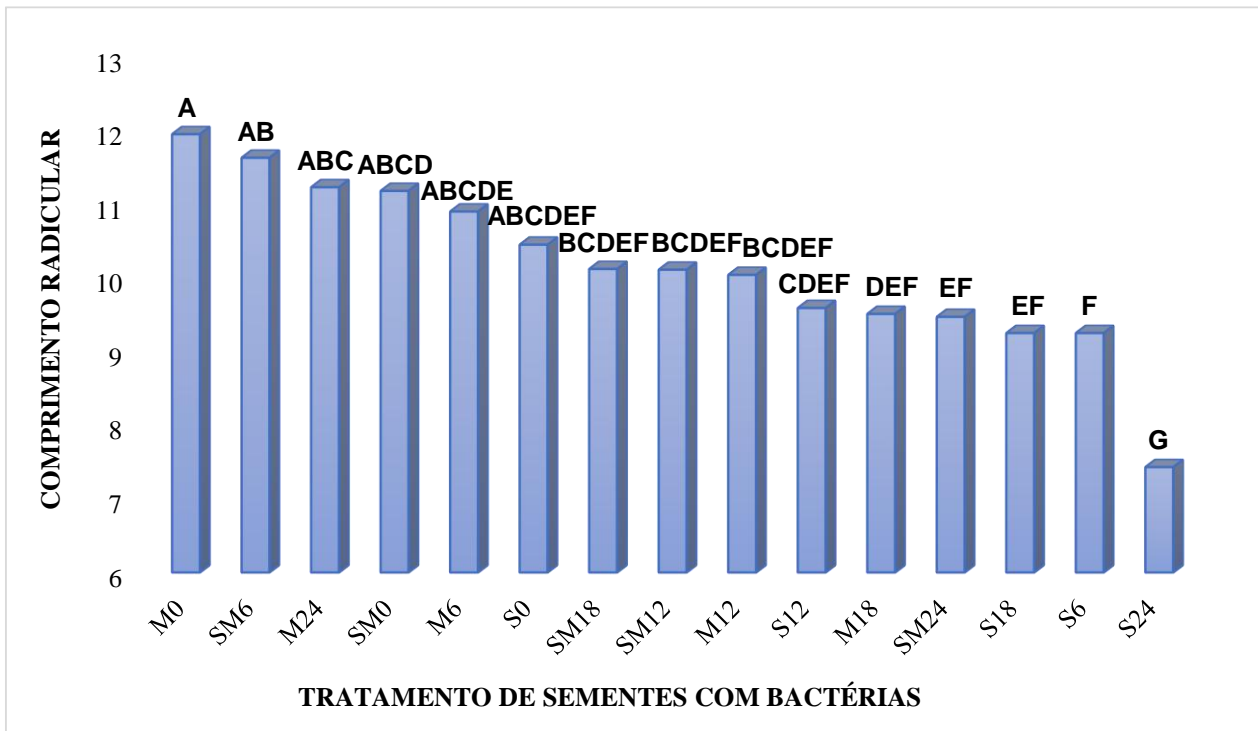
*Médias seguidas de letras iguais não diferiram entre si pelo teste Duncan a 5% de significância. Fonte: Arquivo pessoal.

Nesse contexto, um fator importante a ser considerado, consiste no sinergismo de microrganismos no crescimento vegetal, como observado no presente estudo, em que o uso de *B. subtilis* e *B. megaterium* contribuiu com incremento de 49,6% de comprimento da parte aérea, como mostrado na Figura 5. Semelhantemente, Sarti e Miyazaki (2013) observaram que a inoculação de *B. subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum* é mais eficiente no crescimento da planta de soja. É provável que o aumento expressivo do comprimento da parte aérea ocorra como efeito a ação benéfica dos microrganismos que produzem hormônios importantes ao crescimento vegetal, como a auxina (Sá, et al., 2019).

