



COINOCULAÇÃO DE ALHO COM *Azospirillum brasilense* E *Pseudomonas fluorescens* EM CONDIÇÕES DE ADUBAÇÃO REDUZIDA

Rubi Marcelo de Souza¹ e Sonia Purin da Cruz^{1*}

¹ Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Curitibanos. Rodovia Ulisses Gaboardi, km3, s/n 89520-000, Fazenda Pessegueirinho Curitibanos/SC – Brasil

*Autor para correspondência: Sonia Purin da Cruz, s.purin@ufsc.br

RESUMO: a cultura do alho é altamente exigente em adubação, o que encarece o seu custo de produção, e a busca por alternativas que possibilitem manter índices produtivos a um menor custo e de maneira sustentável devem ser incentivadas. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da cultura do alho à coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* associada à redução da adubação com NPK. O experimento foi conduzido no município de Brunópolis – SC em um delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos, sendo T1: 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de inoculante; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ de inoculante; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ de inoculante. Foi avaliada a altura de plantas aos 20, 60 e 110 dias após o plantio, além da coleta de dados no período pré-cura para determinar diâmetro de bulbo, massa de plantas frescas, estatura, diâmetro de pseudocaule e número de folhas. No período pós-cura foram avaliados diâmetro de bulbo, número de bulbilhos, massa de bulbos, massa da parte aérea pós-cura e produtividade. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram separadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. A variável número de bulbilhos foi a que apresentou melhor resposta à coinoculação, com média de 6,5 bulbilho por bulbo ao utilizar-se 1,5L ha⁻¹ de inoculante e 75% NPK. As demais variáveis tiveram efeito da coinoculação. A inoculação apresenta potencial de melhorar características produtivas do alho e reduzir a adubação, mostrando-se uma metodologia importante para a agricultura sustentável.

PALAVRAS CHAVE: *Allium sativum*; Rizobactérias; Bactérias Diazotróficas

COINOCULATION OF GARLIC WITH *Azospirillum brasilense* AND *Pseudomonas fluorescens* IN DECREASED FERTILIZATION CONDITIONS

ABSTRACT: Garlic crop is highly demanding in terms of fertilization, which increases its production cost, and the search for alternatives that make it possible to maintain production rates at a lower cost and in a sustainable way must be sought. Thus, the objective of this work was to evaluate the response of the garlic crop to coinoculation with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* associated reduced fertilization. The experiment was conducted in Brunópolis - SC in a completely randomized block design with five treatments, where T1: 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0.5 L ha⁻¹ of inoculant; T4: 75% NPK + 1.0 L ha⁻¹ of inoculant; T5: 75% NPK + 1.5 L ha⁻¹ of inoculant. Plant height was evaluated at 20, 60 and 110 days, and data at pre-curing period were obtained to determine bulb diameter, fresh plant mass, height, pseudostem diameter and number of leaves. After curing, bulb diameter, number of cloves, bulb mass, shoot mass and yield were evaluated. Data were submitted to analysis of variance and means were separated by the Scott-Knott at a 5% probability of error. The variable number of cloves showed the best response to co-inoculation with an average of 6.5 cloves per bulb when using 1.5 L ha⁻¹ inoculant and 75% NPK. Other variables were not affected by co-inoculation. Based on the obtained results, further studies are recommended, given the importance of the culture in different regions of the country, in addition to the need for viable alternatives that make it possible to maintain yield with economy for garlic producers. Inoculation has potential to improve garlic yield features and decrease fertilization, as an important tool in sustainable agriculture.

KEYWORDS: *Allium sativum*; Rhizobacteria; Diazotrophic Bacteria.

Aceito para publicação em 21/03/2024

Publicado em 15/04/2024.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a área total cultivada no ano de 2020 foi de aproximadamente 12.223 hectares e gerou uma produção de 155.700 toneladas, com rendimento médio de 12.738 kg ha⁻¹ (IBGE, 2020). Devido à taxa de consumo de alho no país, a produção interna não é capaz de suprir a demanda do produto, sendo necessária a importação de outros países para atender o mercado. Porém, os preços praticados por países como a China fazem com que o alho importado chegue ao Brasil com preços inferiores aos praticados no mercado interno, dessa maneira, prejudicando a comercialização nacional, pois o produtor brasileiro não consegue competir com o produto importado. Desse modo, a busca por alternativas viáveis e sustentáveis, que possibilitem uma redução nos custos de produção e tornem a cultura economicamente viável para o produtor, é importante para que seja possível competir com o mercado externo (CONAB, 2021).

Entre as alternativas já empregadas em outras culturas como milho e soja, para potencializar a produção de maneira sustentável e com menor custo, está o uso dos microrganismos promotores de crescimento como *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* (Hungria, 2011; Sandini et al., 2019).

Entre os benefícios promovidos por *A. brasilense* estão a capacidade de realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN), que supre uma parte das necessidades de N das culturas e a síntese de fito-hormônios como auxinas, giberelinas e citocininas, proporcionando maior crescimento de raízes, o que possibilita melhor absorção de nutrientes e maior tolerância ao estresse hídrico, além de incremento na produção de biomassa da parte aérea (Hungria, 2011). Já em relação à inoculação alho com essa espécie de bactéria, apenas um trabalho é reportado, porém foi realizado na Itália. Domenico (2019) verificou um diâmetro de bulbo 23% maior no tratamento com aplicação de inoculante, e aproximadamente 48% a mais de massa de bulbos quando comparados com a testemunha. Também houve incremento de massa de raízes nas plantas inoculadas com *A. brasilense* representando cerca de 37% de incremento em relação ao tratamento controle.

