

## CRESCIMENTO DE MILHO CRIOULO CULTIVADO COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

France Mário Costa<sup>1</sup>

Gabrieli Meneses dos Santos<sup>2</sup>

Marcos Cabral Vasconcellos Barretto<sup>3</sup>

Pedro Roberto Almeida Viégas<sup>4</sup>

Regina Helena Marino<sup>5</sup>

**RESUMO:** Os fungos micorrízicos arbusculares realizam simbiose com a maioria das espécies de plantas e podem influenciar no crescimento, na resistência à seca e também reduzir o consumo de fertilizantes minerais, a depender da interação com a planta hospedeira. O objetivo deste trabalho foi avaliar a colonização micorrízica e a sua interação no crescimento do milho crioulo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado composto por quatro tratamentos: controle (sem inoculante micorrízico) e três isolados micorrízicos arbusculares (UFLA351 - *Rhizoglyphus clarum*, UFLA372 - *Claroideoglyphus etunicatum* e UFLA401 - *Acaulospora morrowiae*) com cinco repetições. A colonização micorrízica do milho crioulo é arbuscular-vesicular com o emprego dos isolados UFLA351, UFLA372 e UFLA401. A alta taxa de colonização micorrízica do milho crioulo não garante incremento na biomassa, mas pode influenciar na emissão das inflorescências. O milho crioulo foi responsivo à inoculação do isolado UFLA372.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomassa vegetal; Microrganismos endofíticos; Poaceae.

---

<sup>1</sup> Mestrando no Programa de *Strico sensu* em Agricultura e Biodiversidade (PPGAGRI) Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão (SE), Brasil

<sup>2</sup> Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão (SE), Brasil

<sup>3</sup> Doutor em Solos e nutrição de plantas pela USP. Docente da Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão (SE), Brasil

<sup>4</sup> Doutor em Fitotecnia pela UFV. Docente da Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão (SE), Brasil

<sup>5</sup> Doutora em Biotecnologia pela UNESP. Docente da Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão (SE), Brasil. E-mail: rehmarino@hotmail.com

## GROWTH OF CREOLE CORN CULTIVATED WITH ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI

**ABSTRACT:** Arbuscular mycorrhizal fungi produce symbiosis with most plant species and may affect growth, resistance to drought and reduction in mineral fertilizers, depending on interaction with host plant. Current paper evaluates mycorrhizal colonization and its interaction in the growth of creole corn. Totally randomized experimental design comprised four treatments: control (without mycorrhizal inoculant) and three mycorrhizal arbuscular isolates (UFLA351 - *Rhizoglyphus clarum*, UFLA372 - *Claroideoglyphus etunicatum* and UFLA401 - *Acaulospora morrowiae*), with three replications. Mycorrhizal colonization of creole corn is arbuscular-vesicular with the use of isolates UFLA351, UFLA372 and UFLA401. High mycorrhizal colonization rate of creole corn does not guarantee increase in biomass, but may affect the emission of inflorescence. Creole corn was responsive to inoculation of isolate UFLA372.

**KEY WORDS:** Endophyte microorganisms; Poaceae; Vegetal biomass.

### INTRODUÇÃO

No Brasil, o milho (*Zea mays* Linneu, Poaceae) é uma das culturas de maior importância no país, e que, em conjunto com a soja, representam 89% da produção agrícola (IBGE, 2018). No Estado de Sergipe, o cultivo do milho concentra-se em alguns municípios da região do Agreste Central e Centro Sul, cujo principal entrave na produção desta poácea é o déficit hídrico na maior parte do período do ano (CUENCA *et al.*, 2016).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são microrganismos simbiotes com a maior parte de espécies de importância agrônômica principalmente no aumento da produção agrícola, em solos com baixa fertilidade em regiões sob estresses hídricos (MIRANDA, 2008). Os benefícios da associação FMA x planta são, por exemplo, aumento da área de absorção de água e de nutrientes (JALONEN *et al.*, 2013); indução da tolerância ou resistência das plantas a metais pesados e redução da incidência e da severidade de doenças em plantas de interesse econômico (MARTINS; MELLONI; MELLONI *et al.*, 2017).