A variável comprimento radicular das plântulas de melancia cv. Sugar Baby apresentou médias superiores nos

tratamentos com *B. megaterium* por 0 horas, com média 37,8% superior ao tratamento com menor comprimento radicular, o *B. subtilis* inoculado por 24 horas (Figura 6). Contudo, a maior média não diferiu estatisticamente da coinoculação durante 6 e 0 h, do tratamento com *B. megaterium* durante 24 e 6 h e do tratamento com *B. subtilis* durante 0 h. Isso porque o crescimento das raízes é estimulado pela produção de fitormônios por parte das bactérias, especialmente auxinas e giberelinas, que aumentam a divisão celular do sistema radicular (Kumar & Verma, 2018). e algumas bactérias ou coinoculação se mostram mais eficientes.

Figura 6. Resultado para a variável comprimento radicular de plântulas de melancia cv. Sugar Baby.



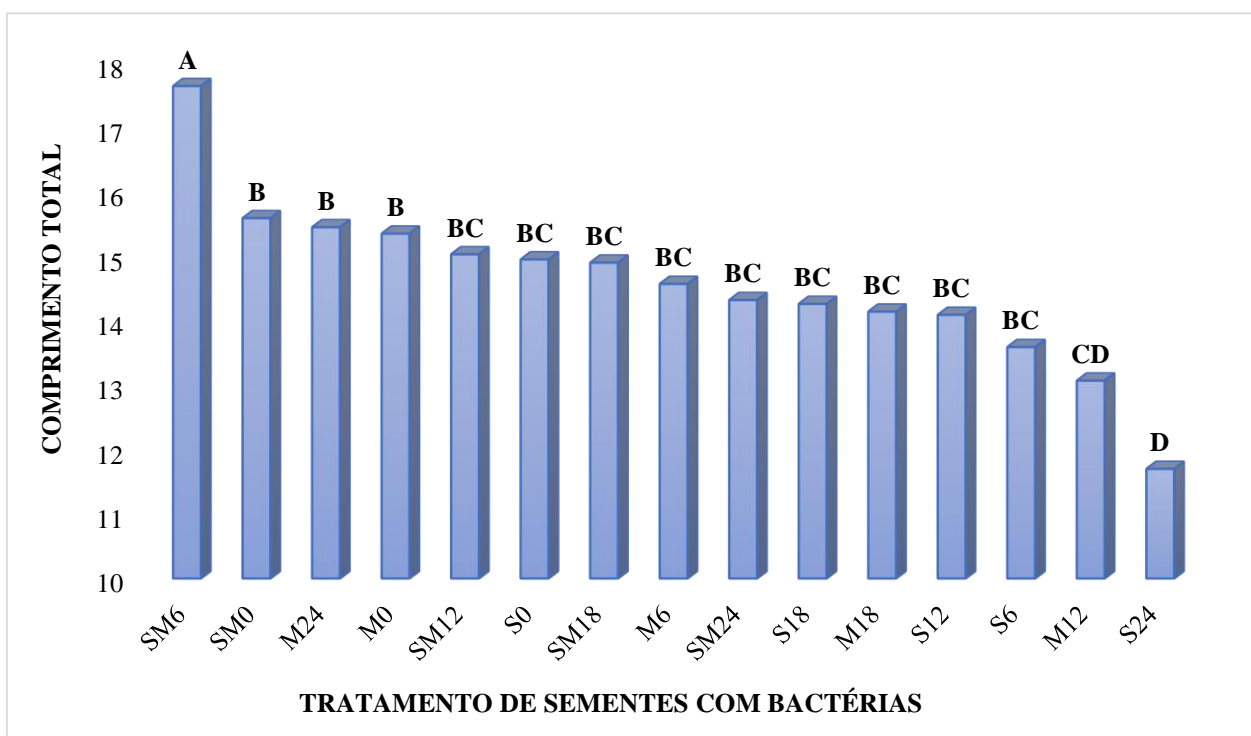
*Médias seguidas de letras iguais não diferiram entre si pelo teste Duncan a 5% de significância. Fonte: Arquivo pessoal.

Em estudos com a cultura da cenoura, Romagna et al. (2019) encontraram baixa resposta com o uso do *B. subtilis*. Este resultado é corroborado nesse trabalho, embora seja reconhecida a ação desses microrganismos no estímulo do crescimento de raízes. Fato reafirmado por Araújo e Hungria (1999), ao relatar que entre os diferentes potenciais das bactérias do gênero *Bacillus* inclui-se a produção de fito-hormônios (como o ácido indolacético, ácido abscísico, giberelinas e citocininas), o que possibilita a emissão de pelos radiculares e desenvolvimento das raízes, contribuindo com o aumento da área de absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, potencializa o desenvolvimento da cultura.

