

TEOR DE FÓSFORO NA CULTURA DA SOJA EM FUNÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DOS FUNGOS MICORRÍZICOS E ADUBAÇÃO FOSFATADA

Data de aceite: 01/09/2023

Mario Soares da Silva Junior

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz – MA
<http://lattes.cnpq.br/0588733384143348>

Ivaneide de Oliveira Nascimento

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz – MA
<http://orcid.org/0000-0001-7095-7092>

Júlio Oliveira Anastácio

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz – MA
<http://orcid.org/0009-0002-0394-9273>

Gabriel Souza Santos

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz – MA
<http://orcid.org/0009-0007-1060-4747>

Júlia Silva Nepomuceno

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz – MA
<http://orcid.org/0009-0007-8077-7002>

Thiago Palhares Farias

Instituto Federal do Maranhão
São Luís - MA
<http://orcid.org/0000-0001-8628-8196>

Jorge Diniz de Oliveira

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz – MA
<https://orcid.org/0000-0001-9421-0524>

Sheila Elke Araújo Nunes

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz – MA
<https://orcid.org/0000-0002-2309-7314>

RESUMO: Os fungos micorrízicos apresentam-se como uma alternativa sustentável, frente à alta de preços dos insumos e também da degradação de solos em muitas regiões, isso porque eles se associam às raízes das plantas, inclusive de soja, buscando a própria sobrevivência, mas acabam ajudando-as na retenção e absorção de nutrientes e água; o que favorece a cultura e pode aumentar sensivelmente a produtividade e a qualidade do produto. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o teor de fósforo na cultura da soja, tendo em vista a inoculação de fungos micorrízicos associada à adubação fosfatada. No experimento em blocos casualizados, se

inoculou Rootella BR, que contém fungo micorrízico e se associou a fósforo em distintas dosagens; em 8 (oito) tratamentos, com e sem fungos, e com diferentes doses de P_2O_5 , com quatro repetições. Quanto aos resultados, verificou-se que não houve substancial aumento do fósforo nas plantas examinadas e concluiu-se que isso ocorreu devido ao fato de o solo já se encontrar em boas condições, sendo capaz de suprir as necessidades dessas plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Teor. Fósforo. Soja. Fungos Micorrízicos. Adubação Fosfatada.

PHOSPHORUS CONTENT IN SOYBEAN CULTURE DUE TO THE ASSOCIATION OF MYCORRHIZAL FUNGI AND PHOSPHATE FERTILIZATION

ABSTRACT: Mycorrhizal fungi present themselves as a sustainable alternative, given the high prices of inputs and also the degradation of soils in many regions, this is because they associate with the roots of plants, including soybeans, seeking their own survival, but end up helping -the retention and absorption of nutrients and water; which favors the culture and can significantly increase productivity and product quality. Thus, the present work aimed to evaluate the phosphorus content in soybean, considering the inoculation of mycorrhizal fungi associated with phosphate fertilization. In the randomized block experiment, Rootella BR, which contains mycorrhizal fungus and was associated with phosphorus at different dosages, was inoculated; in 8 (eight) treatments, with and without fungi, and with different doses of P_2O_5 , with four replications. As for the results, it was found that there was no substantial increase in phosphorus in the plants examined and it was concluded that this was due to the fact that the soil was already in good condition, being able to supply the needs of these plants.

KEYWORDS: Content. Phosphor. Soy. Mycorrhizal fungi. Phosphate Fertilization.

1 | INTRODUÇÃO

Um dos produtos mais importantes para o agronegócio brasileiro, é a soja *Glycine max* L. Merrill, sendo o Brasil, atualmente um dos maiores produtores e exportadores do produto. É uma leguminosa e oleaginosa de origem asiática que ganhou força a partir de pesquisas, técnicas e tecnologias mecanizadas de cultivo (Sedyama *et al.*, 2015; Milioli, 2021). Porém, segundo Almeida (1999) citado por Milioli (2021), ao chegar no Brasil por volta do século XV, os cultivos não estavam adaptados à diferença de latitude, o que provocava um baixo desenvolvimento e produtividade de grãos nas condições da região do Norte, Nordeste e Centro-oeste, necessitando assim de um melhoramento para sua adaptação.