Entre os benefícios proporcionados por *P. fluorescens* estão o controle biológico de alguns patógenos (Santos et al., 2010) e a capacidade de produção de substâncias capazes de solubilizar

fosfatos na forma não-lábil que estão presentes no solo (Oliveira et al., 2015), resultando em efeitos positivos de crescimento e produtividade. Nesse sentido, estudos com *P. fluorescens* têm sido realizados em diversas partes do mundo, tais como o de Elekhtyar (2015) em arroz. Os autores constataram ganhos de 70% de massa seca de raiz e 22% de biomassa da parte aérea com a inoculação. Sandini et al. (2019) avaliaram produtividade do milho em resposta a *P. fluorescens* e redução de 25% da adubação nitrogenada. Os resultados mostraram que a produtividade foi a mesma observada caso fosse utilizada 100% da adubação nitrogenada, o que confirma que as bactérias podem substituir uma parte significativa dos fertilizantes necessários. No caso do alho, entretanto, não são reportados registros literários com aplicação dessa espécie microbiana até o momento.

Dessa maneira, estudos no sentido de avaliar os efeitos dos microrganismos no alho também se justificam, devido a essa cultura ser altamente exigente em nutrientes como fósforo, tendo seu teor crítico até 1,7 vezes maior que o das culturas de grãos, o que exige alto investimento em adubação (SBCS, 2016). Uma estratégia para potencializar os efeitos de diferentes grupos microbianos é a coinoculação, combinando grupos microbianos com distintos mecanismos de promoção de crescimento (Hungria e Nogueira, 2014; Sandini et al., 2019). Dessa maneira é possível utilizar a inoculação com *A. brasilense* e seus benefícios relativos a FBN e síntese de fito-hormônios, e combiná-la com *P. fluorescens*, que possui a capacidade de solubilizar fosfatos. Como os fito-hormônios podem propiciar maior crescimento de raízes, aumentando a sua área de absorção de nutrientes, e a solubilização de fosfatos permite maior disponibilidade de P, que naturalmente possui baixa mobilidade de P no solo, a hipótese do presente estudo é que esta combinação otimizará a nutrição e desenvolvimento do alho. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar em condições de campo a resposta da cultura do alho à coinoculação com *A. brasilense* e *P. fluorescens* em diferentes doses de fertilizantes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no município de Brunópolis – SC (27°20'36" S e 50°46'19" O), e conduzido no ano de 2021. O local está situado a 809 m de altitude e o clima segundo a classificação

de Köppen é caracterizado como Cfb (temperado quente), com chuvas bem distribuídas, invernos rigorosos e verões brandos (Wrege et al., 2012). O solo é caracterizado como Nitossolo Bruno e possui entre suas características principais uma baixa fertilidade natural e potencial para apresentar elevadas quantidades de alumínio (EMBRAPA, 2004). A precipitação anual na região varia entre 1500 e 1700 mm (Pandolfo et al., 2002).

O experimento foi implantando em delineamento de blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos avaliados foram T1: Testemunha, com 100% da dose recomendada de NPK, T2: 75% NPK, T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de inoculante, T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ de inoculante, T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ de inoculante.

A adubação de base com NPK foi realizada no momento do plantio, e as doses foram definidas a partir da análise química do solo e seguindo as recomendações de SBCS (2016). Para a adubação de base com 100% de NPK, foram utilizados 750 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 03-27-15, 400 kg ha⁻¹ de K₂O e 150 kg ha⁻¹ de ureia. Nos tratamentos de T2 a T5 as quantidades foram reduzidas para 75% desses valores.

Quarenta dias antes do plantio do alho foi realizada uma aração seguida de gradagem. Canteiros de 23 x 1,10 m foram feitos com enxada rotativa e, após, foi aplicado fertilizante composto por NPK na superfície e incorporado numa camada de 20 cm com enxada rotativa. A adubação nitrogenada foi dividida em duas aplicações, sendo a primeira (50%) incorporada no momento do plantio, a segunda (50%) próximo aos 35 dias após o plantio.

O inoculante utilizado foi o produto comercial Biofree®, da empresa Biotrop, que contém em sua formulação as bactérias *A. brasilense* (estirpe AbV6) e *P. fluorescens* (estirpe CCTB03) (BIOTROP, 2021). Foram realizadas duas aplicações de inoculante, uma 15 dias após adubação de base e outra 15 dias após a adubação de cobertura. O volume de inoculante utilizado em cada tratamento foi misturado em água para formar uma calda considerando-se o volume de 150 L ha⁻¹. No tratamento 3, utilizou-se 0,5 litro de Biofree® diluído em 149,5 L de água. No tratamento 4, utilizou-se 1,0 litro de Biofree® diluído em 150,0 L de água. No tratamento 5, utilizou-se 1,5 litro de Biofree® diluído em 148,5 L de água. A calda foi

aplicada via pulverização com jato dirigido sobre cada linha de plantio.

Cada parcela teve um tamanho de 4,0 x 1,10 m. O espaçamento entre parcelas foi de 0,5 m, e o espaçamento entre blocos foi de 0,3 m. Cada canteiro foi formado por três linhas duplas, sendo que o espaço entre linhas simples de 15 cm. A distância entre bulbilhos na linha era de 12 cm, o que totalizou aproximadamente 200 plantas por parcela (455 mil por hectare).

