

Maria Josiane Martins

Universidade Estadual de Montes Claros
Josianemartins102012@hotmail.com

Regina Cássia Ferreira Ribeiro

Universidade Estadual de Montes Claros
Regina.ribeiro@unimontes.br

Silvânio Rodrigues dos Santos

Universidade Estadual de Montes Claros
Silvânio.santos@unimontes.br

Renato Martins Alves

Universidade Estadual de Montes Claros
renatoma@outlook.com.br

Carlos Augusto Rodrigues Matrangolo

Universidade Estadual de Montes Claros
Carlos.matrangolo@unimontes.br

Adelica Aparecida Xavier

Universidade Estadual de Montes Claros
Adelica.xavier@unimontes.br

Isabelle Carolyne Cardoso Batista

Universidade Estadual de Montes Claros
isabelle.cardoso@yahoo.com.br

Edson Hiydu Mizobutsi

Universidade Estadual de Montes Claros
edson.mizobutsi@unimontes.br

ASSOCIAÇÃO DE *Bacillus subtilis* 34 E CONDICIONADOR DE SOLO NA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE QUIABEIRO

RESUMO

Em regiões áridas e semiáridas, as distribuições espaciais e temporais dos recursos hídricos não são uniformes. Em função desse aspecto e, principalmente, quando associado a temperaturas elevadas o crescimento e a produção de hortaliças são afetados. Assim, melhorar a eficiência do uso da água é uma questão urgente para o cultivo em regiões com as características mencionadas. O uso de hidrorretentores à base de celulose associado às rizobactérias promotoras de crescimento podem induzir a tolerância das plantas ao déficit hídrico e promover crescimento de plantas. Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação conjunta de *B. subtilis*-34 e polímero hidrorretentor na promoção de crescimento do quiabeiro. *B. subtilis*-34 foi cultivado em meio arroz com e sem hidrorretentor. O ensaio em casa de vegetação foi montado em DBC com quatro tratamentos (*B. subtilis*-34 + hidrorretentor, *B. subtilis*-34 e hidrorretentor e testemunha) e oito repetições. Não houve diferença entre o crescimento de *B. subtilis*-34 no meio arroz com e sem hidrorretentor ($p>0,05$). Todas as variáveis analisadas foram maiores nas plantas que receberam *B. subtilis*-34+hidrorretentor ($p<0,05$). A aplicação conjunta de *B. subtilis*-34+hidrorretentor promove maior desenvolvimento do quiabeiro.

Palavras-chave: Polímero hidrorretentor. Rizobactéria. Sustentabilidade.

ASSOCIATION OF *Bacillus subtilis*-34 AND SOIL CONDITIONER IN PROMOTING OKRA GROWTH

ABSTRACT

In arid and semi-arid regions, the spatial and temporal distributions of water resources are not uniform. Due to this aspect and, mainly, when associated with high temperatures, the growth and production of vegetables are affected. Thus, improving water use efficiency is an urgent issue for crops in regions with the aforementioned characteristics. The use of cellulose-based water retainers associated with growth-promoting rhizobacteria can induce plant tolerance to water deficit and promote plant growth. The objective was to evaluate the effect of joint application of *B. subtilis*-34 and water retainer polymer in promoting okra growth. *B. subtilis*-34 was cultivated in rice medium with and without water retainer polymer. The test in a greenhouse was set up in DBC with four treatments (*B. subtilis*-34 + water retainer polymer, *B. subtilis*-34 only, water retainer polymer only and control) and eight replications. There was no difference between the growth of *B. subtilis*-34 in rice medium with and without water retainer ($p>0.05$). All analyzed variables were higher in plants that received *B. subtilis*-34+water retainer ($p<0.05$). The joint application of *B. subtilis*-34+water retainer

promotes greater okra development.

Keywords: Rhizobacteria. Sustainability. Water retainers polymer

1. INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*), planta de cultivo anual, está entre as olerícolas mais cultivadas em regiões áridas e semiáridas no mundo (ADEKYA et al., 2019). Essas regiões são caracterizadas por distribuição irregular de chuvas e solos pouco férteis (MEDEIROS et al., 2018; QUEIROZ et al., 2018). Apesar de ser cultivado em regiões áridas e semiáridas, o quiabeiro é uma planta exigente em água e nutrientes (NANA et al., 2019). No Brasil, o quiabo é cultivado em 43.631 propriedades rurais (IBGE, 2017), com produtividade média de 17,5 t ha⁻¹.