Uma dessas técnicas é a associação da cultura com fungos micorrízicos que melhora a retenção de nutrientes e água (Carneiro *et al.*, 2011; França *et al.*, 2014; Brito *et al.*, 2017). Definida por Carneiro *et al.* (2011) como uma associação simbiótica de carácter mutualista que beneficia ambos envolvidos na relação e pode provocar um diferencial na produção. Plantas associadas a fungos micorrízicos apresentam um melhor processo de fotossíntese se tornando mais resistentes ao déficit hídrico, além de melhorar a absorção de fósforo, aumentando a produtividade da planta (Silva, 2022; Buzo *et al.*, 2021). Segundo

Gonçalves (2020), os fungos micorrízicos arbusculares se apresentam como uma alternativa sustentável e viável na produção de culturas, já que os fertilizantes industrializados são um recurso que demanda capital e inúmeras pesquisas.

Com os benefícios desse fungo já sendo conhecido como bom para o desenvolvimento e a absorção de nutrientes é encontrado com facilidade artigos tratando desse tipo de associação em diferentes culturas: França *et al.* (2014) analisa o crescimento e desenvolvimento de mudas de café inoculadas com fungos micorrízicos em sistema casualizado de seis repetições, resultando em um maior crescimento da planta após 150 dias, período em que a planta já apresenta área foliar; Carneiro *et al.* (2011) a partir de experimento com forrageiras consorciadas, utilizando adubação fosfatada e inoculação de fungos micorrízicos, concluiu vantagens na produtividade, da mesma forma que o trabalho desenvolvido por Brito *et al.* (2017) feito com mudas de paricá apresentaram melhor nutrição e crescimento a partir da associação; Já Buzo (2021) avaliou os benefícios do experimento em produção de milho com o fungo *Rhizophagus intraradices* que melhorou o desenvolvimento da planta e o teor de nutrientes em seus grãos.

De acordo com Oliveira *et al.* (2019) a soja é muito afetada pelas mudanças climáticas e os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) podem ser uma boa alternativa para condições adversas e melhorar o desenvolvimento da planta, a partir de um melhoramento na absorção de nutrientes, o que o fez desenvolver um estudo experimental com soja associada ao FMA *Rhizophagus clarus* para avaliar a produtividade da cultura, obtendo resultado no qual, a cultura associada ao fungo micorrízico mesmo em déficit hídrico obteve mais produção de grãos do que culturas não associadas que estavam recebendo boa irrigação. Andrade *et al.* (2018) desenvolveram um experimento com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo no desenvolvimento da cultura da soja no Estado do Piauí, e concluíram que os fungos contribuem na absorção de fósforo e auxiliam na produtividade de grãos.

Como a cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) é um dos principais produtos para o agronegócio brasileiro, que colabora para o PIB (Produto Interno Bruto), e necessita de técnicas para melhorar a absorção do fósforo, desenvolveu-se estudo experimental de campo para determinar os teores de fósforo em caules e folhas de soja, a partir do cultivo desta cultura em solo com fungos micorrízicos e adubação fosfatada.

2 | METODOLOGIA

Esse trabalho resultou de um experimento realizado na Fazenda Ângelo Gabriel no município de Dom Eliseu, Estado do Pará, que tem uma área de 1 hectare. Implantado em espaçamento de 50 cm de linhas de plantio, com blocos casualizados em 8 tratamentos (com 9 metros de largura por 100 de comprimento) e 4 repetições, sendo T1 ao T4 sem Rotella BR (produto natural à base de *Rhizophagus intraradices*) e com dosagens crescentes de P₂O₅ a partir da testemunha. Já T5 a T8 Rotella BR e as dosagens de adubação (Quadro

1), com análise da parte aérea da planta sendo feita em laboratório, para avaliação dos teores de fósforo.

BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	BLOCO 4
2	8	6	7
5	5	3	8
1	3	7	2
8	4	2	6
3	2	8	4
7	7	1	1
4	6	5	3
6	1	4	5

Quadro 1. Distribuição das repetições e tratamentos: blocos casualizados.

Fonte: Autores (2022).

Os tratamentos foram compostos da seguinte maneira:

Tratamento 1 (T1): 0 kg de P_2O_5 e sem ROOTELLA BR (testemunha);

Tratamento 2 (T2): 133,2 kg P_2O_5 sem ROOTELLA BR;

Tratamento 3 (T3): 224 kg P_2O_5 sem ROOTELLA BR;

Tratamento 4 (T4): 346 kg P_2O_5 sem ROOTELLA BR (Padrão fazenda);

Tratamento 5 (T5): 0 kg de P_2O_5 e com ROOTELLA BR (testemunha);

Tratamento 6 (T6): 133,2 kg P_2O_5 com ROOTELLA BR;

Tratamento 7 (T7): 224 kg P_2O_5 com ROOTELLA BR;

Tratamento 8 (T8): 346 kg P_2O_5 com ROOTELLA BR (Padrão fazenda).