Na simbiose entre os FMAs e as plantas hospedeiras são formadas estruturas micorrízicas como hifas extrarradiculares, arbúsculos, vesículas e esporos micorrízicos. As hifas extrarradiculares aumentam a área de absorção de água e de nutrientes, além de liberarem uma glicoproteína responsável pela agregação das partículas do solo, o que contribui para conservação do solo (SILVA *et al.*, 2016). As hifas podem formar as vesículas, os arbúsculos e os esporos micorrízicos. As vesículas são estruturas consideradas de reserva de fonte de carbono e de energia para o fungo simbiote, quando a planta não supre as necessidades dos FMAs ou na ausência de arbúsculos (MÜLLER *et al.*, 2017). Os arbúsculos são hifas intrarradiculares diferenciadas, efêmeras e responsáveis por disponibilizar nutrientes como nitrogênio e fósforo diretamente à planta hospedeira que, por sua vez, transfere fotoassimilados essenciais ao metabolismo fúngico (MIRANDA, 2008; NAKMEE; TECHAPINYAWAT; NGAMPRASITC, 2016).

O milho estimula a simbiose com os FMAs, por apresentar eficiência fotossintética, cujos fotoassimilados favorecem o desenvolvimento destes microrganismos e o crescimento das plantas (CARRENHO *et al.*, 2010). E Ducca *et al.* (2015) ressaltaram que o aumento da biomassa das plantas micorrizadas nem sempre está correlacionado a uma elevada taxa de colonização, uma vez que depende da interação FMA x planta.

Agudelo (2016) observou uma maior diversidade de FMAs no milho crioulo em relação ao milho híbrido convencional e que a fertilidade do solo influencia na colonização micorrízica e na formação dos arbúsculos. García e Mendonza (2008) citam que a formação de arbúsculos e vesículas também podem ser influenciadas pela estação do ano de cultivo da planta hospedeira.

No entanto, não foram encontrados registros para o milho crioulo cultivado na região Nordeste do Brasil, bem como efeito na colonização no seu desenvolvimento. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a colonização micorrízica e sua interação no crescimento vegetativo e na floração do milho crioulo, em Sergipe, Brasil.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado composto por quatro tratamentos, a saber: controle (sem inoculante micorrízico) e três isolados micorrízicos, com cinco repetições. Os isolados micorrízicos testados foram: UFLA351 - *Rhizoglosum clarum* (Nicolson & Schenck) Sieverd. Silva & Oehl, Glomeraceae; UFLA372 - *Claroideoglosum etunicatum* (Becker & Gerd.) Walker & Schüßler, Claroideoglomeraceae; e UFLA401 - *Acaulospora morrowiae* Spain & Schenck, Acaulosporaceae.

A multiplicação do inoculante dos isolados fúngicos foi realizada em vasos plásticos de 2 litros contendo solo arenoso, autoclavado a 120 °C por 1 hora e repetido após 24 horas. A distribuição do inoculante foi realizada entre duas camadas do solo arenoso autoclavado, semeada a braquiária (*Brachiaria brizantha* Hochst. ex. A. Rich) Stapf.; Poaceae) e incubado em estufa agrícola, com irrigação por aspersão, durante 60 dias. Após este período, a parte aérea das plantas foi cortada e a irrigação suspensa, com o objetivo de estimular a esporulação. O inoculante foi composto por areia contendo fragmentos de raízes de braquiária com 231 esporos por 100 g de solo arenoso. O número de esporos foi determinado pelo método de peneiramento úmido segundo Gerdemann e Nicolson (1963).

O bioensaio foi realizado em sacos plásticos com capacidade de 3 Kg de solo arenoso autoclavado. Para isso, o inoculante fúngico foi distribuído entre duas camadas do solo autoclavado, conforme o tratamento. No controle não foi adicionado inoculante fúngico, sendo utilizado apenas solo arenoso autoclavado. Em seguida, foram semeadas três sementes de milho crioulo por saco, estes foram distribuídos ao acaso em estufa agrícola e cultivados por 99 dias com irrigação por aspersão. Após 15 dias de cultivo, foi conduzida apenas uma planta por unidade experimental (sacos plásticos) e realizada a adubação de cobertura à base de composto orgânico. Após sete dias, foram adicionados 5 mL da solução do fertilizante mineral (6 g L<sup>-1</sup>) composto por 15% de N e 14% de KCl, por saco e repetido semanalmente.