O cultivo de quiabo no Brasil é realizado por pequenos produtores que não dispõem de recursos para suprir a demanda de irrigação e adubações (KAMGA et al., 2016). Algumas alternativas, como utilização de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas e a utilização de hidrorretentores que possam reter a máxima quantidade de água, têm sido estudadas e demonstrado bons resultados (ZOMERFELD et al., 2021).

As rizobactérias são bactérias associadas à raiz e formam relações simbióticas com as plantas. Elas influenciam as características do solo e têm um papel vital na conversão de terras áridas e de baixa qualidade em terras cultiváveis e férteis (GOUDA et al., 2018). A introdução das rizobactérias melhora o crescimento das plantas devido ao aumento da quantidade de raízes secundárias o que proporciona maior absorção de água e de nutrientes (LIU et al., 2018).

Dentre as rizobactérias mais estudadas destaca-se *Bacillus subtilis* (KOUA et al., 2020) por apresentar vários mecanismos de promoção de crescimento de plantas e por produzirem endósporos o que a torna desejável para a produção de formulações. Lopes et al. (2019a, 2019b) observaram que a aplicação de *B. subtilis* isolado 34 promoveu incrementos na matéria fresca e seca de parte aérea e raízes de plantas de tomate e no crescimento de plantas de alface.

Existem hidrorretentores de diversos materiais, dentre eles o de celulose, que possui vantagens como alta capacidade de retenção de água, baixo custo e biodegradabilidade (RANGANATHAN et al., 2019). Esses polímeros trazem vantagens de grande importância, como a obtenção de maior eficiência no uso da água, maior capacidade de troca catiônica e melhoria das propriedades físicas do solo (THOMBARE et al., 2018). O uso de hidrorretentor aumenta a capacidade do solo de reter água, resultando em maior crescimento da planta e no atraso até o ponto de murcha no estresse hídrico (AHMED et al., 2016)

Os hidrorretentores criam extensões para a rizosfera natural e mantém aporte de água ao longo do tempo o que leva a um aumento da multiplicação de rizobactérias e aumento da área de colonização destes microrganismos benéficos (KURREY et al., 2018). A aplicação de rizobactérias que favoreçam a disponibilização de nutrientes para as plantas aliada ao uso de hidrorretentores que possam aumentar a eficiência do uso da água é uma alternativa

ambientalmente sustentável (MATHES et al., 2020).

Até o momento não existem pesquisas sobre o efeito da associação entre rizobactérias e hidrorretentores no crescimento de plantas de quiabeiro. Diante do exposto objetivou-se, com o estudo, avaliar o efeito da aplicação conjunta de rizobactéria e hidrorretentor na promoção de crescimento de quiabeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Viabilidade do isolado 34 de *Bacillus subtilis* cultivado em meio com hidrorretentor

A rizobactéria promotora de crescimento utilizada foi *B. subtilis* isolado 34 proveniente da Bacterioteca do Laboratório de Fitopatologia / Nematologia e Microbiologia da Unimontes. Para verificar o efeito do hidrorretentor sobre desenvolvimento bacteriano foi realizado teste in vitro. Um volume de 100 µL da suspensão bacteriana armazenada em solução salina em temperatura ambiente foi transferido para erlenmeyers de 200 mL contendo 50 mL do meio arroz (185 gramas de arroz, 185 g $C_{12}H_{22}O_{11}$, 55,5 g de NaCl e 49,29 g KH_2PO_4 $litro^{-1}$) (LOPES et al., 2019b), com e sem adição do hidrorretentor Polyter® (0, 25 g $50mL^{-1}$).

Os erlenmeyers contendo os tratamentos foram acondicionados em agitador orbital a 220 rpm a 28°C por 32 horas. Em seguida, o tratamento hidrorretentor + bactéria foi submetido a banho de ultrassom (40 kHz- Aparelho Unique- USC - 1400 / Família USC- 1400A / USC-1450A) por 20 minutos. Logo após realizou-se a diluição em série de 10^{-1} a 10^{-5} . Um volume de 100 microlitros da diluição 10^{-5} foi colocado em placa de Petri contendo meio TSA

(Trypic, Soy e Ágar) e espalhado com alça de Drigalski. As placas foram acondicionadas a 28°C por 22 horas quando se realizou a contagem do número de unidades formadoras de colônia (UFC).

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos e 12 repetições. As médias foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas no software R versão 3.5.