Nesse contexto, Nakagawa (1999) afirma que a avaliação do comprimento da radícula funciona como um indicador, pois os lotes com sementes que emitem radícula e hipocótilo em menor tempo são mais vigorosos e aptos para as condições de estresse ambiental, garantindo maior sobrevivência no campo.

O comprimento total das plântulas de melancia cv. Sugar Baby foi favorecido pela coinoculação durante o tempo de imersão de 6 h, destacando-se significativamente dos demais tratamentos (Figura 7). Além disso, proporcionou um incremento de 5,94 cm, quando comparada com a menor média (oriunda do tratamento com *B. subtilis* durante 24 h).

Figura 7. Resultado para a variável comprimento total de plântulas de melancia cv. Sugar Baby.

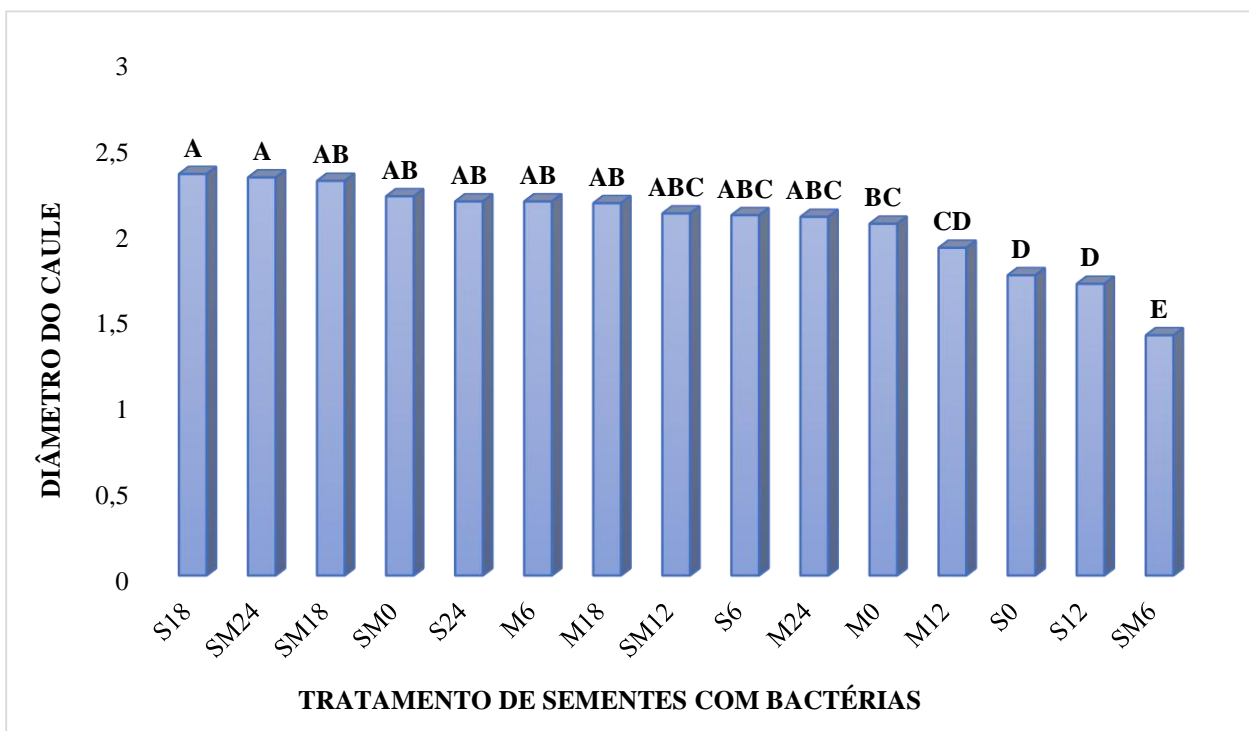


*Médias seguidas de letras iguais não diferiram entre si pelo teste Duncan a 5% de significância. Fonte: Arquivo pessoal.