Os bulbilhos utilizados para o experimento foram da cultivar ITO, com peso médio de 4 a 6g por bulbilho, selecionados em malha de 15x25mm. Esta cultivar possui entre algumas de suas características como a cor de bulbo branca, formato redondo e número de bulbilhos variando entre 7 a 10 por bulbo. É considerada uma cultivar com ciclo tardio, ou seja, igual ou superior a seis meses (Resende et al., 2015). Os bulbos que foram utilizados para o plantio foram provenientes de vernalização prévia de 30 dias a temperatura de 3 a 5° C. No dia anterior ao plantio, os bulbilhos foram submetidos a imersão para tratamento químico com por um tempo de aproximadamente quatro horas. Os produtos utilizados foram Vermitec (acaricida e inseticida), Orthocide e Metiltioflan (fungicidas).

Com auxílio de uma trena, a altura de cinco plantas aleatórias de cada parcela foi medida do solo até a folha mais comprida totalmente estendida aos 20, 60 e 110 dias após o plantio (DAP).

No final do ciclo de desenvolvimento (quando 2/3 das folhas apresentavam-se amarelas ou secas), foram coletados dados das plantas em pré-cura. Para tanto, foram colhidas 10 plantas de cada parcela para mensuração de diâmetro de bulbo, massa da planta fresca, diâmetro do pseudocaule e número total de folhas por planta. Em seguida, as plantas foram submetidas a um período de cura de 30 dias, e após se determinou o diâmetro de bulbo, massa de parte aérea e de bulbo, bem como número e massa de bulbilhos. Todas as plantas das quatro linhas internas, excluindo-se 0,5 m de bordadura de cada parcela, foram colhidas para determinação da produtividade.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (Pr<F_c=0,05), e caso observadas diferenças estatísticas, os tratamentos foram separados pelo teste de Scott-Knott (Pr<F_c=0,05). As análises de regressão foram feitas utilizando-se o software Excel. As análises

estatísticas foram conduzidas com auxílio do software SISVAR (Ferreira, 2010). Todos os procedimentos de análise de dados foram conduzidos segundo critérios do Ministério da Agricultura e Pecuária, que normatizam os testes de eficiência agrônômica de microrganismos promotores de crescimento (MAPA, 2011).

RESULTADOS

Não foram observadas diferenças de altura das plantas em nenhuma das coletas de dados (Tabela 1). Ao final do ciclo, diâmetro de bulbo e massa de plantas frescas não apresentaram diferenças entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 1. Altura (cm) de plantas de alho submetidas a tratamentos de inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* e diferentes doses de fertilizante. Brunópolis-SC, safra 2021. DAP = dias após o plantio.

	Coleta 1 (20 DAP)	Coleta 2 (60 DAP)	Coleta 3 (110 DAP)
Média geral (cm)	15,01	31,8	68,47
CV (%)	8,94	9,45	5,95
Pr<Fc	0,9829	0,5300	0,6086

Tabela 2. Diâmetro de bulbo e massa de plantas de alho frescas, submetidas a tratamentos de inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*. Brunópolis-SC, safra 2021.

	Diâmetro de bulbo (mm)	Massa de plantas frescas (g)
Média geral	38,89	53,13
CV (%)	4,54	12,16
Pr<Fc	0,5775	0,2508

O diâmetro do pseudocaule foi maior nos tratamentos 1 (100%NPK) e 2 (75%NPK), com 12,82 e 12,22 mm respectivamente (Tabela 3). O tratamento com 100% NPK proporcionou maior número de folhas (6,22 folhas por planta), enquanto que os

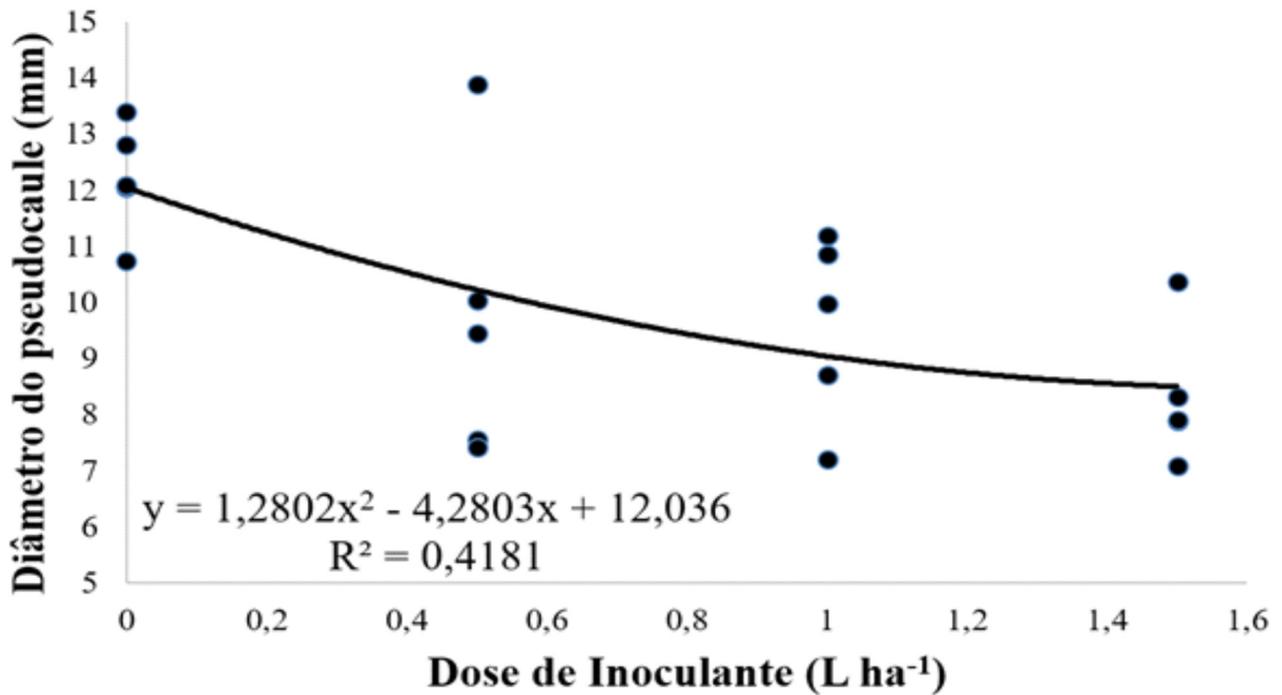
demaís tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 3). A variável de diâmetro do pseudocaule apresentou decréscimo de valores, conforme se aumentou a dose de inoculante aplicada (Figura 1).

