

**Plantas de milho associadas com fungos micorrízicos arbusculares submetidas a restrição hídrica**

Gabriela Antunes da Silva<sup>1</sup>, Guynemer Schelini Neto<sup>2</sup>, Renan Ramos da Rosa<sup>3</sup>, Márcio Rosa<sup>4</sup>,  
Juliana Silva Rodrigues Cabral<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde, Iniciação Científica – PIVIC.

<sup>2</sup>Graduando em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde.

<sup>3</sup>Mestrando em Produção Vegetal, Universidade de Rio Verde.

<sup>4</sup>Professor Doutor, Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde.

<sup>5</sup>Professora Doutora, Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde, juliana.cabral@unirv.edu.br

**Reitor:**

Prof. Dr. Alberto Barella Netto

**Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação:**

Prof. Dr. Carlos César E. de Menezes

**Editor Geral:**

Prof. Dra. Andrea Sayuri Silveira Dias Terada

**Editores de Seção:**

Profa. Dra. Ana Paula Fontana

Prof. Dr. Hidelberto Matos Silva

Prof. Dr. Fábio Henrique Baia

Pra. Dra. Muriel Amaral Jacob

Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza

Prof. Dr. Warley Augusto Pereira

**Fomento:**

Programa PIBIC/PIVIC UniRV/CNPq 2023-2024

**Resumo:** A seca causa a redução da produção do milho, sendo esta cultura de importância na alimentação humana e animal, e combustível. Os fungos micorrízicos arbusculares são simbiotes com o maior número de espécies vegetais de importância agrônômica e proporcionam o aumento da produção agrícola em regiões sob déficit hídricos, pois favorecem o aumento da área de absorção de água e nutrientes. Com isto, objetivou-se com este trabalho analisar plantas de milho associadas com fungos micorrízicos arbusculares submetidas a restrição hídrica. Sementes de milho foram cultivadas em casa de vegetação e inoculadas com fungo micorrízico arbuscular. As plantas foram mantidas irrigadas com 80% de teor de água da capacidade de campo (CC) da germinação até o V3 (três folhas completamente desenvolvidas) sendo submetidas ao 1º déficit hídrico, posteriormente foram reirrigadas a 80% de CC. No estágio V8 (oito folhas completamente desenvolvidas) foram submetidas ao 2º déficit hídrico, fase em que foram realizadas as análises. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, cada tratamento teve 10 repetições, constituída por vaso com 2 plantas cada. Os dados numéricos foram avaliados estatisticamente, mediante a análise de variância com aplicação do teste F (5%) e as médias com o auxílio do software SISVAR 11. Conclui-se, que a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares favorecem o crescimento das plantas de milho em condições de restrição hídrica e que a cultura tem alta dependência micorrízica em condições de seca.

**Palavras-Chave:** *Zea mays*. Micorriza. Simbiose.

***Corn plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi sub to water restriction***

**Abstract:** Drought causes a reduction in corn production, which is an important crop for human and animal nutrition and fuel. Arbuscular mycorrhizal fungi are symbionts with the largest number of plant species of agronomic importance and provide increased agricultural production in regions under water deficit, as they favor the increase in the area of water and nutrient absorption. Therefore, the objective of this study was to analyze corn plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi subjected to water restriction. Corn seeds were grown in a greenhouse and inoculated with arbuscular mycorrhizal fungus. The plants were kept irrigated with 80% of field capacity (FC) water content from germination to V3 (three fully developed leaves) and subjected to the first water deficit, later they were re-irrigated to 80% of FC. At the V8 stage (eight fully developed leaves) they were subjected to the second water deficit, the phase in which the analyses were performed. The experimental design was completely randomized, each treatment had 10 replicates, consisting of a pot with 2 plants each. The numerical data were evaluated statistically, through analysis of variance with application of the F test (5%) and the means with the aid of the SISVAR 11 software. It is concluded that the inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi favors the growth of corn plants under conditions of water restriction and that the crop has high mycorrhizal dependence in drought conditions.

**Keywords:** *Zea mays*. Mycorrhiza. Symbiosis.

### Introdução

O milho (*Zea mays*) é uma das culturas mais produzidas em todo o mundo, sendo importante na alimentação humana e animal, além da obtenção de produtos como bebidas, polímeros e combustíveis (SILVA et al., 2020; SILVA et al., 2021). No Brasil a cultura é cultivada regularmente em dois períodos do ano, sendo denominados de safra e safrinha, decorrência da entressafra (SILVA et al., 2020).