As variáveis analisadas foram: taxa de germinação das sementes, altura da planta, número de folhas, número de inflorescência, comprimento da raiz, massa

seca da parte aérea e da raiz, volume da raiz, dependência micorrízica, colonização e estruturas micorrízicas.

A taxa de germinação das sementes de milho foi avaliada por tratamento e por até 15 dias após a sementeira. A altura da planta foi determinada com auxílio de uma régua milimétrica, utilizando-se como padrão inicial o colo da planta. O número de folhas foi determinado por contagem a partir da emissão das folhas definitivas. A altura das plantas e o número de folhas foram avaliados semanalmente. O número de inflorescência foi avaliado a partir do surgimento da 1ª inflorescência aos 76, 78, 80, 83, 86, 90 e 92 dias após a sementeira, através de contagem.

O comprimento da raiz foi avaliado com auxílio de régua milimétrica e o volume da raiz pelo princípio de deslocamento de água. Para isso, cortou-se a raiz na altura do colo e, após a lavagem em água corrente, a mesma foi transferida para uma proveta contendo 500 mL de água destilada. O volume de água deslocado foi anotado e por diferença foi calculado o volume, em mL. A massa seca da parte aérea e da raiz foram determinadas com auxílio de balança semi-analítica, após o corte na altura do colo e da secagem do material vegetal em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até peso constante. A dependência micorrízica do comprimento da raiz foi avaliada pela equação 1:  $DM (\%) = [(PM-PC)/PM] \times 100$ , onde PM - valor da variável na planta micorrizada e PC - valor da variável na planta controle (sem inoculação). A classificação da dependência micorrízica utilizada foi a descrita por Machineski, Balota e Souza (2011), em que plantas que apresentaram valores > 75% foram classificadas com dependência excessiva; de 50 a 75% com dependência alta; 25 a 50% com dependência moderada; e < 25% com dependência marginal ou não responde à inoculação.

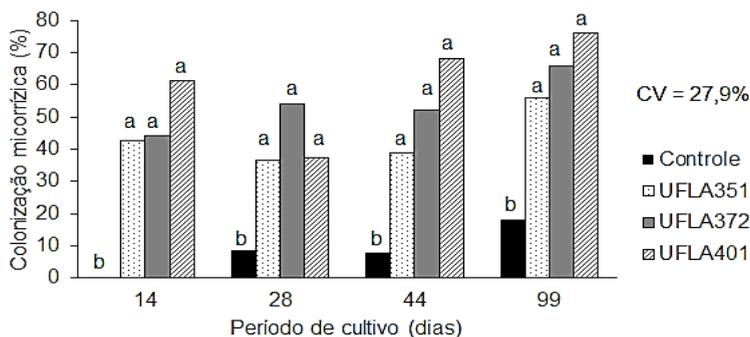
A colonização e as estruturas micorrízicas (hifas extrarradiculares, vesículas e arbúsculos) foram avaliadas pelo método de intersecção segundo a metodologia descrita por Santos *et al.* (2018).

Os resultados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e, nos casos em que houve diferença significativa, foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de significância para comparação das médias. Na análise de regressão foi aplicado o teste F a 5% de probabilidade e, nas análises de correlação, foi aplicado o teste t a 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa média de germinação das sementes do milho crioulo foi de 78,3%, sem diferença entre os tratamentos controle e com os isolados UFLAs (Figura 1). Lima *et al.* (2014) observaram o aumento da taxa de germinação do milho quando inoculada a mistura de FMAs de *Rhizoglossum* (= *Glomus*) *clarum* + *Gigaspora margarita* em relação ao controle (sem FMAs), o que difere dos dados obtidos neste trabalho. Por outro lado, Diniz *et al.* (2006) observaram que a microbiolização das sementes de alface com fungos micorrízicos reduziu a germinação, mas Pereira *et al.* (2011) enfatizam que o efeito dos FMAs sobre a germinação depende da interação FMA x planta.

