AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

Coinoculação de produtos biológicos na cultura do amendoim

Co-inoculation of biological products in peanut culture

Samuel Freguglia Bereta
Instituto Federal Catarinense - Campus Santa Rosa do Sul
E-mail: samuelbereta@hotmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0002-6173-9015

Eliete de Fátima Ferreira da Rosa
Instituto Federal Catarinense - Campus Santa Rosa do Sul
E-mail: eliete.rosa@ifc.edu.br
OrcID: https://orcid.org/0000-0001-9131-8118

Jéssica Fernandes Kaseker
Pesquisadora autônoma
E-mail: jessikaseker@gmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0001-5487-7439

Marcos André Nohatto
Instituto Federal Catarinense - Campus Santa Rosa do Sul
E-mail: marcos.nohatto@ifc.edu.br
OrcID: https://orcid.org/0000-0002-0820-330X

Steffani da Luz
Instituto Federal Catarinense - Campus Santa Rosa do Sul
E-mail: steffani.luz4@gmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0001-5442-7403

Data de recebimento: 08/03/2022
Data de aprovação: 02/08/2022
DOI: https://doi.org/10.30612/agrarian.v15i55.15717

Resumo: Na tentativa de proporcionar melhor ambiente para o desenvolvimento das plantas, o uso de componentes biológicos tem crescido significativamente. O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o desenvolvimento e a produtividade de amendoim pela coinoculação com produtos biológicos. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em um fatorial 2 x 2 + 1, sendo o fator A composto por dois inoculantes, um a base de *Azospirillum brasilense* e outro de *Bradyrhizobium elkanii* e *Bradyrhizobium japonicum*; o fator B composto por dois produtos de controle biológico, um à base de *Trichoderma harzianum* e outro de *Bacillus subtilis*; e uma testemunha. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis analisadas e não foi detectada a presença de aflatoxina.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L.. Inoculação. Produtividade.

Abstract: In an attempt to provide a better environment for plant development, the use of biological components has grown significantly. The objective of this work was to evaluate peanut development and yield by co-inoculation with biological products. The experimental design was a randomized block, in a 2 x 2 + 1 factorial, with factor A being

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

composed of two inoculants, one based on *Azospirillum brasilense* and the other on *Bradyrhizobium elkanii* and *Bradyrhizobium japonicum*; factor B composed of two biological control products, one based on *Trichoderma harzianum* and the other on *Bacillus subtilis*; and a control. There were no significant differences between treatments for the analyzed variables and the presence of aflatoxin was not detected.

Keywords: *Arachis hypogaea* L.. Inoculation. Productivity.

1 Introdução

O amendoim (*A. hypogaea* L.) é uma planta originária da América do Sul, pertencente à família Fabaceae. Atualmente, ocupa área plantada de aproximadamente 200 mil hectares, com produção de mais de 800 mil toneladas, resultando em produtividade média de 3,9 t ha^{-1} (IBGE, 2022). A cultura segue em expansão pelo país, com previsão de crescimento em termos de área plantada, produção e produtividade (CONAB, 2022).

Na tentativa de proporcionar melhor ambiente para o desenvolvimento das plantas, e consequentemente obter maior produtividade e qualidade do produto colhido, o uso de componentes biológicos tem crescido significativamente. Neste sentido, se destacam os produtos utilizados para o controle biológico de pragas e doenças, além daqueles denominados promotores de crescimento.

Dentre as chamadas rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs), destaca-se a *Bacillus subtilis*, uma bactéria gram-positiva, não-patogênica, encontrada na rizosfera de diversas plantas, que forma esporos resistentes no solo (Blake, Christensen, Kovács, 2021). Promove melhoria do desenvolvimento vegetal por proporcionar o aumento da fixação de nitrogênio, além da solubilização de nutrientes, síntese de fitormônios e redução de estresses abióticos. Outro efeito benéfico relacionado com a presença e/ou inoculação desta bactéria é o antagonismo que apresenta em relação à microrganismos patogênicos, especialmente ligado a produção de compostos antimicrobianos (Blake et al., 2021).