Tabela 3. Diâmetro do pseudocaule e número de folhas de plantas de alho submetidas a tratamentos de inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* (Biofree®). Brunópolis-SC, safra 2021.

Tratamento	Diâmetro do pseudocaule (mm)	Número de folhas
T1	12,82 a2*	6,22 a2*
T2	12,22 a2	5,70 a1
T3	9,67 a1	5,60 a1
T4	9,58 a1	5,52 a1
T5	8,31 a1	5,32 a1
Média geral	10,52	5,67
CV (%)	11,59	7,34
Pr<Fc	0,0001	0,0385

*Valores seguidos pela mesma combinação de letras e números não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha com 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree®; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ Biofree®; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ Biofree®.

Figura 1. Análise de regressão para a variável diâmetro do pseudocaule de plantas de alho em função da dose de inoculante à base de *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*, em experimento conduzido em Brunópolis SC, na safra 2021.



Após o período de cura de 30 dias, o diâmetro e massa de bulbos, massa de parte aérea e produtividade não tiveram efeito dos tratamentos (Tabela 4). Por outro lado, o tratamento 5 (75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ de

inoculante) promoveu o menor número de bulbilhos, com média de 6,5 bulbilhos por bulbo (Tabela 5). Esse valor representa uma redução média de 14,47% quando comparado a T1.

Tabela 4. Diâmetro de bulbos, massa de bulbos, massa de parte aérea e produtividade de plantas de alho submetidas a tratamentos de inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*. Brunópolis-SC, safra 2021.

	Diâmetro de bulbos (mm)	Massa de bulbos (g)	Massa de parte aérea (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Média geral	38,34	20,93	2,33	7.297,28
CV%	5,32	11,27	20,64	10,33
Pr<Fc	0,5504	0,4271	0,1781	0,1526

Tabela 5. Número de bulbilhos de plantas de alho submetidas a tratamentos de inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* (Biofree®). Brunópolis-SC, safra 2021.

Tratamento	Número de bulbilhos
T1	7,6 a1*
T2	7,4 a1
T3	8,3 a1
T4	7,4 a1
T5	6,5 a2
Média geral	7,48
CV%	11,51
Pr<Fc	0,0608

*Valores seguidos pela mesma combinação de letras e números não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha com 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree®; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ Biofree®; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ Biofree®.

DISCUSSÃO

A utilização de microrganismos é uma prática que tem sido empregada com sucesso em diversas culturas, sendo inclusive incorporada nas práticas culturais do cultivo de soja, milho e pastagens (Hungria e Nogueira, 2017; Sandini et al. 2019; Vieira Neto et al., 2008). Assim, é de extrema importância pesquisar e conhecer de maneira mais aprofundada os efeitos que a utilização de microrganismos pode trazer para diferentes culturas, especialmente a do alho, que tem sido minimamente estudada em relação a esse tópico. Pouquíssimos trabalhos nesse sentido foram encontrados na literatura mundial, e isto reforça a importância e a necessidade de se realizar trabalhos para essa cultura.

Dentre as variáveis analisadas, o diâmetro de bulbo é um dos principais parâmetros econômicos, pois está relacionado diretamente à venda e ao lucro obtido pelo produtor. Desse modo, plantas que apresentem bulbos com maiores diâmetros são mais interessantes do ponto de vista comercial e econômico (Lucini, 2004). A lei N° 9.972 de 2000, estabelece a obrigatoriedade da classificação de hortaliças (Brasil, 2000) e de acordo com a Portaria N° 242 de 1992 o alho pode ser classificado de acordo com o diâmetro de bulbo (Brasil, 1992), com esta classificação abrangendo os números de 3 a 7. De modo geral, todos os tratamentos apresentaram médias que estão dentro dos padrões comerciais de produção, sendo o valor de 38 mm de diâmetro caracterizado como um alho de classificação 4 de acordo com a Portaria do MAPA (Brasil, 1992).