O milho crioulo inoculado com FMAs apresentou colonização micorrízica de 36,7 a 76,0%, sem diferença significativa entre os isolados UFLAs durante o período de cultivo, cujos dados foram ajustados à regressão linear em todos os tratamentos. No tratamento controle, foi detectada colonização micorrízica de 8,44% aos 28 dias de cultivo, cujo incremento nesta variável também foi ajustado à regressão linear até 99 dias de cultivo. A taxa de colonização do milho crioulo no controle foi significativamente inferior em relação ao emprego dos isolados UFLAs (Figura 1).



$$\text{Controle } y = 0,19x - 0,11; R^2 = 0,90^*$$

$$\text{UFLA372 } y = 0,23x + 43,51; R^2 = 0,89^*$$

$$\text{UFLA351 } y = 0,20x + 34,37; R^2 = 0,89^*$$

$$\text{UFLA401 } y = 0,29x + 47,16; R^2 = 0,72^*$$

**Figura 1.** Colonização micorrízica das plantas de milho crioulo cultivadas FMAs<sup>1</sup> por até 99 dias da semeadura<sup>2,3</sup>

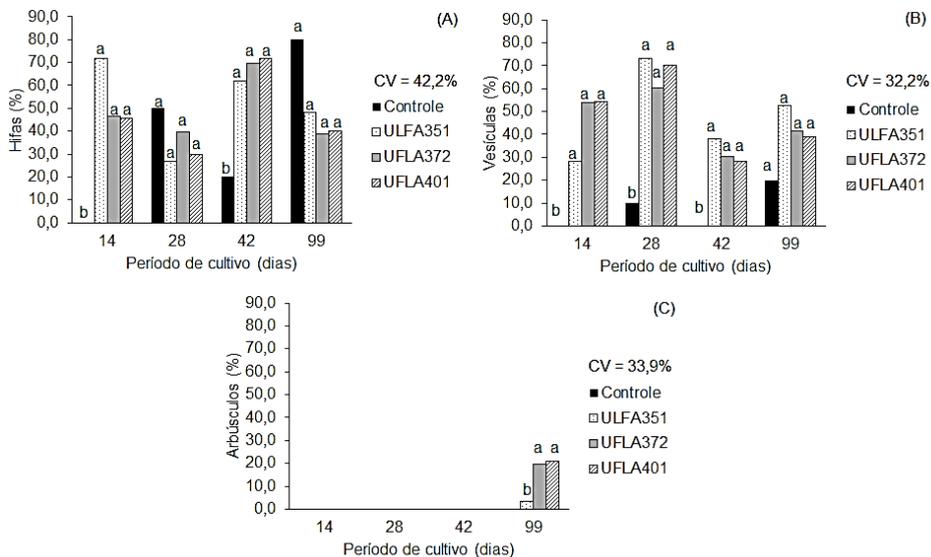
<sup>1</sup>Tratamentos: Controle - sem FMAs; UFLA351 - *Rhizoglossum clarum*; UFLA372 - *Claroideoglossum etunicatum*; e UFLA401 - *Acaulospora. morrowiae*; <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>3</sup>\* = significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

Carneiro *et al.* (1998) citam que valores acima de 50% de colonização micorrízica podem ser considerados altos, tal como observado com o milho crioulo cultivado com o isolado UFLA401, UFLA372 e UFLA351 aos 14, 28 e 44 dias de cultivo (Figura 1). A precocidade na colonização micorrízica do milho pelo isolado UFLA401 pode estar correlacionada ao fato que esta espécie foi considerada dominante como citado por Agudelo (2016) em milho crioulo. De forma geral, os valores observados de colonização micorrízica foram similares aos 39,6 a 74,4% observados em milho consorciado com soja (RAMOS *et al.*, 2012). Tian *et al.* (2013) também obtiveram colonização micorrízica de 29,9 a 72% do milho por FMAs nativos. Em relação aos isolados micorrízicos testados, Santos *et al.* (2018) observaram que a inoculação dos isolados UFLA351, UFLA372, UFLA401 no capim vetiver (*C. zizanioides*) resultou em colonização micorrízica de 1,0, 15,9 e 12,3%, respectivamente, o que demonstra que a colonização depende da interação dos isolados UFLAs com a espécie vegetal e não somente da estação do ano, como citado por García e Mendonza (2008), pois ambos os bioensaios foram realizados durante a primavera.