Esse efeito antifúngico é especialmente importante para o cultivo do amendoim, uma vez que a cultura sofre com a contaminação por aflatoxinas, micotoxinas resultantes da atividade metabólica de fungos, produzidas principalmente por *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*, ocorrendo desde a colheita até a comercialização (Torres, Barros, Palacios, Chulze, Battilani, 2014). Considerando que este é um fungo naturalmente presente no solo, torna-se de difícil controle, e a competição entre organismos na rizosfera se mostra como uma alternativa a ser explorada.

Também nesse sentido, fungos do gênero *Trichoderma* estão entre os agentes de controle biológico mais estudados e empregados na produção agrícola mundial (Lucon, 2016). O fungo é encontrado associado às raízes das plantas e à matéria orgânica morta. Por ser saprófito, ajuda na decomposição dos resíduos vegetais e animais, além de colonizar com facilidade solos e raízes, competindo com os patógenos presentes nestes, colaborando para que as plantas permaneçam saudáveis. Esse fungo utiliza como mecanismos de ação a competição, antibiose, parasitismo e indução de resistência nas plantas (Harman, Howell, Chet, Lorito, 2004; Lucon, 2016).

A aplicação dos produtos comerciais à base de *Trichoderma* pode ser realizada em sementes ou outros materiais de propagação vegetal (Lucon, 2016), pois, além de atuar no controle de doenças, pode também melhorar o crescimento e produtividade das plantas, uma vez que os ácidos produzidos pelo fungo tornam uma série de nutrientes mais disponíveis à absorção pelas plantas, principalmente o fósforo, além da produção de fitormônios (Gaind, 2016; Chagas, Chagas Junior, Soares, Fidelis, 2017).

Existem ainda outros microrganismos específicos que promovem melhoria no desenvolvimento das plantas e incremento na produtividade, nos quais estão inseridas as bactérias pertencentes às espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*. Essas se associam, de forma simbiótica, às raízes das plantas, formando nódulos,

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

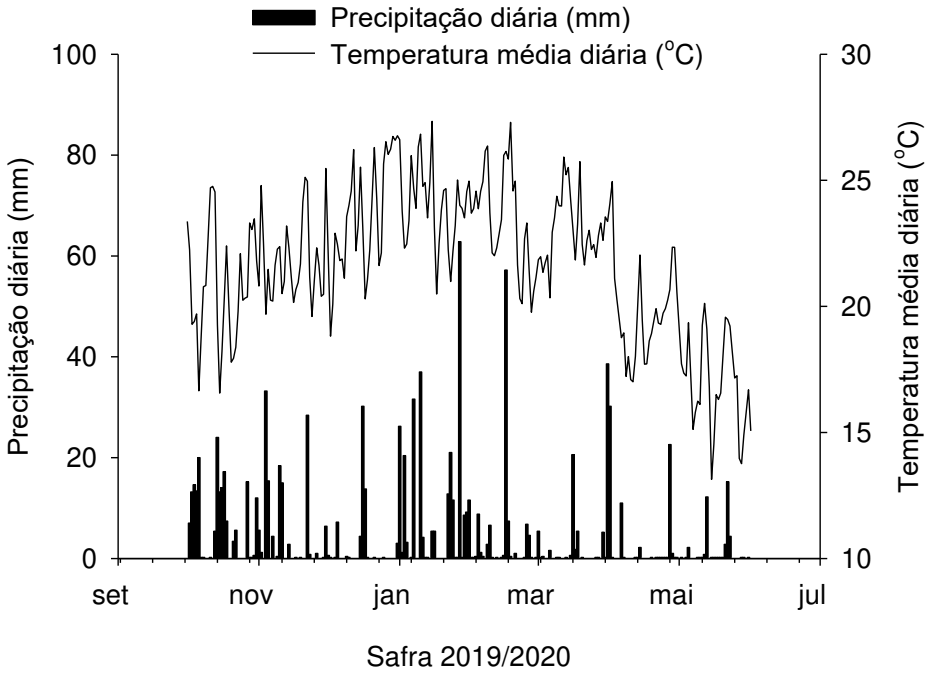
conseguindo, então, capturar o N2 atmosférico e transformá-lo em formas nitrogenadas utilizáveis pela planta (Hungria, Campo, Mendes, 2007). Além destas, as bactérias do gênero *Azospirillum* também são associadas à diversos mecanismos de promoção do crescimento vegetal, principalmente a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e a produção de fitormônios, que aceleram o desenvolvimento das plantas (Cassán et al., 2020).