Para a variável diâmetro de bulbo não houve efeito dos tratamentos, tanto no período pré-cura como em pós-cura, com médias de 38,39 e 38,34 cm, respectivamente. No entanto, alguns trabalhos apontam incremento no diâmetro de bulbos com a utilização de MPCP. No trabalho de Shafeek et al. (2018), avaliando a inoculação de bactérias solubilizadoras de fosfatos na cultura do alho, os autores observaram que houve incremento de até 38% no diâmetro de bulbo nos tratamentos com plantas que receberam a inoculação, sendo observados valores de 24 mm para o controle e 38,7 mm de diâmetro médio para plantas inoculadas. Domenico (2019) avaliou o efeito de *A. brasilense* na cultura do alho e observou um ganho de 23% no diâmetro de bulbo no tratamento com plantas inoculadas em comparação com a testemunha.

A massa de plantas frescas não apresentou diferenças entre os tratamentos, porém, outros trabalhos encontrados na literatura, com a utilização de inoculação na cultura do alho, demonstraram resultados diferentes. Gouda e Mousa (2015) indicam um ganho de até 15% de massa em tratamentos com plantas que receberam inoculação com *Thiobacilli* quando comparados ao tratamento controle. Kumar e Sigh (2020) também apresentaram resultados neste sentido, com incremento de massa fresca de até 9% quando as plantas foram inoculadas com bactérias solubilizadoras de fosfato e fungos micorrízicos arbusculares.

Para o diâmetro do pseudocaule, as maiores médias foram observadas em tratamentos de plantas não inoculadas, independente da dose de adubação aplicada. Em concordância com os registros dessa pesquisa, Youssif et al. (2020) observaram menores diâmetros de pseudocaule em plantas com doses de adubação + inoculação com *Pseudomonas* sp., com diâmetros de até 13,5 mm, enquanto a média observada para a testemunha foi de 24,7 mm para esta variável.

Para o número de folhas ao final do ciclo da cultura, foram observadas diferenças estatísticas, em que o T1 foi superior em relação aos demais tratamentos. Resultados semelhantes foram observados por outros pesquisadores. Gouda e Mosa (2015) observaram que as plantas do tratamento testemunha apresentaram uma média de 9,58 folhas por plantas, e nas plantas que receberam inoculantes à base de *Thiobacilli*, as médias foram inferiores a 9,28 folhas por planta. Mounir et al. (2020) relataram que o número de folhas por planta na cultura do alho utilizando 100% da adubação potássica recomendada foi de 10,4 e em tratamentos com 50% da adubação + inoculação com *Bacillus*, o número de folhas caiu para de 9,47.

A massa de bulbos é outra característica importante para a comercialização, pois, agrega valor comercial e garante maior rendimento para os produtores (Resende et al., 2003). Dessa forma, maiores valores de massa de bulbos estão diretamente ligados à produtividade da cultura (Boeing e Seben, 1995). Apesar de alguns trabalhos apontarem para um ganho significativo de massa de bulbos com a utilização de alguns microrganismos dos gêneros *Bacillus* e *Azospirillum* (Mounir et al., 2015; Domenico, 2019), o presente trabalho não apresentou diferenças significativas para a variável de massa de bulbos no período de pós-cura.

O número de bulbilhos é uma característica importante para a cultura do alho, tanto pela preferência do consumidor, como pela seleção do alho para propagação comercial (alho-semente). Desse modo, alhos serão classificados no subgrupo nobre se apresentarem número inferior a 20 bulbilhos por bulbo de acordo com a Portaria N°242/92 (Brasil, 1992). Para o mercado consumidor, bulbos maiores e com menor número de bulbilhos são preferidos e tendem a ser comercializados por maiores valores (Resende, 1997).

Para a produção de alho-semente, os bulbilhos devem ser de boa procedência e sua qualidade e tamanho é fundamental para o plantio. Considerando que a utilização de sementes de alho para produção comercial é inviável, devido a limitações botânicas, a propagação vegetativa por bulbilhos é o método utilizado pelos produtores (Souza e Macedo, 2009). Os gastos com bulbilhos destinados ao plantio comercial podem representar cerca de 30% dos gastos de produção com a cultura. Assim, bulbilhos maiores terão maior acúmulo de reservas energéticas que servirão como uma das primeiras formas de nutrição das plantas que serão essenciais para emergência e estabelecimento da cultura (Resende et al., 1997; Resende et al., 2003; Resende et al., 2015).

No presente trabalho, foram observadas diferenças estatísticas positivas entre o T5 quando comparados aos demais tratamentos. Esta é uma característica interessante, tanto comercialmente, como visando o uso destes bulbilhos para propagação vegetativa. Nos resultados observados por Gouda e Mosa (2015) também foram constatadas diminuição no número de bulbilhos por bulbo nos tratamentos com plantas que receberam inoculação com *Thiobacilli* quando comparadas ao controle (14,73 e 16,22 bulbilhos, respectivamente).