A elevada colonização micorrízica do milho crioulo pode ser devido à maior eficiência fotossintética das poáceas, que possibilita a disponibilidade de fotoassimilados necessários aos fungos micorrízicos (CARRENHO *et al.*, 2010). Cavalcante, Goto e Maia (2008) citam que cerca de 10% dos fotoassimilados produzidos pelas plantas são destinados aos FMAs para manutenção da simbiose. Por sua vez, os fungos disponibilizam água e nutrientes, como nitrogênio e fósforo às plantas através das hifas e arbúsculos. Na ausência dos arbúsculos, as vesículas podem suprir as necessidades nutricionais dos fungos, pois são consideradas estruturas de sobrevivência (MÜLLER *et al.*, 2017). No entanto, é importante considerar que os arbúsculos são estruturas efêmeras e que não podem ser detectados durante as avaliações da colonização.

No milho crioulo, cultivado com os isolados UFLAs, a colonização micorrízica foi caracterizada pela presença de hifas extrarradiculares, vesículas sem diferença entre os isolados aos 14, 28 e 42 dias de cultivo, mas significativamente superior ao observado no tratamento controle. Aos 99 dias de cultivo, a percentagem de hifas extrarradiculares e vesículas não apresentaram diferença entre os tratamentos com os isolados UFLAs e controle. Nos tratamentos UFLA372 e UFLA401, os arbúsculos foram detectados somente aos 99 dias de cultivo, com valores de 19,7% e 21,1%,

respectivamente, sem diferença significativa entre os isolados, exceto quando comparado com UFLA351 que apresentou 3,3% de arbúsculos. Não houve formação de arbúsculos no tratamento controle (Figura 2). Os dados de percentagem de hifas extrarradiculares, vesículas e arbúsculos obtidos durante o período de cultivo não foram ajustados a nenhum modelo de regressão, em todos os tratamentos.



**Figura 2.** Hifas (A), vesículas (B) e arbúsculos (C) observados em plantas de milho crioulo cultivada com FMAs<sup>1</sup> por até 99 dias após a semeadura<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tratamentos: Controle - sem FMAs; UFLA351 - *R. clarum*; UFLA372 - *C. etunicatum*; e UFLA401 - *A. morrowiae*; <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

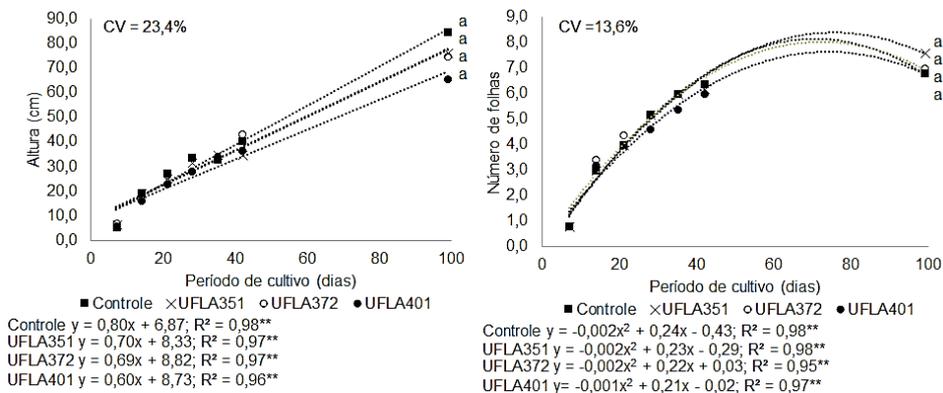
García e Mendonza (2008) citaram que a estação do ano pode influenciar na formação de arbúsculos e de vesículas em poáceas de clima temperado. Em poáceas de clima tropical, Santos *et al.* (2018) observaram que o capim vetiver (*C. zizanioides*) foi colonizado pelos isolados UFLA372 e UFLA401, com formação de apenas vesículas na primavera/verão. No milho crioulo, a formação dos arbúsculos ocorreu no final da primavera e início do verão, em todos os tratamentos UFLAs.