Promoção de crescimento de mudas de quiabeiro por *Bacillus subtilis* isolado 34 e hidrorretentor

As sementes de quiabeiro ‘Santa Cruz’ foram semeadas em bandejas de plástico contendo 60 células com substrato Bioplant®, cada uma contendo um volume de 12,5 cm^3 . Após 15 dias, as plântulas foram transplantadas para vasos de 3 dm^3 contendo substrato Bioplant® e 50 gramas de hidrorretentor Polyter® hidratado. Para a hidratação adicionou-se a 5 gramas de hidrorretentor em 1 litro de água. Após 24 horas o hidrorretentor absorveu o máximo de água conforme ensaios prévios.

Para o cultivo de *B. subtilis* isolado 34, um volume de 100 µL da suspensão bacteriana armazenada em solução salina em temperatura ambiente foi transferido para erlenmeyers de 200 mililitros contendo 50 mL do meio arroz (LOPES et al., 2019). Os erlenmeyers foram mantidos em agitação constante (220 rpm) em agitador orbital a 28°C por 32 horas a fim de atingir $6,14 \times 10^8$ UFC/mL (LOPES et al., 2019b).

Após sete dias do transplântio, as mudas de quiabeiro receberam 150 mL da suspensão

bacteriana cultivada em meio arroz, divididas em três aplicações de 50 mL (aos sete, nove e onze dias). O tratamento testemunha recebeu 50 mL de água destilada aos sete, nove e onze dias. As plantas foram irrigadas diariamente e a cada sete dias foram adubadas com nitrogênio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ - 15% de N) e potássio (K_2SO_4 - 51% de K). A adubação com fósforo (Superfósforo Simples - 18% de P_2O_5) foi realizada no momento do transplântio das mudas.

Sessenta dias após o transplântio avaliou-se: número de folhas, área foliar, altura, diâmetro, índice SPAD, volume radicular, área radicular, diâmetro radicular e massa seca de parte aérea e raiz. Determinou-se a área foliar com auxílio de uma régua milimétrica (Faber Castell®), mediu-se comprimento e largura da terceira folha do quiabeiro x um fator de correção (0,63) (Oliveira et al., 2014). A altura foi avaliada com auxílio de uma fita métrica (Stanley®). Obteve-se o diâmetro das plantas com auxílio de paquímetro digital (Leetools®).

O teor relativo de clorofila foi determinado com auxílio de medidor portátil de clorofila (SPAD-502 Minolta®) pela média de três repetições. O volume, área e diâmetro de raiz foram obtidos por meio de análises fotográficas (Sony® Cyber-Shot DSC-W830 HD 20,1 MP) pelo software Safira. A obtenção da massa seca de parte aérea e de raiz foi obtida em balança de precisão após as partes vegetais permanecerem em estufa de circulação forçada 65 °C até peso constante.

O experimento foi montado em blocos casualizados com quatro tratamentos e oito repetições, totalizando 32 unidades amostrais. Os tratamentos consistiram de: *B. subtilis*-34 + hidrorretentor, *B. subtilis*-34, hidrorretentor e

testemunha (sem hidrorretentor e sem rizobactéria). Os dados foram submetidos aos pressupostos da análise de variância pelo teste de Bartlett (1937) e Shapiro e Wilk (1965) a 5% de significância. Os dados com distribuição normal e variâncias homogêneas foram submetidos a análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. As análises foram realizadas pelo software R versão 3.5.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa no crescimento de *B. subtilis*-34 no meio arroz com ou sem hidrorretentor ($p>0,05$) (Tabela 1).

Todas as variáveis vegetativas analisadas foram influenciadas pelos tratamentos ($p<0,05$). A aplicação conjunta da bactéria + hidrorretentor promoveu aumento do número de folhas em 48,87% em relação à testemunha. Todos os tratamentos promoveram aumento na área foliar, com exceção do tratamento testemunha. A bactéria + hidrorretentor, bactéria e hidrorretentor isoladamente proporcionaram incrementos de 234,53%; 161,20% e 131,06% em relação à testemunha, respectivamente (Tabela 2).

Com relação à altura de plantas, o tratamento que proporcionou maior incremento em relação à testemunha foi bactéria + hidrorretentor (107,44%). Todos os tratamentos, com exceção do tratamento testemunha, aumentaram o diâmetro do caule em relação à testemunha, sendo que a aplicação conjunta de bactéria + hidrorretentor proporcionou incremento no diâmetro em 86,92% (Tabela 2).

A aplicação de bactéria + hidrorretentor promoveu aumento na matéria seca de parte aérea e no teor relativo de clorofila, com incrementos de 109,41% e 35,01%, respectivamente. Com relação à matéria seca de raiz, os tratamentos bactéria + hidrorretentor e bactéria promoveram aumento significativo de 154,41% e 151,02%, respectivamente (Tabela 2).