O desenvolvimento fisiológico de bulbos e bulbilhos pode ter relação com a produção de fito-hormônios como a giberelina (Aung et al., 1969). Desse modo, alguns autores avaliaram os efeitos de giberelina na cultura do alho e constataram que houve aumento no número de bulbilhos com a aplicação deste fito-hormônio no bulbilho em pré-plantio ou pulverizado nas plantas em pós-plantio. Considerando que a giberelina pode atuar em processos fisiológicos que envolvam a formação, diferenciação, desenvolvimento e crescimento dos bulbilhos, a utilização de reguladores de crescimento ou práticas agrícolas poderiam apresentar efeitos

que interferissem nestes componentes fisiológicos da cultura (Takagi e Aoba, 1976). Considerando que entre os efeitos benéficos de *A. brasilense* para as culturas estão a síntese de fito-hormônios (Hungria, 2011) e que a formação e desenvolvimento dos bulbilhos do alho pode estar diretamente associado à ação de algumas destas substâncias, a inoculação pode ter favorecido a indução de um menor número de bulbilhos por bulbo no T5 pela disponibilização de fito-hormônios que possam estar relacionados com a menor indução na formação destas estruturas na planta. As giberelinas estimulam a expansão e divisão celular na região de caule e raízes e, portanto, é possível que desta maneira as plantas de alho tenham apresentado bulbilhos de maior volume e, como consequência, em menor número.

Para a variável produtividade, a média dos tratamentos avaliados foi de 7.297,28 kg ha⁻¹. A média geral de produtividade, no entanto, foi abaixo da média nacional de 12,2 ton ha⁻¹ e pouco abaixo da média para o estado de Santa Catarina na safra 20/21, que foi próxima a 7,7 ton ha⁻¹ (IBGE, 2020). Alguns trabalhos, no entanto, apontam ganhos de produtividade com a inoculação na cultura do alho. No trabalho de Youssif et al. (2020) comparando a testemunha com um tratamento com adição de 1.190 kg S ha⁻¹ + inoculação, a diferença de produtividade foi de 53% com rendimentos médios de 11,47 ton ha⁻¹ para a testemunha e 24,59 ton ha⁻¹ para o tratamento com plantas inoculadas com *Pseudomonas*. Bento et al. (2015) constataram que em tratamentos com e sem inoculação de bactérias solubilizadoras de fosfatos, foram observadas diferenças de produtividade com rendimentos médios de 4,3 ton ha⁻¹ em tratamentos com plantas que não receberam inoculantes e 5,65 ton ha⁻¹ nos tratamentos com plantas inoculadas. Das et al. (2020) observaram ganhos de produtividade de até 26,9% em tratamentos com adubação + inoculação quando comparadas a testemunha, sem adubação, e os valores médios foram de 7,12 e 5,2 ton ha⁻¹ respectivamente.

Diversos fatores podem estar relacionados com a ausência de respostas positivas do alho perante a inoculação com microrganismos promotores de crescimento. Um deles é o método de inoculação, que nesse caso ocorreu por inoculação sobre o solo, em pós-emergência. Quando o microrganismo é aplicado dessa maneira, ele não sofre com efeitos negativos do tratamento de bulbilhos com agroquímicos, o que é um ponto positivo. Porém, sua translocação para a

região rizosférica das plantas depende de condições adequadas de umidade do solo e irrigação. O método utilizado para inoculação é de extrema importância, pois pode influenciar distintamente no efeito das bactérias sobre o desenvolvimento das plantas (Lopes et al., 2021). Outros métodos, tais como inoculação do bulbilho, ou na água de irrigação (Lopes et al., 2021; Wang et al., 2020), já foram testados em outros países e podem ser também explorados no Brasil.

Outro fator que pode estar relacionado a falta de respostas frente a inoculação é a dose de adubação estudada, pois a redução da adubação em 25% não resultou em diferenças estatísticas na maioria das variáveis analisadas, quando comparadas a T1, onde foi aplicada 100% da dose. Desse modo, é possível que a redução da adubação não foi feita a um nível suficiente para proporcionar efeitos significativos de déficit destes minerais para a cultura, nem para avaliar possíveis diferenças que poderiam ter sido proporcionadas pela coinoculação.

Além disso, outras questões referentes ao inoculante em si podem estar ligadas a ausência da promoção de crescimento, tais como a baixa capacidade competitiva das bactérias frente à comunidade microbiana no solo, resultando em atividade reduzida (Kaminsky et al., 2019). Outra questão que pode afetar a atividade dos microrganismos é o uso de pesticidas na produção agrícola, pois muitas dessas substâncias são extremamente tóxicas para bactérias promotoras de crescimento vegetal (Santos et al., 2021). Como o alho é uma cultura que demanda aplicações frequentes de agroquímicos, é possível que certas substâncias aplicadas sejam prejudiciais para as bactérias e, conseqüentemente, os benefícios potenciais dos microrganismos para a cultura não sejam evidenciados.

A utilização de microrganismos em algumas culturas permite uma redução parcial ou total de certos nutrientes para as plantas. Na cultura da soja a adubação nitrogenada é totalmente eliminada com a aplicação de inoculantes (Hungria et al., 2001). Em gramíneas como o milho e o trigo, a utilização de *A. brasilense* permite reduzir a utilização de fertilizantes químicos em 25% em cobertura, proporcionando economia e possibilitando manter os mesmos índices produtivos quando comparados a aplicação somente de adubos (Hungria, 2011). Em relação ao alho, entretanto, ainda não se sabe qual seria a redução de adubação adequada para serem observados os

benefícios da inoculação, ao contrário do que já se observou em outras culturas de interesse agrônomo.