Agudelo (2016) observou que a colonização micorrízica do milho crioulo por FMAs nativos foi caracterizada por 69% de arbúsculos e 17% de vesículas com

FMA nativos, o que difere dos valores médios de 3,7% de arbúsculos, 47,5% vesículas e 48,8% de hifas extrarradiculares observados nos tratamentos UFLAs. A diferença na colonização micorrízica entre genótipos de milho também foi citada por Gomes *et al.* (2015). Segundo estes autores, as plantas podem exsudar compostos que estimulam ou inibem a colonização das plantas hospedeiras, bem como influenciar na especificidade do FMA quanto à planta hospedeira.

Jalonen *et al.* (2013) citam que a relação arbúsculo/vesícula é importante para se conhecer a interação dos FMAs com a planta hospedeira e que valores baixos desta relação indicam competição por água e nutrientes entre os simbioses. Assim, a relação arbúsculos/vesículas de 0,07, 0,32 e 0,94 observada nos tratamentos UFLA351, UFLA372 e UFLA401, respectivamente, após 99 dias de cultivo pode ser considerada baixa e reduzir a quantidade de nutrientes para o desenvolvimento do milho crioulo. Por outro lado, Gómez e Villate (2010) observaram um incremento de isoflavonoides e flavonoides durante a formação de arbúsculos, substâncias estas que são responsáveis pela resistência sistêmica. Assim, a formação dos arbúsculos no milho crioulo com os isolados UFLAs pode ativar os genes de resistência contra determinados patógenos e reduzir a incidência e a severidade de doenças em campo, tal como citado por Folli-Pereira *et al.* (2012).

Nakmee, Techapinyawat e Sngamprasitc (2016) observaram que a colonização micorrízica do sorgo aumentou a absorção de nutrientes, como o nitrogênio, o que favoreceu o crescimento vegetal, mas especificamente, no milho crioulo, a inoculação dos isolados UFLAs não influenciou no crescimento em altura da planta e no número de folhas, quando comparado aos valores obtidos no tratamento controle. Os dados de altura da planta e do número de folhas foram ajustados às regressões linear (altura da planta) e quadrática (número de folhas) com o aumento do período de cultivo do milho crioulo (Figura 3).



**Figura 3.** Altura da planta e número de folhas de milho crioulo cultivado com isolados fúngicos micorrízicos<sup>1</sup> por 99 dias após a semeadura em estufa agrícola<sup>2,3</sup>.

<sup>1</sup>Tratamentos: Controle - sem FMAs; UFLA351 - *R. clarum*; UFLA372 - *C. etunicatum*; e UFLA401 - *A. morrowiae*; <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra, aos 99 dias, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>3</sup>\*\* = significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F.

Campos, Andrade e Cassiolato (2010) também observaram que as plantas de milho dos genótipos Tractor e Pirão VD2 não apresentaram diferença significativa na variável altura de planta micorrizada em relação ao controle (sem FMAs). Da mesma forma, Santos *et al.* (2018) também não observaram diferença na altura das plantas do capim vetiver (*C. zizanioides*) inoculadas com os isolados UFLA351, UFLA372 e UFLA401.

Em relação ao número de folhas, Bergamaschi e Matzenauer (2014) citaram que as plantas de milho apresentam oito folhas desdobradas, após quatro semanas da emergência. Neste trabalho, o milho crioulo apresentou 5,1 folhas em média aos 28 dias de cultivo, sem diferença entre os tratamentos UFLAs e controle. Este resultado pode estar relacionado ao fato de ter sido utilizado solo arenoso autoclavado, sem adição de adubos minerais e/ou orgânicos até 15 dias de cultivo. Além disso, o volume de substrato utilizado de 3 Kg pode ter limitado o desenvolvimento das plantas e a interação FMA x planta em todos os tratamentos.