Oliveira et al. (2016), ao avaliarem diferentes dosagens de um produto a base de *B. subtilis* em sementes de *V. unguiculata* cv. BRS Estilo de alto vigor, observaram que houve aumento no comprimento de plântula e de raiz primária e que essa influência direta no crescimento vegetal deve ser associada ao estímulo dos microrganismos benéficos na produção de fitormônios como a auxina. Levando-se essa afirmativa em consideração, o sinergismo entre as bactérias *B. subtilis* e *B. megaterium* pode ter intensificado os mecanismos que induzem o crescimento de plantas, justificando o resultado encontrado.

O uso do *B. subtilis* a 18 horas promoveu aumento do diâmetro do caule, com média 40,2% maior quando comparado com o tempo e o microrganismo (SM6) que proporcionou menor resposta quanto ao diâmetro do caule das plântulas de melancia cv. Sugar Baby (Figura 8).

Figura 8. Resultado para a variável diâmetro do caule de plântulas de melancia cv. Sugar Baby.



*Médias seguidas de letras iguais não diferiram entre si pelo teste Duncan a 5% de significância. Fonte: Arquivo pessoal.

Em estudo realizado por Santos et al. (2021), ao testarem a inoculação de *B. subtilis* e *B. megaterium* na cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) observaram efeito positivo com relação a biometria das plantas para as variáveis diâmetro de perfilhos e produtividade; onde o diâmetro ganhou um incremento de 22%, passando de 4,17 mm, sem inoculante, para o valor médio de 5,08 mm.

Esses autores também destacam o uso do inoculante promoveu aumento na taxa de crescimento e no diâmetro, no entanto, a mesma dosagem reduziu o número de perfilhos. De forma similar, no presente estudo observou-se que o tratamento de sementes que proporcionou maior incremento no comprimento total das plântulas foi o mesmo que se mostrou estatisticamente inferior no quesito diâmetro do caule.

4. Conclusão

A coinoculação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* é recomendada para potencializar a ação dos microrganismos na germinação das sementes e biometria das plântulas de melancia cv. Sugar Baby, sendo que o tempo de imersão de 6 h proporciona maior incremento nas variáveis biométricas e o tempo de 12 e 0 h apresenta maior desempenho na germinação.

E para a realização de trabalhos futuros sugere-se o tratamento das sementes de melancia cv. Sugar Baby com a utilização dos microrganismos promotores de crescimento de plantas, *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, mas que as mesmas sejam cultivadas a campo, já que a interação com o ambiente pode resultar em respostas complementares para a discussão deste tema que vem sendo trabalhado.

Referências

Araújo, F. F., & Hungria, M. (1999). Nodulação e rendimento de soja, co-infectada com *Bacillus subtilis*, *Bradyrhizobium japonicum*/*Bradyrhizobium elkanii*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(5), 1633-1643.