O volume das raízes das plantas de quiabeiro foi maior no tratamento bactéria + hidrorretentor (418,18%) e nas plantas que receberam somente a bactéria (318,18%) (Tabela 2) (Figura 1). A área superficial foi maior nas plantas inoculadas com bactéria + hidrorretentor (357,66%) em relação à testemunha.

A porcentagem de raízes finas foi maior nas plantas que receberam bactéria + hidrorretentor e menor no tratamento testemunha (Figura 2). Pode-se verificar que a menor variação de raízes finas foi encontrada nas plantas que receberam apenas a bactéria. As raízes finas colaboraram com 52,70% do sistema radicular. A maior porcentagem de raízes médias foi encontrada nas plantas que receberam bactéria + hidrorretentor (Figura 2). O tratamento testemunha apresentou maior quantidade de raízes grossas (52%).

No presente trabalho, o hidrorretentor à base de celulose utilizado no meio de cultura não afetou o crescimento de *B. subtilis*-34, uma vez que o número de UFCs foi igual nos tratamentos com ou sem adição do hidrorretentor ao meio. Os resultados obtidos neste estudo (associação de hidrorretentor à base de celulose e *B. subtilis*) são inéditos e abrem um novo caminho na área de desenvolvimento de produtos.

Em pesquisa relacionada a tratamento de efluentes municipais, o uso de hidrogéis à base

de álcool polivinílico reticulado com glutaraldeído foi compatível com a multiplicação de *Bacillus pseudomyoides* (Mehrotra et al., 2020). Na área médica, onde existem problemas de contaminação com bactérias em catéteres intravasculares, Kolewe et al. (2015) demonstraram que o nível de rigidez de hidrogéis à base de polietileno glicol dimetracrilato afeta a fixação de bactérias, sendo que os mais rígidos são menos favoráveis à fixação de *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*.

Considerando todas as variáveis agronômicas avaliadas verificou-se que as plantas de quiabeiro se desenvolveram melhor quando cultivadas em ambiente onde foram aplicados a bactéria + hidrorretentor (Tabelas 2, e 3 e figura 1). Pode-se sugerir que a presença do hidrorretentor proporcionou um microclima favorável para a planta e também para a rizobactéria, visto que o hidrorretentor após hidratado libera água parceladamente o que promove aumento do volume radicular e maior liberação de exsudatos que contribuíram para a multiplicação bacteriana. O maior desenvolvimento das plantas cultivadas em ambiente com hidrorretentor + bactéria provavelmente ocorreu devido ao maior desenvolvimento do sistema radicular evidenciado pelas variáveis volume e área superficial das raízes.

De acordo com Anghinoni e Meurer (1999), a aquisição de nutrientes pelas plantas no solo ocorre através do crescimento das raízes e por suas ramificações, e a quantidade absorvida é determinada pela área superficial total de raízes. Raízes mais longas e mais finas, para a mesma massa (mesmo consumo metabólico), resultam em maior área superficial e, consequentemente,

mais aptas em absorver nutrientes, especialmente os pouco móveis no solo, como o fósforo. A bactéria avaliada neste trabalho, *Bacillus subtilis* isolado 34, já se mostrou eficiente na promoção de crescimento de olerícolas, feijoeiro e bananeira (LOPES et al., 2019a; LOPES et al., 2019b; SANTOS et al., 2019; LOPES et al., 2018).

A maioria dos estudos que empregam rizobactérias e hidrorretentores são conduzidos separadamente (BASYONY et al., 2018) e negligenciam os potenciais efeitos sinérgicos da aplicação de ambas as técnicas. A interação entre o agente promotor de crescimento e o condicionador de solo melhorou significativamente o desenvolvimento do quiabeiro em condições controladas em casa-de-vegetação. Entretanto, até o momento não se investigou o potencial de coinoculação de ambos os materiais no contexto da produção agrícola em áreas afetadas pela escassez de água na região norte de Minas Gerais. Otimizar o uso de bioinoculantes requer quantificar o efeito isolado do microrganismo, mas também seus efeitos cooperativos (MOREIRA et al., 2020), como por exemplo a união com hidrorretentores.