Devido a cultura do alho ser altamente exigente em adubação, o que demanda altos custos de produção e frente ao cenário de aumento nos preços de insumos e consciência na utilização de recursos, é de extrema importância trabalhos que busquem aproveitar o potencial produtivo do solo de modo que se utilizem os recursos disponíveis de maneira econômica e sustentável. A utilização de microrganismos tem se mostrado uma excelente alternativa para diversas culturas e o seu estudo em outras culturas deve ser estimulado, especialmente no caso do alho, que é altamente exigente em níveis de fertilidade. Dessa maneira, recomenda-se novos estudos com uma maior redução de adubação, associados a diferentes práticas de coinoculação para que seja possível compreender e confirmar os benefícios de microrganismos promotores de crescimento na produção de alho.

Desta forma, a utilização de *A. brasilense* e *P. fluorescens* na dose de 1,5 L ha⁻¹, associada a 75% da adubação NPK, promoveu menor número de bulbilhos, melhorando essa característica de interesse econômico. Apesar de outras variáveis não terem sido afetadas pela coinoculação, o presente trabalho sugere o potencial de uso dessa metodologia que deve ser explorada e adequada para confirmar os benefícios dos referidos microrganismos na cultura do alho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aung, L. H.; Hertogh, A. A.; Staby, G. L. Gibberellin like substances in bulb species. *Canadian Journal Botany*, 1969, 47, 1817-1819. Disponível em: <https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/b69-264>. Acesso em 10 de fevereiro de 2022.

Bento, R. U. Adubação fosfatada e inoculação com microrganismos solubilizadores de fosfato na cultura do alho. 2º Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, 2015, Pirenópolis. Anais [...]. Pirenópolis: UEG, v. 2, 2015, 10 p. Disponível em: Acesso em 19 de novembro de 2021.

BIOTROP. Biofree, 2021. Disponível em: <https://biotrop.com.br/produto/manejo-biologico/biofree/>. Acesso em: 28 de novembro de 2021.

- Boeing, G.; Seben, J. C. Alho. Instituto CEPA: Florianópolis, SC, 1995, 114 p.
- Brasil. Lei N° 9.972, de 25 de maio de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, DF, maio 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9972.htm. Acesso em 03 de janeiro de 2022.
- Brasil. Portaria N° 242, de 17 de setembro de 1992. Diário Oficial da União, Brasília, DF, N° 184, 13.420-13.424, set. 1992. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/1279237/pg-1-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-24-09-1992>. Acesso em 02 de janeiro de 2022.
- CONAB. Análise mensal – Agosto 2021. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-alho/item/download/39236_001c8d53030eecaab895847757816c20. Acesso em 20 de janeiro de 2022.
- Das, S.; Rahman, F. H.; Mukherjee, S.; Nag, K. Response of biofertilizers and primary nutrients on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.) in new alluvial soil of West Bengal. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 2020, 39, 10, 1-7.
- Domenico, P. Effect of *Azospirillum brasilense* on garlic (*Allium sativum* L.) cultivation. *World journal of Advanced research and Reviews*, 2019, 2, 3, 8-13.
- Embrapa. Solos do Estado de Santa Catarina. Embrapa Solos: Rio de Janeiro, RJ, 2004, 245 p.
- Elekhtyar, N.M. Efficiency of *Pseudomonas fluorescens* as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of seedling vigor, nitrogen uptake, yield and its attributes of rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Research in Agricultural Sciences*, 2015, 2, 57–67.
- Ferreira, D. F. SISVAR (software de análise estatística). 2010.
- Gouda, A. E. A. I.; Mosa, A. A. A. Effect of different potassium and sulfur fertilization rates and silicate and/or *Thiobacilli* bacteria inoculation on garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Plant Production*, 2015, 6, 1371-1384.
- Hungria, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: Inovação em rendimento a baixo custo. Embrapa Soja: Londrina, PR, 2011, 36.
- Hungria, M.; Nogueira, M. A. Inoculação de braquiárias com *Azospirillum*. Embrapa Soja. Folder, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085771/inoculacao-de-braquiarias-com-azospirillum>. Acesso em 15 de novembro de 2021.
- Hungria, M.; Nogueira, M.A. Tecnologia de coinoculação: rizóbios e *Azospirillum* em soja e feijoeiro. Embrapa Soja. Folder, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/101148/1/folder-coinoculacao-2-copy.pdf>. Acesso em 15 de novembro de 2021.
- Hungria, M.; Campo, R. J.; Mendes, I. D. C. (Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Embrapa Soja: Londrina, PR, 2001, 48. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/18515/1/circTec35.pdf>. Acesso em 11 de janeiro de 2022.
- IBGE. Produção Agropecuária – alho. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/alho/br>. Acesso em 10 de novembro de 2021.
- Kaminsky, L. M.; Trexler, R. V.; Malik, R. J.; Hockett, K. L.; Bell, T. H. The inherent conflicts in developing soil microbial inoculants. *Trends in Biotechnology*, 2019, 37, 140-151.
- Kumar, V.; Singh, K. K. Influence of biofertilizers on quality and yield of garlic (*Allium sativum* L.). *The Pharma Innovation*, 2020, 9, 350-352.
- Lopes, M. J.; Santiago, B. S.; Silva, I. N. B.; Gurgel, E. S. C. Biotecnologia microbiana: inoculação, mecanismos de ação e benefícios às plantas. *Research, Society and Development*, 2021, 10, 12, 1-13. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/20585/18316/249586#:~:text=Essa%20biotecnologia%20microbiana%20%C3%A9%20ben%C3%A9fica,contra%20estresses%20bi%C3%B3ticos%20e%20abi%C3%B3ticos>. Acesso em 20 de novembro de 2021.