Com alta demanda por água, necessita de 250 a 500 mm de água por ciclo, com sensibilidade ao déficit hídrico provocado pela baixa disponibilidade de água no solo, principalmente no período crítico que inicia no florescimento e vai até preenchimento dos grãos (HERNÁNDEZ et al., 2015). Na cultura do milho, o déficit hídrico causa restrições evidenciados na produtividade, estudos que avaliam a tolerância à seca para a cultura do milho podem trazer melhorias no crescimento e rendimento da cultura em regiões com limitação hídrica (RUFINO, 2012).

Esta cultura é constantemente cultivada em certas regiões cujo ciclo de desenvolvimento condizem com os períodos em que ocorre limitação hídrica, afetando diretamente o desenvolvimento das plantas, e assim a produção da biomassa vegetal. Estima-se que na região tropical, 95% do cultivo seja realizado em áreas propensas à deficiência hídrica, causando declínio de produção de 10% a 50%, variando do estágio fenológico em que a cultura se encontra (RUFINO, 2012).

O milho favorece a simbiose com os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) por exibir eficiência fotossintética, cujos fotoassimilados favorecem e aumentam o desenvolvimento destes microrganismos e o crescimento das plantas é favorecido pelo fungo (COSTA et al., 2020). Estes organismos são simbiotes com o maior número de espécies vegetais de importância agrônômica, principalmente favorecendo o aumento da produção agrícola em solos com baixa fertilidade em regiões sob estresses hídricos. A associação do FMA e planta favorece o aumento da área de absorção de água e de nutrientes, indução da tolerância ou resistência das plantas a metais pesados e redução da incidência e da severidade de doenças em plantas de interesse econômico (COSTA et al., 2020).

Portanto, objetivou-se com este trabalho analisar plantas de milho associadas com fungos micorrízicos arbusculares submetidas a restrição hídrica.

### Material e Métodos

Sementes de milho (cultivar P3707VYH) foram germinadas em vasos de 8 litros e crescidas em casa de vegetação localizada no Campus sede da Universidade de Rio Verde (UniRV), Rio Verde – Goiás, sob condições naturais de luz, umidade relativa (65-85%) e temperatura 27°C.

O solo foi coletado em área comercial de cultivo, uma amostra foi retirada para análise química do solo para ver a necessidade de calagem deste de acordo com sua saturação por base, e posterior adubação. Foi aplicado calcário no solo, ficou reagindo por 20 dias, até chegar na saturação por base recomendada para a cultura (60 %).

A introdução dos fungos micorrízicos arbusculares ocorreu através de tratamento de sementes

segundo a recomendação comercial, sendo utilizado o Endofuse® (*Glomus mosseae*, *Glomus aggregatum*, *Glomus intraradices* e *Glomus etunicatum*)

Após a germinação, as plantas de milho foram cultivadas normalmente até estágio V3 (três folhas expandidas com formação do colar), sendo adicionado água até a 80% da capacidade de campo (CC) em todos os vasos, ou seja, quando o solo retém o máximo de água que suporta. Após as plantas foram submetidas a restrição hídrica por sete dias, sendo aplicado os seguintes tratamentos: 1) milho sob restrição hídrica sem inoculação (DW - FMA); 2) milho sem inoculação irrigado (WW - FMA); 3) milho com inoculação sob restrição hídrica (DW + FMA) e 4) milho com inoculação irrigado (WW + FMA). Após, sete dias em restrição hídrica as plantas foram reirrigadas até 80 % da CC e mantidas até o estágio V7 (sete folhas expandidas com formação do colar) onde novamente foi aplicada a restrição hídrica por sete dias.

Ao final do segundo período de restrição hídrica e recuperação das plantas de milho foram realizadas as avaliações de peso seco de folhas, raízes e dependência micorrízica.

O controle do conteúdo de água foi realizado através de sensores de irrigação, modelo 10 HS (METER Group, Inc. USA) após a medição da CC através do método gravimétrico.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, cada tratamento teve 10 repetições, constituída por vaso com 2 plantas cada. Os dados numéricos foram avaliados estatisticamente, mediante a análise de variância com aplicação do teste F (5%) e as médias com o auxílio do software SISVAR 11 (FERREIRA, 2011).

### Resultados e Discussão

O peso seco de parte aérea foi maior em plantas de milho irrigadas quando na ausência dos FMA, seguido das plantas irrigadas inoculadas com FMA, menor ganho de massa foi obtido em plantas sob déficit hídrico em ausência de FMA (Figura 1). A associação com esses organismos é caracterizada principalmente pela presença de arbúsculos, sendo estruturas responsáveis pela troca de nutrientes entre os simbiossomas, onde a planta transfere moléculas orgânicas para o fungo, principalmente açúcares, e o fungo transfere moléculas de água, sais minerais e íons para a planta (LINO et al., 2014) favorecendo seu crescimento em condições abióticas adversas.