Diante do exposto, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da coinoculação de produtos biológicos no desenvolvimento e na produtividade da cultura do amendoim.

2 Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo no período de 30 de novembro de 2019 a 29 de abril de 2020, no município de Santa Rosa do Sul, em um solo classificado como Gleissolo Melânico (Santos et al., 2018). O clima da região é classificado por Köppen como Cfa, Clima subtropical úmido, mesotérmico, com inverno e verão bem definidos, precipitação anual média de 1600 mm e temperatura média de 19ºC. A precipitação e temperatura diárias durante o período de condução do experimento são apresentados na Figura 1.

Figura 1. Valores diários de precipitação (mm) e temperatura média (ºC) registrados durante o período de condução do experimento, registrados na estação experimental da EPAGRI de Araranguá – SC.
Figure 1. *Daily values of precipitation (mm) and average temperature (ºC) recorded during the period of experiment conduction, recorded at the experimental station of EPAGRI in Araranguá - SC.*



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A cultivar escolhida foi a Granoleico IAC 503, tipo Runner, rasteiro, de crescimento indeterminado, com ciclo de 140 dias, moderadamente resistente a manchas foliares, e produtividade média de 4.500 kg ha^{-1} com potencial de 6.500 kg ha^{-1}.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em um esquema fatorial 2 x 2 + 1, com quatro repetições, sendo o fator A composto por dois inoculantes e o fator B por dois produtos de controle biológico, mais a testemunha sem

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

aplicação de nenhum produto. Os inoculantes utilizados foram: um à base de *Azospirillum brasilense*, estirpes AbV5 e AbV6 na dose de 200ml para 50kg de semente; e o outro à base de *Bradyrhizobium elkanii* (Cepa SEMIA 5019) e *Bradyrhizobium japonicum,* na dose de 200ml para 50kg de sementes. Dos produtos de controle biológico, o primeiro foi à base de *Trichoderma harzianum* Rifai (cepa ESALQ-1306), na dose de 1L p.c. ha^{-1} em 80 L de calda, aplicado duas vezes no sulco de semeadura e sete dias após a semeadura (7 DAS), em cobertura total; e o segundo à base de *Bacillus subtilis* (linhagem QST 713) na dose de 4 L p.c. ha^{-1} em 500 L de calda, aplicado 2 vezes no sulco de semeadura antes do plantio e sete dias após germinação das plantas (7 DAG), em cobertura total. Para as aplicações no sulco de semeadura foi utilizado bico leque 110.04 com gota média a grossa.

As parcelas mediam 6,80 m de comprimento e 2,20 m de largura, totalizando 15m² cada. Na semeadura optou-se por utilizar 24 sementes por metro, em sulcos espaçados a 0,9 m, a 5 cm de profundidade, visando atingir uma população de aproximadamente 133 mil plantas ha^{-1}.

Para a implantação da cultura foi realizada a dessecação da cultura antecessora (canola) utilizando o herbicida Glyphosate-ammonium (747 g kg^{-1}), na dose de 2,5 kg p.c. ha^{-1} em 150 L de calda. Posteriormente, efetuou-se roçada e retirada do material vegetal, para adição de uma camada de 10 cm de cinza de casca de arroz a fim de melhorar a estrutura do solo. Depois, foi realizada a descompactação do solo utilizando enxada rotativa, e após o revolvimento aplicou-se um herbicida pré-emergente (i. a. pendimetalina - Herbadox 400 EC), na dose de 2,5 L p.c. ha^{-1}, um dia antes da semeadura do amendoim.

A adubação se deu com base na análise de solo (Tabela 1), segundo recomendação do Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Comissão de Química e Fertilidade do Solo [CQFS], 2016), com base na expectativa de rendimento de 6t ha^{-1}. Utilizou-se 200 kg ha^{-1} de cloreto de potássio e 98 kg ha^{-1} de superfosfato triplo. O adubo fosfatado foi aplicado em semeadura, incorporado ao solo, e o potássico foi dividido em duas aplicações, sendo 50% da dose na semeadura e incorporado e o restante em cobertura, na fase de primeiros ramos e florescimento (40 dias após semeadura [DAS]).