O tratamento da semente foi feito com a aplicação de Rotella BR na dose recomendada de 120 g/ha, 120 mL/ha de inoculante líquido (*Bradyrhizobium japonicum*) 240 g/ha do turfoso (Bioma Brady), 100mL/ha de enraizante (Acaplus), 100mL/ha de StimuControl (*Trichoderma harzianum*), para 33 kg de semente/ha.

A extração do fósforo foi realizada, através da metodologia de Mehlich-1, com moagem do material coletado em campo, identificação e armazenamento. 1 grama da amostra foi colocada no erlenmeyer e misturado 10 mL da solução de Mehlich¹ com a proporção de 1:10, processo repetido com todas as 64 amostras. A solução foi levada à mesa agitadora a 120 rpm por 5 minutos e a decantação durou 16 horas em temperatura ambiente. As amostras decantadas foram filtradas pela gravidade em papéis de filtro WHATMAN 40 e levadas a leitura no espectrofotômetro realizada com curva de calibração $y=C1*0,041/mA$, com concentração de 0,02; 0,04; 0,08 e 0,16 mg/L a partir de uma solução

mãe de KH_2PO_4 a 10 mg/L, usando como reagente um kit comercial de determinação de fósforo. Para a determinação desse fósforo nas amostras utilizou-se 1 mL da solução filtrada da amostra e foi adicionou-se 40 mL de água destilada. Dessa amostra coletou-se 2,5 mL com o auxílio de uma micropipeta e colocou-se em tubos de ensaio esterilizados com solução de limpeza e água destilada. Em cada tubo de ensaio foi colocado 1 gota do Reagente 1 (catalisador), agitado e depois armazenado na geladeira por 3 minutos. Decorrido esse tempo, colocou-se 2 gotas do Reagente 2 (molibdato), levando a agitação e deixando 5 minutos em descanso.

A partir desse tempo, foi realizada a leitura das amostras no espectrofotômetro. Com os dados coletados no aparelho de leitura, determinou-se as concentrações de fósforo das amostras e com esses dados foi criada uma curva de calibração para realização dos cálculos de determinação do fósforo no caule e folha da soja.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott, adotando-se o nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar (*Computer Statistical Analysis System*, versão 5.6).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostram que não houve diferença significativa ao nível 5% com o teste de *Scott Knott*, entre os tratamentos quanto ao teor de fósforo no caule e na folha de soja, sob cultivo em solo com diferentes doses de adubação fosfatada em associação com semente microbiolização com produto comercial à base do fungo micorrízico, *Rhizophagus intraradices* (Tabela 2).

TRATAMENTO	TEOR DE P NA FOLHA (mg.kg)	TEOR DE P NO CAULE (mg.kg)
T1: 0kg P2O5 S/R	3,93 a	1,46 a
T2: 133,2 kg P2O5 S/R	3,32 a	2,79 a
T3: 224 kg P2O5 S/R	1,75 a	2,47 a
T4: 346 kg P2O5 S/R	1,21 a	3,93 a
T5: 0kg P2O5 C/R	1,76 a	1,99 a
T6: 133,2 kg P2O5C/R	3,52 a	2,46 a
T7: 224 kg P2O5 C/R	2,99 a	1,66 a
T8: 346 kg P2O5 C/R	1,11 a	1,67 a
CV (%)	36,63	28,34

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si segundo Scott Knott a 5% de probabilidade. CV= Coeficiente de variação. S//R= sem rootella; C/R= com rootella.

Tabela 2. Teor de fósforo em caule e folha de soja, proveniente de cultivo sob adubação fosfatada e sementes com e sem a inoculação de Rootella BR a base de *Rhizophagus intraradices*.

Fonte: Autores (2022).

Diferentemente dos resultados encontrados por Marin et al. (2015) e Buzo et al. (2021), os quais observaram que a inoculação de plantas de soja com fungos micorrízicos alterou substancialmente tanto a absorção de fósforo como de água, melhorando de forma consistente a produtividade de grãos.