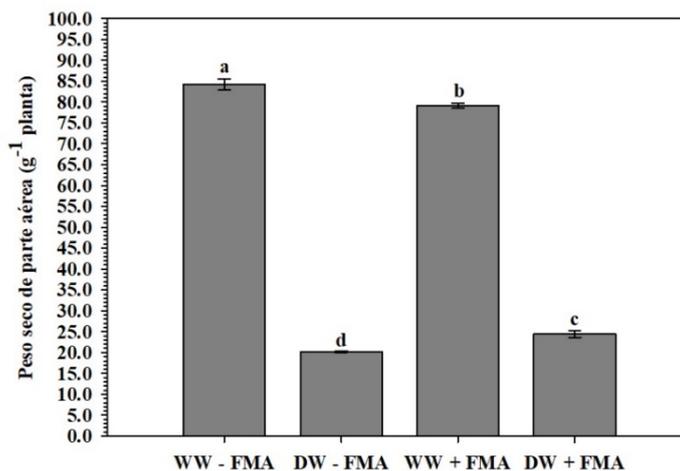


Figura 1 – Peso seco de parte aérea de plantas de milho associadas a fungos micorrízicos arbusculares submetidas a restrição hídrica. WW – FMA (plantas irrigadas em ausência de FMA); DW – FMA (plantas sob restrição hídrica em ausência de FMA); WW + FMA (plantas irrigadas com FMA); DW + FMA (plantas sob restrição hídrica com FMA). ± Barra erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Fonte: autoria própria

A inoculação de FMA faz com que a planta seja mais eficiente em captar água e nutrientes disponíveis em comparação com plantas que não foram inoculadas, já que deve-se considerar que o potencial micorrízico nativo do solo de sistemas agrícolas pode ser insuficiente em quantidade e qualidade (KOIDE; MOSSE, 2004), resultando em baixa contribuição destes para o desenvolvimento

satisfatório das plantas (LINO et al., 2014), com isto, a introdução de microrganismos específicos favorece a tolerância a estresses abióticos das plantas nesses sistemas. No presente trabalho observa-se que plantas inoculadas submetidas a déficit hídrico tiveram maior peso seco de parte aérea do que quando não inoculadas na mesma condição, demonstrando a eficácia do microrganismo.

Quanto ao peso seco de raízes, plantas irrigadas na presença e ausência do FMA tiveram maiores valores, enquanto quando submetidas a restrição hídrica na ausência do FMA tiveram menor peso seco (Figura 2). Os FMA, além dos arbúsculos, formam outras estruturas como vesículas, esporos e micélio extra-radicular, que atuam como complemento da raiz, ampliando a ocupação do solo e a absorção de nutrientes e água (WILLIS et al., 2013) favorecendo o crescimento da estrutura, conforme observado no presente trabalho.

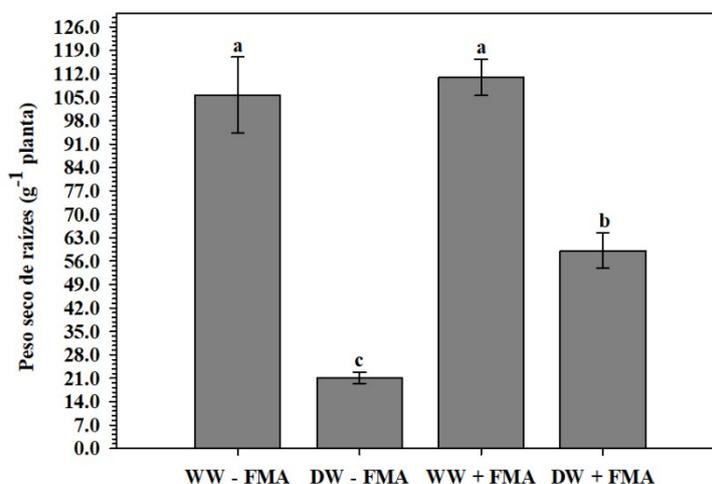


Figura 2 – Peso seco de raízes de plantas de milho associadas a fungos micorrízicos arbusculares submetidas a restrição hídrica. WW – FMA (plantas irrigadas em ausência de FMA); DW – FMA (plantas sob restrição hídrica em ausência de FMA); WW + FMA (plantas irrigadas com FMA); DW + FMA (plantas sob restrição hídrica com FMA). ± Barra erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Fonte: autoria própria

Plantas com raízes fasciculadas, como é o caso das gramíneas, favorecem a esporulação dos FMA no solo por serem abundantes, de rápido crescimento e terem grande capacidade de fornecer fotossintatos ao fungo. Além disso, a exsudação de compostos bioativos pelas raízes estimula a germinação e o crescimento micelial, favorecendo a colonização e o número de glomerosporos (SIQUEIRA; KLAUBERG-FILHO et al., 2000).