- Castro, P. R. C., & Vieira, E. L. (2001). *Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical*. Guaíba: Agropecuária, 132p.
- Chagas Junior, A. F., Braga Junior, G. M., Lima, C. A., Martins, A. L. L., Souza, M. C., & Chagas, L. F. B. (2022) *Bacillus subtilis* como inoculante promotor de crescimento vegetal em soja. *Diversitas Journal*, 7(1), 01-16.
- Custódio, C. C., Machado Neto, N. B., Moreno, E. L. C., & Vuolo, B. G. (2009). Water submersion of bean seeds in the vigour evaluation. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 4(3), 261-266.
- Dame, Z. T., Rahman, M., & Islam, T. (2021). Bacilli as sources of agrobiotechnology: recent advances and future directions. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 14(2), 246-271.
- Dantas, B. F., Aragão, C. A., Cavariani, C., Nakagawa, J., & Rodrigues, J. D. (2000). Efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, 22(1), 88-96.
- Freitas, P. G. N., Postingue, L. M., Bernardo, M. P., Bonini, C. S. B., Santos, J. T., Rodrigues, C. S., Hidalgo, G. F., Heinrichs, R., Lanna, N. B. L., Bonini Neto, A., Santos, M. A., & Matos, A. M. S. (2021). Sistemas de condução e poda em mini melancia ‘Sugar Baby’. *Research, Society and Development*, 10(1), 6p.
- Gabardo, G., Pria, M. D., Prestes, A. M. C., & Silva, H. L. (2020). *Trichoderma asperellum* e *Bacillus subtilis* como antagonistas no crescimento de fungos fitopatogênicos *in vitro*. *Braz. J. of Develop.*, 6(8), 55870-55885.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022). *Produção agrícola municipal ano de 2019 e 2020*. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>.
- Kumar, A., & Verma, J. P. (2018). Does plant microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review. *Microbiological Research*, 207, 41-52.
- Lanna Filho, R., Ferro, H. M., & Pinho, R. S. C. (2010). Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. *Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, 4(2), 12p.
- Martin, B. A., Cerwick, S. F., & Reding, L. D. (1991). Physiological basis for inhibition of maize seed germination by flooding. *Crop Sci.*, 31, 152-1057.
- Nakagawa, J. (1999). Testes de Vigor Baseados no Desempenho das Plântulas. In F. C. Krzyzanowski, R. D. Vieira, J. B. França Neto (Eds.), *Vigor de sementes: conceitos e testes* (pp. 210-224). Londrina: Abrates.
- Ó, L. M. G. do, Cova, A. M. W., Gheyi, H. R., Silva, N. D., & Azevedo Neto, A. D. (2020). Production and quality of mini watermelon under drip irrigation with brackish water. *Revista Caatinga*, 33(3), 766-774.
- Oliveira, G. R. F., Silva, M. S., Marciano, T. Y. F., Proença, S. L., & Sá, M. E. (2016). Crescimento inicial do feijoeiro em função do vigor de sementes e inoculação com *Bacillus subtilis*. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, 10(4), 439-448.
- Oliveira, M. M. T., Alves, R. E., Silva, L. R., & Aragão, F. A. S. (2019). Qualidade de frutos de híbridos de melancia com sementes. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 118, 77-83.
- Oliveira-Paiva, C. A., Bini, D., Marriel, I. E., Gomes, E. A., dos Santos, F. C., Cota, L. V., Sousa, S. M., Alves, V. M. C., Lana, U. G. P., & Souza, F. F. (2021). *Inoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato nas culturas do milho e da soja (BiomaPhos®): dúvidas frequentes e boas práticas de inoculação*. 2021. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227071/1/COT-252-BiomaPhos-duvidas-frequentes-e-boas-praticas.pdf>.
- Ongena, M., Duby, F., Jourdan, E., Beaudry, T., Jadin, V., Dommès, J., & Thonart, P. (2005). *Bacillus subtilis* M4 decreases plant susceptibility towards fungal pathogens by increasing host resistance associated with differential gene expression. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 67(5), 692-698.
- Ramos, A. R. P., Dias, R. C. S., Aragão, C. A., Batista, P. F., & Pires, M. M. L. Desempenho de genótipos de melancia de frutos pequenos em diversas densidades de plantio. *Horticultura Brasileira*, 30, 333-338.
- RAS - Regras para Análise de Sementes. (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Secretaria de Defesa Agropecuária*. Mapa/ACS, Brasília, 399p.
- Romagna, I. S., Junges, E., Karsburg, P. A., & Pinto, S. Q. (2019). Bioestimulantes em sementes de olerícolas submetidos a testes de germinação e vigor. *Scientia Plena*, 15(10), 7 p.
- Sá, M. N. F. de, Lima, J. de S., Jesus, F. N. de, & Perez, J. O. (2019). Microbiolização na qualidade de sementes e crescimento inicial de plantas de *Vigna unguiculata* L. Walp. *Acta Brasiliensis*, 3(3), 111-115.
- Santos, A. F., Corrêa, B. O., Klein, J., Bono, J. A. M., Pereira, L. C., Guimarães, V. F., & Ferreira, M. B. (2021). Biometria e estado nutricional da cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) sob inoculação com *Bacillus subtilis* e *B. megaterium*. *Research, Society and Development*, 10(5), e53410515270, 14p.
- Sarti, G. C., & Miyazaki, S. S. (2013). Actividad antifúngica de extractos crudos de *Bacillus subtilis* contra fitopatógenos de soja (*Glycine max*) y efecto de su coinoculación con *Bradyrhizobium japonicum*. *Agrociencia*, 47(4), 373-383.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2016). *Fisiologia vegetal*. (6a ed., p. 888). Artmed Editora S/A.