Tabela 1. Análise química e porcentagem de argila de um Gleissolo Melânico.
Table 1. *Chemical analysis and percentage of clay from a Gleissolo Melanico.*

Argila	M.O.	pH H_2O	SMP	P	K	V
….%….				….mg dm^{-3}….		%
15	2,5	6,2	6,3	76,1	61,0	71

Al troc.	Ca troc.	Mg troc.	Al + H	CTC	S	Zn	Cu	B	Mn
……$cmol_c$ dm^{-3}……					……mg dm^{-3}……				
0	5,1	2,2	3,1	7,5	16,7	5,7	3,5	0,31	9,5

*M.O.= matéria orgânica; SMP= índice SMP; P= fósforo extraído por solução de Mehlich-1; K= potássio trocável; V= saturação de bases; Al troc = alumínio trocável; Ca troc = cálcio trocável; Mg troc = magnésio trocável; Al + H = acidez potencial; CTC= capacidade de troca de cátions; S, Zn, Cu, B, Mn= teores disponíveis de enxofre, zinco, cobre, boro e manganês. **Fonte**: Elaborada pelo autor (2022).

M.O.= organic matter; SMP= SMP index; P= phosphorus extracted by Mehlich-1 solution; K=exchangeable potassium; V= base saturation; Al troc = exchangeable aluminum; Ca troc = exchangeable calcium; Mg troc = exchangeable magnesium; Al + H = potential acidity; CTC= cation exchange capacity; S, Zn, Cu, B, Mn= available levels of sulphur, zinc, copper, boron and manganese. **Source: Prepared by the author (2022).*

Foram avaliados o número de nódulos e de nódulos ativos, número de vagens por planta, produtividade, teor de aflatoxina no grão e o teor de óleo no grão.

Para determinação do número de nódulos e de nódulos ativos utilizou-se três plantas por parcela em estádio FL (Florescimento) a AG (Aparecimento do Ginóforo), em

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

torno de 30 a 40 dias após a emergência (DAE) das plantas. Considerou-se nódulos ativos os que apresentavam seu interior com coloração rósea a avermelhada, remetendo a atividade da leghemoglobina (Hungria et al., 2007).

O diagnóstico do grau de maturação foi realizado semanalmente, através da raspagem da casca da vagem de três plantas coletadas por parcela. Se a casca estivesse com coloração branca, era classificada como imatura, e a coloração marrom claro a escuro indicava que estava madura. A colheita foi realizada quando 60 a 65% das vagens atingiram o estádio de coloração escura, juntamente com a coloração bege/rósea da casca das sementes, momento em que a planta estava com as folhas baixeiras amarelas (130-140 DAE). As plantas foram arrancadas manualmente e enleiradas, de forma que as vagens ficassem expostas ao sol para ocorrer a cura ou secagem natural no campo, por no mínimo dois dias. Após esse período fez-se a contagem de vagens por planta, realizada em 15 plantas por parcela.

Para a determinação de produtividade foram utilizadas as plantas da área central de cada parcela (7,65m²). As vagens foram destacadas da planta-mãe e expostas ao sol sobre lona plástica preta, a fim de favorecer a secagem. As vagens permaneceram expostas até que a massa atingisse a porcentagem de 8 – 10% de umidade, o que foi observado por meio da coloração palha. Após secagem, realizou-se a abertura manual das vagens. As sementes foram levadas para estufa com circulação de ar forçado para secagem a uma temperatura de 32°C a 42°C. A umidade foi determinada por meio de um medidor de umidade de grãos, para então determinar a produtividade por hectare.

Para analisar o teor de aflatoxina foram retiradas amostras de 500g de cada parcela após a secagem dos grãos, totalizando quatro amostras para cada tratamento. Após separadas, as amostras foram encaminhadas para análise de teor de aflatoxina no laboratório LABCAL pelo método LCD (Soares & Rodriguez-Amaya, 1998).