Plantas de milho quando em restrição hídrica demonstraram maior dependência micorrízica em comparação com plantas na condição irrigada (Tabela 1).

Tabela 1 – Dependência micorrízica (%) de plantas de milho inoculadas com fungos micorrízicos sob diferentes regimes hídricos.

Tratamentos	Dependência micorrízica (DM %) <sup>1</sup>
WW + FMA	- 6,7645
DW + FMA	48,2477

<sup>1</sup>DM= [(peso seco de plantas inoculadas – peso seco de plantas não inoculadas) /peso seco de plantas inoculadas] x 100

WW = Plantas irrigadas; DW= plantas submetidas a restrição hídrica.

A maioria das plantas superiores formam simbiose com os FMA, porém o grau de especificidade, a compatibilidade das espécies de fungos micorrízicos no solo e as características genéticas do hospedeiro determinam a dependência micorrízica (COLODETE et al., 2014; CANTON, 2012). Cada

espécie de planta hospedeira tem uma dependência diferente, que pode variar de acordo com a espécie de FMA e condições de solo (BALOTA et al., 2011).

Os FMA são os principais microrganismos do solo e formam associações simbióticas mutualísticas com as raízes da maioria das plantas terrestres (FOLLI-PEREIRA et al., 2012) sendo de importância em períodos de restrição hídrica, como demonstrado no presente trabalho com plantas de milho.

### **Conclusão**

Os fungos micorrízicos arbusculares favorecem o crescimento das plantas de milho em condições de restrição hídrica.

Plantas de milho tem alta dependência micorrízica em condições de seca.

### **Agradecimentos**

Ao Programa de Iniciação Científica que chancelou a execução do projeto de pesquisa na modalidade PIVIC.

### **Referências Bibliográficas**

- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; STENZEL, N. M. C. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com níveis de fósforo. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 166-175, 2011.
- CANTON, G. C. **Efeito do manganês sobre a ecofisiologia e bioquímica de ectomicorrizas**. 2012. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas) - Universidade de Vila Velha, Vila Velha, ES, 2012.
- COLODETE, C. M.; DOBBS, L. B.; RAMOS, A. C. Aplicação das Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas. **Natureza on line**, v. 12, n. 1, p. 31-37, 2014.
- COSTA, F. M.; DOS SANTOS, G. M.; BARRETO, M. C. V.; VIÉGAS, P. R. A.; MARINO, R. H. Crescimento de milho crioulo cultivado com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 3, p. 983-1000, 2020.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FOLLI-PEREIRA, M. S.; MEIRA-HADDAD, L. S.; BAZZOLLI, D. M. S.; KASUYA, M. C. M. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p.1663-1679, 2012.
- HERNÁNDEZ, M.; ECHARTE, L.; DELLA MAGGIORA, A.; CAMBARERI, M.; BARBIERI, P.; CERRUDO, D. Maize water use efficiency and evapotranspiration response to N supply under contrasting soil water availability. **Field Crops Research**, v. 178, n. 1, p.8-15, 2015.
- KOIDE, R. T., MOSSE, B. **A history of research on arbuscular mycorrhiza**. **Mycorrhiza**, v. 14, p. 145-163, 2004.
- LINO, I. A. N. **Produtividade do milho e atividade biológica do solo sob influência de fungos micorrízicos arbusculares e de adubação orgânica**. 2014. 55 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.
- RUFINO, C. D. A.; TAVARES, L. C.; VIEIRA, J. F.; DÖRR, C. S.; VILLELA, F. A.; BARROS, A. C. S. A. Desempenho de genótipos de milho submetidos ao déficit hídrico no estágio vegetativo. **Magistra**, v. 24, n. 3, p. 217-225, 2012.
- SILVA, L. E. B.; DE SALES SILVA, J. C.; DE SOUZA, W. C. L.; LIMA, L. L. C.; DOS SANTOS, R. L. V. Desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.): revisão de literatura. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1636-1657, 2020.
- SILVA, S.; PAZ SOUSA, A. C.; SILVA, C. S.; ARAÚJO, E. R.; SILVA, S. M. A.; TEODORO, I. **Parâmetros produtivos do milho sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro**. Irriga, v. 1, n. 1, p. 30-41, 2021.
- SIQUEIRA, J. O.; KLAUBERG-FILHO, O. 2000. **Micorrizas arbusculares: a pesquisa brasileira em perspectiva**. In: Novais, R.F.; Alvarez, V.H.; Schaefer, C.E.G.R. (Eds.). I Tópicos em ciências do solo. Viçosa SBCS, pp. 235-259.
- WILLIS, A.; RODRIGUES, B. F.; HARRIS, P. J. C. The ecology of arbuscular mycorrhizal fungi. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 32, p. 1-20, 2013.