Em relação à espécie de rizobactéria utilizada no presente estudo, *B. subtilis*, inúmeros estudos mostram o grande potencial de uso da mesma na promoção do crescimento, facilitando a aquisição de recursos pelas plantas e modulando os níveis de hormônios vegetais (TRIVEDI et al., 2020). Melhora também a absorção de macronutrientes como nitrogênio (AINI et al., 2019), potássio (RAMAKRISHNA et al., 2019) e fósforo (KALAYU, 2019) e micronutrientes (HE et al., 2019). Sabe-se que plantas mais bem nutridas se desenvolvem mais

do que plantas menos nutridas (VERMA; MISHRA; ARORA, 2019).

Em nosso estudo observamos importantes efeitos da associação entre a rizobactéria e o hidrorretentor no sistema radicular, como volume, área superficial radicular e porcentagem de raízes finas. As raízes liberam constantemente exsudados que promovem maior atividade dos microrganismos como *B. subtilis* e funcionam como agente agregador das partículas do solo. Um sistema radicular robusto promoverá maior desenvolvimento das plantas de quiabeiro. Nem todas as partes das raízes são eficientes na absorção de nutrientes. A zona de maior absorção de íons é a zona pilífera, a qual só está presente em raízes novas (finas). Células desta zona já se expandiram, mas ainda não possuem crescimento secundário, tendo, portanto, maior absorção de solutos. A porcentagem de raízes finas foi maior nas plantas que receberam a bactéria, bactéria + hidrorretentor ou somente hidrorretentor. Isso explica o maior desenvolvimento das plantas de quiabeiro nessas condições.

Outra questão relevante é que a velocidade de difusão dos elementos no solo tende a diminuir exponencialmente com o aumento da distância entre estes e o ponto de absorção. Desse modo, os elementos próximos das raízes se difundem até elas, mas não são repostos pelos que estão distantes, entrando em depleção. Portanto, para uma boa absorção de nutrientes é necessário que o vegetal tenha crescimento radicular contínuo. A contínua formação de raízes garante raízes novas (absorventes) que alcançam áreas do solo onde o nutriente difundido ainda não entrou em depleção. É importante salientar que este é o

primeiro trabalho a demonstrar a eficiência da *Bacillus subtilis* no cultivo de quiabeiro. aplicação conjunta de hidrorretentores e *Bacillus*

Tabela 1 –Número de Unidades Formadoras de Colônia (UFCs) de *Bacillus subtilis*-34 em meio arroz com e sem a presença do hidrorretentor Polyter®.

Tratamento	Unidades Formadoras de Colônia	Desvio Padrão
Meio arroz com hidrorretentor	1,97x10 ⁹ a	±8,31
Meio arroz sem hidrorretentor	2,03x10 ⁹ a	±9,89
Coeficiente de Variação (%)	10,99	

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre a 5% de significância pelo teste F.

Tabela 2. Número de folhas (NF), área foliar (AF), altura das plantas (AP), diâmetro do caule (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA), teor relativo de clorofila, massa seca de raiz (MSR), volume (V) (cm³) e área superficial (AS) (cm²) de plantas de quiabeiro (*A. esculentus*) em função da aplicação de rizobactéria e hidrorretentor ao solo.

Tratamento	NF	AF (cm ²)	AP (cm)	DC (mm)	MSPA (g)	SPAD	MSR (g)	V (cm ³)	AS (cm ²)
<i>B.subtilis</i> -34+ hidrorretentor	7,25a	391,11a	136,12a	13,01a	44,50a	41,65a	18,75a	2,28a	28,97a
<i>B. subtilis</i> -34	7,25a	305,37a	112,00ab	9,99ab	32,37ab	35,39b	18,50a	1,84a	22,66ab
Hidrorretentor	6,12ab	271,25b	101,37b	9,93ab	26,62ab	32,84b	12,87ab	0,82b	9,79b
Testemunha	4,87b	116,96c	65,62b	6,96c	21,25b	30,85b	7,37b	0,44b	6,33b
Coeficiente de variação (%)	19,14	25,60	19,31	24,43	24,84	10,18	33,97	16,18	29,20

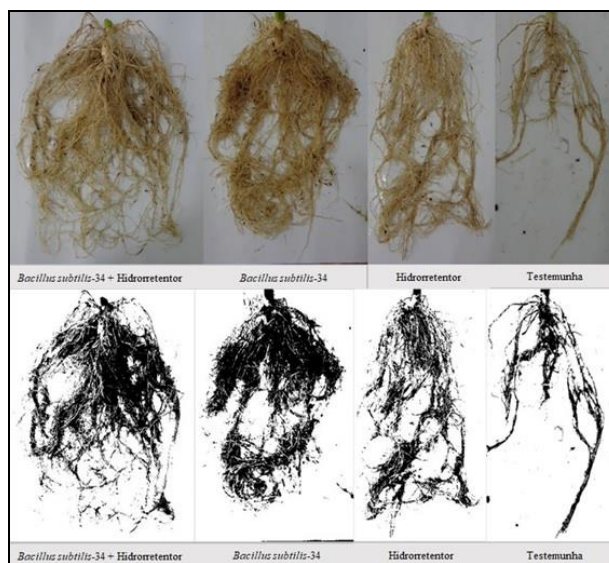
Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Porcentagem de raízes finas, médias e grossas de quiabeiros (*A. esculentus*) submetidos a aplicação de rizobactéria e hidrorretentor ao solo.