Para determinação do teor de óleo das sementes utilizou-se o método de Goldfish, em aparelho de determinação de óleos pertencente ao Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Santa Rosa do Sul. Para isso, foram pesados 5 gramas de grãos de amendoim macerados, que foram colocados em cartucho de algodão. As amostras foram secas em estufa à 105°C por 2 horas. Posteriormente, colocou-se o cartucho com a amostra em balão contendo 250ml de éter de petróleo no extrator. Em seguida, ligou-se a chapa aquecedora, mantida em fervura por 1h e 45min, com velocidade de gotejamento de 4 gotas/segundo. Após o processo, o balão foi seco à 105°C por 1 hora, sendo recolhido o solvente em recipiente próprio no extrator. Para pesagem, colocou-se o balão em dessecador até atingir peso constante. A quantificação da porcentagem do teor de óleo foi obtida por meio da seguinte fórmula:

$$Teor\ de\ óleo\ (\%) = \frac{Peso\ do\ balão\ com\ gordura - Peso\ do\ balão\ antes\ da\ extração}{Peso\ da\ amostra}.100$$

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e quando constatada significância, os dados foram analisados pelo teste de comparação de médias de Tukey. As comparações com a testemunha foram feitas por meio do teste de Dunnett. O nível de significância utilizado foi de 5% ($p<0,05$).

3 Resultados

O uso da coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* ou *Azospirillum brasilense* juntamente com *Bacillus subtilis* ou *Trichoderma harzianum* não alteraram significativamente nenhuma das variáveis analisadas, sendo o número de nódulos totais, número de nódulos ativos, número de vagens por planta, produtividade e teor de óleo, estatisticamente iguais para todos os tratamentos, incluindo a testemunha (Tabela 2).

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Tabela 2. Número de nódulos totais (NNT), número de nódulos ativos (NNA), porcentagem de nódulos ativos (PNA), número de vagens por planta (NVP), produtividade (PDT) e teor de óleo (TRO) nos diferentes tratamentos com produtos biológicos para a cultura do amendoim.
Table 2. *Number of total nodules (NNT), number of active nodules (NNA), percentage of active nodules (PNA), number of pods per plant (NVP), productivity (PDT) and oil content (TRO) in the different treatments with biological products for the cultivation of peanuts.*

Tratamento	NNT	NNA	PNA	NVP	PDT (kg ha^{-1})	TRO (%)
Az + Ba	533,75^{ns}	495,50	92,83	34,197	2.185,82	43,26
Az + Tr	695,00	656,75	94,50	33,047	1.838,25	43,497
Br + Ba	530,75	490,00	92,32	32,49	2.133,01	43,26
Br + Tr	600,25	557,50	92,88	31,995	2.059,55	44,90
T	637,75	596,75	93,57	32,83	1.820,00	45,05
CV (%)	17,57	18,86	-	9,97	12,47	4,48

*ns = não significativo (p<0,05); Az + Ba = *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis*; Az + Tr = *Azospirillum brasilense* + *Trichoderma harzianum*; Br + Ba = *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* + *Bacillus subtilis*; Br + Tr = *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* + *Trichoderma harzianum*; T =Testemunha. CV = Coeficiente de Variação. **Fonte:** Elaborada pelo autor (2022).
ns = not significant (p<0.05). Az + Ba = Azospirillum brasilense + Bacillus subtilis; Az + Tr = Azospirillum brasilense + Trichoderma harzianum; Br + Ba = Bradyrhizobium japonicum e B. elkanii + Bacillus subtilis; Br + Tr = Bradyrhizobium japonicum e B. elkanii + Trichoderma harzianum; T = Control. CV = Coefficient of Variation.* ***Source:* *Prepared by the author (2022).*

Com relação à presença de aflatoxinas, os resultados dos laudos de análise, sumarizados na tabela 3, demonstram que não foi constatada a contaminação em nenhuma das amostras, incluindo a testemunha (Tabela 3).

Tabela 3. Resultado da análise da presença de aflatoxinas nos grãos de amendoim coletados nos diferentes tratamentos com produtos biológicos.
Table 3. *Result of the analysis of the presence of aflatoxins in peanut kernels collected in different treatments with biological products.*

Tratamento	Aflatoxinas (B1, B2, G1, G2)
Az + Ba	não detectada na amostra analisada*
Az + Tr	não detectada na amostra analisada
Br + Ba	não detectada na amostra analisada
Br + Tr	não detectada na amostra analisada
T	não detectada na amostra analisada