- Lucini, M. A. Alho: manual prático de produção. 2. Ed., Bayer cropscience: Curitiba, SC, 2004, 140.
- MAPA(MinistériodaAgricultura,PecuáriaeAbastecimento). Anexo à IN SDANº 13, de 24/03/2011. Requisitos mínimos para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica de cepas, produtos e tecnologias relacionados à micro-organismos promotores de crescimento. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-sda-13-de-24-03-2011-inoculantes.pdf>. Acesso em 05 de maio de 2023.
- Mounir, A. M.; Osman, Y. M.; Khalil, O. A. Impact of potassium solubilizing bacteria on growth and yield of garlic. *Plant Archives*, 2020, 20, 8374-8388.
- Oliveira, M. A.; Zucareli, C.; Ferreira, A. S.; Domingues, A. R.; Spolaor, L. T.; Neves, C. S. Adubação fosfatada associada à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* no desempenho agrônômico do milho. *Revista de Ciências Agrárias*, 2015, 1, 38, 18-25.
- Pandolfo, C.; Braga, H. J.; Silva Júnior, V. D.; Massignan, A. M.; Pereira, E. S.; Thomé, V. M. R.; Valci, F. V. Atlas climatológico do estado de Santa Catarina. Epagri: Florianópolis, SC, 2002. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/climatologia/>. Acesso em 23 de novembro de 2021.
- Resende, F. V.; Haber, L. L.; Pinheiro, J. B. A cultura do alho. Embrapa Documentos, 2015, 35. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355126/9124396/Sistema+de+Produ%C3%A7%C3%A3o+de+Alho/64258d94-6bb8-4826-a0e9-ece47aa434ff#:~:text=A%20esp%C3%A9cie%20%C3%A9%20origin%C3%A1ria%20da,Brasil%20na%20%C3%A9poca%20do%20descobrimento>. Acesso em 11 de novembro de 2021.
- Resende, G. M. D.; Chagas, S. J. D. R.; Pereira, L. V. Características produtivas e qualitativas de cultivares de alho. *Horticultura Brasileira*, 2003, 21, 6886-689.
- Resende, G. M. Desempenho de cultivares de alho no norte de Minas Gerais. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 1997, 15, 127-130. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88686/1/Geraldo-1997.pdf>. Acesso em 08 de janeiro de 2022.
- Sandini, I. E.; Pacentchuk, F.; Hungria, M.; Nogueira, M. A.; da Cruz, S. P.; Nakatani, A. S.; Araujo, R. S. Seed inoculation with *Pseudomonas fluorescens* promotes growth, yield and reduces nitrogen applications in maize. *International Journal of Agriculture & Biology*, 2019, 22, 1369-1375.
- Santos, M. S.; Rodrigues, T. F.; Nogueira, M. A.; Hungria, M. The challenge of combining high yields with environmentally friendly bioproducts: A review on the compatibility of pesticides with microbial inoculants. *Agronomy*, 2021, 11, 870.
- Santos, P.; Benato, L.; de Souza, N. V.; Vieira, N.; Almeida, A. Utilização de *Pseudomonas fluorescens* no controle biológico de *Macrophomina phaseolina*. Embrapa Soja: Londrina, PR, 2010, 3.
- SBCS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. [S.L.]: Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016, 376.
- Shafeek, M. R.; Rakha, M. K. A.; Mahmoud, A. R.; Ali, A. H. Impact or inoculation with P-fixers bacteria and nutrient compound on growth, yield and nutritional values of garlic plant (*Allium sativum* L.). *Middle East Journal of Agriculture*, 2018, 07, 816-825.
- Souza, R. J.; Macedo, F. S. Cultura do alho: tecnologias modernas de produção. UFLA: Lavras, MG, 2009, 181.
- Takagi, H.; Aoba, T. The effect of growth regulators on shoot and bulb formation. *Journal of the Yamagata Agriculture and Forestry Society*, 1976, 33, 39-50.
- Vieira Neto, S. A.; Pires, F. R.; Menezes, C. C. E. D.; Menezes, J. F. S.; Silva, A. G. D.; Silva, G. P.; Assis, R. L. D. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2008, 32, 861-870. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/CyDQ8ybgrjyqzVHv4tWB9Jm/?lang=pt>. Acesso em 9 de fevereiro de 2022.

Wang, M.; Bian, Z.; Shi, J.; Wu, Y.; Yu, X.; Yang, Y.; Ni, H.; Chen, H.; Bian, X.; Li, T.; Zhang, Y.; Jiang, L.; Tu, Q. Effect of the nitrogen-fixing bacterium *Pseudomonas protegens* CHAO- Δ retS-nif on garlic growth under different field conditions. *Industrial Crops & Products*, 2020, 145, 1-8.

Reisser Junior, C.; Wrege, M.; Steinmetz, S.; de Almeida, I. R. (ed.). Atlas climático da região sul do

Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do sul. 2. Ed. EMBRAPA Brasília,DF, 2012, 334.

Youssif, B. D.; Hosna, M. A. F.; Mervat, A. A. T. Effect of sulphur and sulphur oxidizing bacteria on growth and production of garlic (*Allium sativum* L.) under saline conditions. *Middle East Journal of Agriculture*, 2020, 4, 446-459.