Tratamento	% Raízes finas	% Raízes médias	% Raízes grossas
<i>B. subtilis</i> -34+ hidrorretentor	52,70a	42,73a	4,56a
<i>B. subtilis</i> -34	37,49ab	48,52a	11,10a
Hidrorretentor	26,00ab	53,04a	22,18a
Testemunha	20,29b	26,02b	52,43b
Coeficiente de variação (%)	20,40	19,80	21,43

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Figura 1 – Raízes de quiabeiros (*A. esculentus*) submetidos a aplicação de rizobactéria e hidrorretentor ao solo.



4. CONCLUSÕES

A presença do hidrorretentor não afeta o crescimento bacteriano de *B. subtilis*- 34 in vitro.

A aplicação conjunta de hidrorretentor e rizobactéria promove maior desenvolvimento do quiabeiro.

5. AGRADECIMENTOS (opcional)

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - código de financiamento 001; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão de bolsas de pós-graduação e iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- ADEKIYA, A. O.; AGBEDE, T. M.; ABOYEJI, C. M.; DUSIN, O.; UGBE, J.O. Green manures and NPK fertilizer effects on soil properties, growth, yield, mineral and vitamin C composition of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, p.218-223, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2017.05.005>.
- AHMED, E. M.; ZAHARAN, M. A. H., AGGOR, F. S.; ELHADY, S. A. A.; NADA, S.S. Synthesis and swelling characterization of carboxymethyl cellulose - g- poly (acrylic acid- co -acrylamide) hydrogel and their application in agricultural field. **International Journal of Chem Tech Research**, v.9, n.8 p. 270-281, 2016.
- AINI, N.; YAMIKA, W.; ULUM, B. Effect of nutrient concentration, PGPR and AMF on plant growth, yield and nutrient uptake of hydroponic lettuce. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 21, p. 175-183, 2019. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0879>.
- ANGHINONI, I.; MEURER, E.J. Eficiência de absorção de nutrientes pelas raízes. In: Workshop Sobre Sistema Radicular: Metodologias e Estudo de Casos, 1999, Aracajú. Anais... Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. P.57-87.
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Statistical Society**, v.60, p.268-282, 1937.
- BASYONY, A. G.; ABO-ZAID, G.A. Biocontrol of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, using an eco-friendly formulation from *Bacillus subtilis*, lab and greenhouse studies. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v28, n.87, p.1-13, 2018. <https://doi.org/10.1186/s41938-018-0094-4>.
- FAOSTAT. Crops and livestock products, okra. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>>. Acesso em 22 de maio de 2022.
- GOUDA, S.; KERRY, R. G.; SAMAL, D.; MAHAPATRA, G. P.; DAS, G.; PATRA, J. K. Application of plant growth promoting rhizobacteria in agriculture. In: Kumar, P. D.; Patra, J. K.; Chandra, P. **Advances in Microbial Biotechnology**. Apple Academic Press, 2018. p. 73-86.
- HE, Y.; PANTIGOSO, H. A.; WU, Z.; VIVANCO, J. M. Co-inoculation of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas putida* at different development stages acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of tomato. **Journal of Applied Microbiology**, v. 127, n. 1, p. 196-207, 2019. <https://doi.org/10.1111/jam.14273>.
- IBGE. 2017. Censo agropecuário: Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619#resultado>>. Acesso em: 26 setembro de 2022.
- KALAYU, G. Phosphate solubilizing microorganisms: Promising approach as biofertilizers. **International Journal of Agronomy**, v.10, n.3, p.1-12, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4917256>.
- KAMGA, R. T.; SOME, S.; TENKOUANO, A.; ISSAKA, Y. B.; NDOYE, O. Assessment of traditional african vegetable production in burkina faso. **Journal of Agricultural Extension and Rural Development**, v. 8, n.8, p. 141-150, 2016. <http://dx.doi.org/10.5897/JAERD2016.0788>.
- KOLEWE, K. W.; PEYTON, S. R.; SHIFFMAN, J. D. Fewer bacteria adhere to softer hydrogels. **ACS Applied Materials & Interfaces**, v. 10, n.4, p.10-17, 2015. <http://dx.doi.org/10.1021/acsami.5b04269>.
- KOUA, S. H.; NGOLO, D. C.; ALLOUE-BORAUD, W. M.; KONAN, F.; DJE, K. M. *Bacillus subtilis* strains isolated from cocoa trees (*Theobroma cacao* L.) rhizosphere for their use as potential plant growth promoting rhizobacteria in côte d'ivoire. **Current Microbiology**, v.77, n.9, p.2258-2264, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00284-020-02027-x>.
- KURREY, D.; SINGH, R. K.; RAJPUT, R. S. Effect of Hydrogel and *Trichoderma* on root growth and water productivity in rice varieties under rainfed conditions. **Research Journal of Agricultural Sciences**, v.9, p.210-212, 2018.