*Limite crítico de detecção (LCD): 2 µg kg^{-1}. Método: Soares e Rodriguez-Amaya, JAOAC, 1998. Az + Ba = *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis*; Az + Tr = *Azospirillum brasilense* + *Trichoderma harzianum*; Br + Ba = *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* + *Bacillus subtilis*; Br + Tr = *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* + *Trichoderma harzianum*; T =Testemunha. **Fonte:** Elaborada pelo autor (2022).
Critical Limit of Detection (LCD): 2 µg kg^{-1}. Method: Soares and Rodriguez-Amaya, JAOAC, 1998. Az + Ba = Azospirillum brasilense + Bacillus subtilis; Az + Tr = Azospirillum brasilense + Trichoderma harzianum; Br + Ba = Bradyrhizobium japonicum and B. elkanii + Bacillus subtilis; Br + Tr = Bradyrhizobium japonicum and B. elkanii + Trichoderma harzianum; T = Witness.* ***Source:* *Prepared by the author (2022).*

4 Discussão

Os resultados obtidos demonstram que o solo na condição natural foi eficiente em suprir as necessidades da planta, já que mesmo a testemunha não diferiu dos tratamentos que receberam a coinoculação, sendo as bactérias nativas existentes no solo

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

capazes de efetuar a simbiose com as plantas, o que pode ser constatado pela grande quantidade de nódulos ativos na testemunha (Tabela 2).

As estirpes utilizadas na coinoculação podem não ter sido eficientes no fornecimento de nitrogênio como as estirpes de rizóbios nativos presentes no solo, pois à medida que aumenta o tempo de permanência dos microorganismos no solo, eles se adaptam melhor ao ambiente e, por conseguinte, garantem maior capacidade na disputa por sítios de ligação nas raízes das plantas (Bárbaro et al., 2009).

Outro fato importante é a grande diversidade de associações bacterianas que existem na rizosfera em solos cultivados com a cultura do amendoim, dentre elas acidobacteria, proteobacteria e actinobactéria, o que comprova a complexa relação dos microorganismos nesses microambientes, e que pode reduzir a atuação dos demais microrganismos na simbiose (Xu et al., 2021). Tal fato também foi observado em estudo visando comparar a coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* e adição de molibdênio nas sementes de amendoim em solo do Cerrado (Steiner, Zuffo, Santos, Bush, 2018). Os resultados indicaram que a coinoculação não promoveu melhoria na nodulação e no crescimento das plantas de amendoim, cultivado em condições de casa de vegetação. Os autores atribuem tais resultados às populações de *Bradyrhizobium* já existentes, o que garante número adequado de microorganismos, capazes de competir por sítios de infecção, corroborando com os dados obtidos neste experimento.

No que se refere a produtividade, o valor obtido foi inferior à expectativa de rendimento inicial, possivelmente pela presença de plantas daninhas e a ocorrência de doenças na parte área. Embora o amendoim apresente boa capacidade competitiva, a presença de plantas daninhas pode resultar em diminuição da produtividade de cerca de 30% (Yamauti, Alves, Nepomuceno, Martins, 2010), podendo chegar a 80% dependendo das espécies presentes (Dias, Alves, Pavan, Nepomuceno, 2009). O controle químico não foi realizado após a germinação devido à dificuldade de aquisição de produtos registrados para a cultura na região.

O teor de óleo no grão é uma variável que está ligada não só à genética da cultivar, mas também ao ambiente e o fornecimento de assimilados, o que está relacionado aos nutrientes disponibilizados pelos microorganismos simbióticos (Souza, Parente, Lazarini, Bossoani, Caioni, 2018). O bom suprimento de nutrientes, em especial do nitrogênio na cultura do amendoim, é um dos principais fatores para que as plantas produzam e reservem lipídios nos grãos em quantidades adequadas (Figueredo et al., 2018). A porcentagem de óleo na cultura do amendoim varia de acordo com a cultivar, com valores médios em torno de 45% (Moda-Cirino, Ribeiro, Buratto, Souza, Fonseca Junior, 2015), evidenciando que os resultados obtidos são satisfatórios.

Em um estudo visando avaliar diferentes biofertilizantes, não se observou diferenças significativas com relação ao teor de óleo nos grãos de amendoim da cultivar BR1 (Figueredo et al., 2018). Contudo, em outro estudo, a utilização de regulador de crescimento etil-trinexapac aos 40 e/ou 55 dias após emergência do amendoim, aumentou o teor de lipídios nos grãos (Souza et al., 2018). Isso remete à capacidade de diferentes respostas da planta aos fatores biológicos ligados ao fornecimento de nutrição na produção de lipídios. Diante disso, são necessários mais estudos para avaliar a relação biológica com a produção de óleo no amendoim.