Segundo Freitas (2022), o fósforo é um dos mais importantes nutrientes para a agricultura; mas em solos mais velhos a disponibilidade desse nutriente costuma ser baixa. Por isso, a grande necessidade de se praticar a adubação fosfatada para que as plantas possam se desenvolver de forma mais eficiente; sendo que este costuma ser o maior gasto das lavouras, já que os fertilizantes possuem um valor agregado mais alto. Nesse caso, a inoculação de micorrizas e até mesmo de bactérias pode ser uma boa alternativa para a diminuição desses custos, além das grandes vantagens ambientais

Contudo, no caso do presente experimento, os teores de P (fósforo) naquela área são de necessidades de recomposição de adubação baixa, devido à alta disponibilidade do nutriente no solo e os resultados obtidos, como se analisará a seguir, não foram os esperados.

Outro ponto que precisa ser discutido diz respeito ao prazo de armazenagem das sementes, após a inoculação. No presente caso, as sementes foram inoculadas e logo após plantadas, o que segundo Vieira (2022), melhora o crescimento da soja. De acordo com o autor, o armazenamento de 0 (zero) a 90 (noventa) dias diminui o crescimento dessa cultura. Por isso, a inoculação e o breve plantio também costuma ser a melhor alternativa.

Os fatores que podem ter interferido nos resultados esperados foram: 1) a área trabalhada necessitar de baixa reposição de fósforo, o que provocava mudanças menos notórias em comparação com áreas devastadas O resultado é justificado pela fertilidade do solo, pois com a disponibilidade de nutrientes sendo suficientes, não houve contribuição extra da simbiose para a maioria deles. (Buzo, 2021, p. 40); 2) chuvas intensas na área antes da colheita; 3) durante o tratamento da semente, houve uma associação do produto à base de *Rhizophagus intraradices*, com outros produtos a saber, inoculante líquido (*Bradyrhizobium japonicum*), turfoso (Bioma Brady), enraizante (Aca Plus) e StimuControl (*Trichoderma harzianum*); 4) As plantas foram coletadas no período de maturação, e é nessa fase que as plantas entram em processo de translocação, no qual elas utilizam os nutrientes retidos na raiz e jogam para o caule, folha e frutos para o processo produtivo, o que caracteriza uma necessidade de novos experimentos para analisar o teor de fósforo com a planta em fase vegetativa, pois segundo Buzo (2021), o período em que a planta mais necessita de nutrientes é o fim da fase vegetativa e início da fase reprodutiva.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. R. et al. Estimulante de micorrização em soja associado à adubação fosfatada em latossolos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 4, p. 823-831. 2018.

BRITO, V. N. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de paricá. **Revista Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 485-497. 2017.

BUZO, F. S. **Micorrizas na cultura do milho: promoção de crescimento e maior eficiência da adubação fosfatada**. 2021. 99 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2021.

CARNEIRO, R. F. V. et al. Inoculação micorrízica arbuscular e adubação fosfatada no cultivo de forrageiras consorciadas. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 232, p. 1191-1202. 2011.

FRANÇA, A. C. et al. Crescimento de mudas de cafeeiro inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 506-511. 2014.

FREITAS, Beatriz Souto. **Bioindicadores de qualidade do solo e produtividade da soja em função do residual da adubação fosfatada e inoculação das gramíneas antecessoras com Azospirillum brasilense**. 2022. 74 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Sistemas de Produção Agrícola) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2022.

GONÇALVES, G. K. et al. Adubação fosfatada para cultivares de soja. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 4, p.19151-19161. 2020.

MARIN, R. S. F. et al. Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 3, p. 265-274. 2015.

MILIOLI, A. S. **Ganho genético em caracteres agrônômicos, fenológicos e bioquímicos de soja**. 2021. 84 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Agronomia) – Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco - PR, 2021.

OLIVEIRA, T. C. et al. Produtividade da soja em associação ao fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* cultivado em condições de campo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 18, n. 4, p. 530-535, 2019.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja do plantio à colheita**. Viçosa – MG: Editora UFV, 2015.

SILVA, L. N. **Tolerância fisiológica de plantas de soja submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico inoculadas com fungos micorrízicos**. 2022. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde – GO, 2022.

VIEIRA, A. S. **Crescimento e colonização micorrízica de culturas de interesse agrícola após tratamento de sementes com inoculante a base de rhizophagus intraradices e de agroquímicos**. 2022. 81 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências – Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.