- LIU, K.; MCINROY, J. A.; HU, C. H. KLOEPPER, J. W. Mixtures of plant-growth-promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple plant diseases and plant-growth promotion in the presence of pathogens. **Plant Disease**, v. 102, n.1, p.67-72, 2018. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-04-17-0478-RE>.
- LOPES, P.S.; RIBEIRO, R. C. F.; XAVIER, A. A.; ROCHA, L. DE. S.; MIZOBUTSI, E. H. Determination of the treatment period of banana seedlings with rhizobacteria in the control of *Meloidogyne javanica*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.40, n.4, p.e-423, 2018.
- LOPES, E. P.; RIBEIRO, R. C. F.; XAVIER, A. A.; ALVES, R. M.; CASTRO, M. T. DE.; MARTINS, M. J.; ALMEIDA, L. G. DE.; MIZOBUTSI, E. H.; SANTOS NETO, J. A. DOS. Effect of *Bacillus subtilis* on *Meloidogyne javanica* and on tomato growth promotion. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 35, n.1, p. 1-8, 2019a <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v35i130197>.
- LOPES, E. P.; RIBEIRO, R. C. F.; XAVIER, A. A.; ALVES, R. M.; CASTRO, M. T. DE.; MARTINS, M. J.; ALMEIDA, L. G. DE.; MIZOBUTSI, E. H.; SANTOS NETO, J. A. DOS. Liquid *Bacillus subtilis* formulation in rice for the control of *Meloidogyne javanica* and lettuce improvement. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 36, n.1, p. 19, 2019b. <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v36i130226>.
- MATHES, F.; MURUGARAJ, P.; BOUGOURE, J.; PHAM, V. T. H.; TROUNG, V. K.; SEUFERT, M.; WISSEMEIER, A. H.; MAINWARING, D. E.; MURPHY, D. V. Engineering rhizobacterial community resilience with mannose nanofibril hydrogels towards maintaining grain production under drying climate stress. **Soil Biology and Biochemistry**, v.142, p.107715, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107715>.
- MEDEIROS, A. DE. S.; QUEIROZ, M. M. F. DE.; ARAUJO NETO, R. A. DE.; COSTA, P. DA. S.; CAMPOS, A. C.; FERAZ, R. L. DE. S.; MAGALHÃES, I. D.; MAIA JUNIOR, S. DE. O.; MELO, L. D. F. DE. A.; GONZAGA, G. B. M. Yield of the okra submitted to nitrogen rates and wastewater in northeast brazilian semiarid region. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 4, p.409-416, 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n4p409>.
- MEHROTRA, T.; ZAMAN, M. N.; PRASAD, B. B.; SHUKLA, A.; AGGARWAL, S.; SINGH, R. Rapid immobilization of viable *Bacillus pseudomycoloides* in polyvinyl alcohol/glutaraldehyde hydrogel for biological treatment of municipal wastewater. **Environmental Science and Pollution Research**, v.27, n.9, p.9167-9180, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07296-z>.
- MOREIRA, H.; PEREIRA, S. I. A.; VEGAL, A.; CASTRO, P. M. L.; MARQUES, A. P. G. O. Synergistic effects of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting bacteria benefit maize growth under increasing soil salinity. **Journal of Environmental Management**, v. 257, p. 109982, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109982>.
- NANA, R.; MAIGA, Y.; OUEDRAOGO, R. F.; KABORE, W. G. B.; BADIÉL, B.; TAMINI, Z. Effect of water quality on the germination of okra (*Abelmoschus esculentus*) seeds. **International Journal of Agronomy**, v.10, n.3, p.1-8, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4938349>.
- OLIVEIRA, S. P.; MELO, E. N. DE.; MELO, D. R. M. DE.; COSTA, F. X.; MESQUITA, A. F. DE. Formação de mudas de quiabeiro com diferentes substratos orgânicos e biofertilizante. **NUPEAT**, v.4, n.2, p. 219-235, 2014. <https://doi.org/10.5216/teri.v4i2.35280>.
- R CORE TEAM (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RAMAKRISHNA, W.; YADAV, R.; LI, K. Plant growth promoting bacteria in agriculture: Two sides of a coin. **Applied Soil Ecology**, v. 138, p. 10-18, 2019
- RANGANATHAN, N.; MUGESHWARAN, A.; BENSINGH, J. R.; KADER, A.; NAYAK, M. S. K. (2019). Biopolymeric scaffolds for tissue engineering application. In: PAUL, S. (Ed.) - Biomedical Engineering and its Applications in Healthcare. Springer, Singapore. p. 249-274.
- SANTOS, B. H. C. DOS.; RIBEIRO, R. C. F.; XAVIER, A.A.; SANTOS NETO, J. A.; MIZOBUTSI, E. H. Nitrogen fertilization and rhizobacteria in the control of *Meloidogyne javanica* in common bean plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n.1, 2019. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n1p430>.
- SENNA, A. M.; BOTARO, V. R. Biodegradable hydrogel derived from cellulose acetate and EDTA as a reduction substrate of leaching NPK compound fertilizer and water retention in soil. **Journal of Controlled Release**, v.260, p.194-201, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jconrel.2017.06.009>.
- SHAPIRO, A. S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v.52, n.3/4, p.591-611, 1965. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2333709>.
- THOMBARE, N.; MISHRA, S.; SIDDIQUIA, M. Z.; JHAB, U.; SINGHA, D.; MAHAJANC, G. R. Design and development of guar gum based novel, superabsorbent and moisture retaining hydrogels for agricultural applications. **Carbohydrate Polymers**, v.185, p.169-178, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.018>.