Não é possível afirmar se os tratamentos são eficientes no controle biológico da contaminação por *Aspergillus* sp. e da produção de aflatoxinas nas condições de solo e clima do experimento, uma vez que o composto não foi verificado em nenhum dos tratamentos, incluindo a testemunha (Tabela 3). A presença do fungo não resulta, obrigatoriamente, no desenvolvimento das aflatoxinas, sendo necessárias condições físicas, nutricionais e biológicas específicas para essa produção (Caceres et al., 2020). Além disso, a elevada quantidade de microrganismos com afinidade às estruturas da planta de amendoim (Xu et al., 2021), atrelado ao uso de produtos biológicos em estudos anteriores na área, podem ter criado uma barreira biológica nas plantas, reduzindo o desenvolvimento do fungo.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Acredita-se que os compostos produzidos por bactérias, como as do gênero *Bacillus*, são capazes de combater esses fitopatógenos e reduzir a sua persistência no ambiente, reduzindo os inóculos a populações incapazes de causar doenças. Isso se comprova nos estudos de Einloft et al. (2021a; 2021b), em que o biocontrole com *Bacillus safensis* (RF69), *B. amyloliquefaciens* (RP103) e *B. subtilis*, em isolados de plantas de milho, reduziu a taxa de crescimento micelial *in vitro* dos fungos *Aspergillus flavus* e *Fusarium verticillioides*, também reduzindo a produção, germinação e sobrevivência de conídios.

A hipótese da presença de *Aspergillus* spp. e, por conseguinte, a produção de aflatoxina em níveis acima dos permitidos pela legislação, que é de 20µg kg^{-1} (Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n° 07, 2011), pode em alguns casos inviabilizar o cultivo do amendoim em determinadas áreas. Assim, sob o ponto de vista sanitário, o amendoim seria uma cultura viável para a região. Porém, devido às variações de tipos e condições de solos, mais estudos são necessários para comprovar essa alternativa de cultivo.

5 Conclusão

A utilização de coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* ou *Azospirillum brasilense* juntamente com *Bacillus subtilis* ou *Trichoderma harzianum* não altera o desenvolvimento e a produtividade da cultura do amendoim para as condições edafoclimáticas do estudo, onde não foi constatada a contaminação por aflatoxinas.

6 Referências

Bárbaro, I. M.; Machado, P. C.; Bárbaro Junior, L. S.; Ticelli, M.; Miguel, F. B. & Silva, J. A. A. da. (2009). Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e co-inoculação. *Colloquium Agrariae*, 5(1), 01-07. https://doi.org/10.5747/ca.2009.v05.n1.a0040

Blake, C.; Christensen, M.N.; Kovács, Á. (2021). Molecular Aspects of Plant Growth Promotion and Protection by *Bacillus subtilis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 34(1), 15-25. https://doi.org/10.1094/MPMI-08-20-0225-CR

Caceres, I.; Al Khoury, A.; Rhoda El Khoury, R.; Lorber, S.; Oswald, I.P.; El Khoury, A.; Atoui, A.; Puel, O.; Bailly, J.D. (2020). Aflatoxin Biosynthesis and Genetic Regulation: A Review. *Toxins*,12(3), 150. https://doi.org/10.3390/toxins12030150

Cassán, F.; Coniglio, A.; López, G.; Molina, R.; Nievas, S.; Carlan, C.L.N.; Donadio, F.; Torres, D.; Rosas, S.; Pedrosa, F.O.; Souza E. de; Zorita, M.D.; de-Bashan, L.; Mora, V. (2020). Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. *Biology and Fertility of Soils*, 56, 461–479. https://doi.org/10.1007/s00374-020-01463-y

Chagas, L. F. B.; Chagas Junior, A. F.; Soares, L. P. & Fidelis, R. R. (2017). Trichoderma na promoção do crescimento vegetal. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(3), 97-102. https://doi.org/10.32404/rean.v4i3.1529

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2022). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2021/2022*. 8º levantamento. 101 p. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos. Acesso em: 25/05/2022.