TRIVEDI, P.; LEACH, J. E.; TRINGE, S. G.; SA, T.; SINGH, B. K. Plant-microbiome interactions: from community assembly to plant health. **Nature Reviews Microbiology**, v.18 p. 607-621, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0412-1>.

VERMA, M.; MISHRA, J.; ARORA, N. K. Plant growth-promoting rhizobacteria: diversity and applications. In: Sobti, R. C.; Arora, N. K.; Kothari, R. (Ed). *Environmental biotechnology: For sustainable future*. Singapore: Springer, p. 129-173, 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7284-0_6.

ZOMERFELD, P. DOS. S.; LIMA, N. B.; BISCARO, G. A.; MOTOMIYA, A. V. DE. A.; BORELLI, A. B.; MELLO, K. DE. A. M.; PAGLIARINI, M. K. Radish cultivation with hydrogel doses combined with different water slides in drip irrigation system. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 4, p.e54810414394, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14394>.

Maria Josiane Martins

Graduada em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual de Montes Claros. Mestre e Doutora em Produção Vegetal no Semiárido pela Universidade Estadual de Montes Claros.

Regina Cássia Ferreira Ribeiro

Doutora em Fitopatologia pela Universidade Federal de Viçosa. Docente dos cursos de Agronomia e de Produção Vegetal no Semiárido da Universidade Estadual de Montes Claros.

Silvânio Rodrigues dos Santos

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Docente dos cursos de Agronomia e de Produção Vegetal no Semiárido da Universidade Estadual de Montes Claros.

Renato Martins Alves

Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual de Montes Claros. Mestre e Doutorando em Produção Vegetal no Semiárido pela Universidade Estadual de Montes Claros.

Carlos Augusto Rodrigues Matrangolo

Doutor em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa. Docente do curso de Agronomia da Universidade Estadual de Montes Claros.

Adelica Aparecida Xavier

Doutora em Fitopatologia pela Universidade Federal de Viçosa. Docente dos cursos de Agronomia e de Produção Vegetal no Semiárido da Universidade Estadual de Montes Claros.

Isabelle Carolyne Cardoso Batista

Graduada em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual de Montes Claros. Mestre e Doutoranda em Produção Vegetal no Semiárido pela Universidade Estadual de Montes Claros.

Edson Hiydu Mizobutsi

Doutor em Fitopatologia pela Universidade Federal de Viçosa. Docente dos cursos de Agronomia e de Produção Vegetal no Semiárido da Universidade Estadual de Montes Claros