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. (2016). *Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Dias, T.C.S.; Alves, P.L.C.A.; Pavani, M.C.M.D. & Nepomceno, M. (2009). Efeito do espaçamento entre fileiras de amendoim rasteiro na interferência de plantas daninhas na cultura. *Planta Daninha*, 27(2), 221-228. https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000200002

Einloft, T.C.; Bolzan de Oliveira, P.; Randünz, L.L.; Dionello, R.G. (2021a). Biocontrol capabilities of three *Bacillus* isolates towards aflatoxin B1 producer *A. flavus* in vitro and on maize grains. *Food Control*, 125, 107978. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107978

Einloft, T.C.; Hartke, S.; De Oliveira, P.B.; Saraiva, P.S; Dionello, R.G. (2021b) Selection of rhizobacteria for biocontrol of Fusarium verticillioides on non-rhizospheric soil and maize seedlings roots. *European Journal of Plant Pathology*, 160, 503-518. https://doi.org/10.1007/s10658-021-02259-y

Figueredo, L.F. de; Maia Júnior, S. de O.; Figueredo, J.P. de; Silva, J.N. da; Ferreira, R. de S.; Andrade, R. (2018). Desempenho agronômico de amendoim sob diferentes fontes e doses de biofertilizantes. *Acta Iguazu*, 7(5), 17–26. https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v7i5.19345

Gaind, S. (2016). Phosphate-dissolving fungi: mechanism and application in the relief of saline stress in wheat. *Microbiological Research*, 193(1), 94-102. https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.09.005

Harman, G. E.; Howell, C. R.; Chet, I. & Lorito, M. (2004). Trichoderma species – opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43-56. https://doi.org/10.1038/nrmicro797

Hungria, M.; Campo, R. J. & Mendes, I. C. (2007). *A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro*. Londrina: Embrapa Soja.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022). *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.* Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados. Acesso em: 25/05/2022.

Lucon, C. M. M. (2016). *Tecnologia Sustentável: Trichoderma*. [Apostila do Instituto Biológico]. São Paulo: APTA. 16 p.

Moda-Cirino, V.; Ribeiro, G.P.; Buratto, J.S.; Souza, S.N.M.; Fonseca Junior, N.S. (2015). Teor de óleo e estabilidade fenotípica para rendimento de grãos em cultivares de amendoim. *Científica*, 43(4), 378-387. http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2015v43n4p378-387

Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n° 07, de 18 de fevereiro de 2011 (2011). Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. Considerando o Limite Máximo Tolerado (LMT) de aflatoxinas em amendoim com casca e seus derivados. Diário Oficial da União nº 46. Brasília, DF: Ministério da Saúde – Agência de Vigilância Sanitária.

Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Lumbreras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Araujo Filho, J. C. de; Oliveira, J. B. de & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Soares, L.M. & Rodriguez-Amaya, D.B. (1989). Survey of aflatoxins, ochratoxin A, zearalenone and sterigmatocystin in some Brazilian foods by using multi-toxin thin-layer chromatographic method. *Journal Association Official Analytical Chemists*, 72(1), 22 - 26. https://doi.org/10.1093/jaoac/72.1.22

Souza, L. G. M. de.; Parente, T. de L.; Lazarini, E.; Bossolani, J. W. & Caioni, S. (2018). Regulador de crescimento e densidade populacional na cultura do amendoim rasteiro. *Nucleus*, 15(2), 217 - 225. https://doi.org/10.3738/1982.2278.1774

Steiner, F.; Zuffo, A. M.; Santos, D. M. da S. & Bush, A. (2018). Molibdênio e coinoculação de sementes de amendoim com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* em solo do Cerrado. *Acta Iguazu*, 7(4), 128-137. https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v7i4.16620

Torres, A.M.; Barros, G.G.; Palacios, S.A.; Chulze, S.N.; Battilani, P. (2014) Review on pre- and post-harvest management of peanuts to minimize aflatoxin contamination. *Food Research International*, 62, 11-19. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.023

Xu, W.; Wang, M.; Sun, X.; Shu, C.; Zhang, J. & Geng, L. (2021). Peanut (*Arachis hypogaea* L.) pod and rhizosphere harbored different bacterial communities. *Rhizosphere*, 19(1). https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100373

Yamauti, M.S.; Alves, P.L.C.A.; Nepomuceno, M. & Martins, J.V.F. (2010). Adubação e o período anterior à interferência das plantas daninhas na cultura do amendoim. *Planta daninha*, 28(spe), 1031-1039. https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000500011

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.