Tian *et al.* (2013) observaram que plantas com seis folhas apresentaram colonização micorrízica caracterizada pela presença de vesículas e arbúsculos. Enquanto que neste mesmo estágio do milho crioulo foram observadas apenas vesículas, o que pode ter influenciado na formação das folhas durante o período de cultivo. É importante considerar que não houve correlação entre a colonização

micorrízica, a percentagem de arbúsculos e de vesículas com a altura das plantas e o número de folhas do milho crioulo.

O emprego dos isolados UFLAs não influenciou no comprimento da raiz, do volume da raiz, na massa seca da raiz do milho crioulo em relação às plantas do controle. E as plantas micorrizadas apresentaram redução significativa de 26% a massa seca da parte aérea em comparação ao controle (Tabela 1). Nos tratamentos com os isolados UFLAs não houve correlação entre as variáveis de comprimento da raiz, volume de raiz, massa seca de raiz e massa seca da parte aérea com a colonização micorrízica, a percentagem de hifas extrarradiculares, de vesículas e de arbúsculos. No controle, a colonização micorrízica foi correlacionada negativamente com a massa seca de raiz ( $r = -0,91$ ;  $p < 0,05$ ) e com o volume de raiz ( $r = -0,94$ ;  $p < 0,05$ ), ou seja, baixa taxa de colonização do milho crioulo favoreceu o crescimento em raiz.

**Tabela 1.** Comprimento de raiz (CR), volume de raiz (VR), massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) do milho crioulo cultivado com FMAs após 99 dias da sementeira

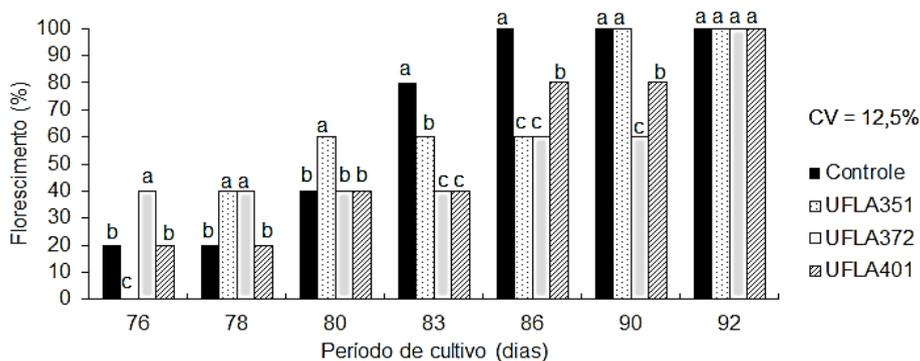
Tratamento <sup>1</sup>	CR (cm)	VR (mL)	MSR (g)	MSPA (g)
Controle	27,6 a	20,6 a	1,8 a	9,1 a
UFLA351	33,4 a	17,2 a	1,7 a	6,8 b
UFLA372	38,2 a	14,8 a	1,5 a	7,0 b
UFLA401	33,6 a	14,8 a	1,5 a	6,4 b
CV (%)	28,7	26,3	27,4	17,3

<sup>1</sup>Tratamentos: Controle - sem FMAs; UFLA351 - *R. clarum*; UFLA372 - *C. etunicatum*; e UFLA401 - *A. morrowiae*; <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Machineski, Ballota e Souza (2011) citaram que plantas que apresentam dependência micorrízica acima de 25% são responsivas à inoculação de FMAs. Assim, o milho crioulo foi responsivo à inoculação de UFLA372, pois apresentou incremento no comprimento da raiz de 25,6% em relação ao controle, a qual pode ser considerada uma dependência micorrízica moderada. Por outro lado, a dependência micorrízica para o comprimento da raiz do milho crioulo cultivado com UFLA351 e UFLA401 foi de 13,1e 9,8%, respectivamente, sendo o milho crioulo não responsivo à inoculação destes isolados, o que difere do resultado apontado por Campos, Andrade e Cassiolato (2010) no milho cultivado com FMAs nativos. Estes autores

também verificaram que a colonização micorrízica do milho favoreceu o aumento da massa seca da raiz, ao contrário do que foi obtido com o milho crioulo cultivado com os isolados UFLAs. Da mesma forma, Santos *et al.* (2018) observaram que os isolados UFLA351, UFLA372 e UFLA401 também não influenciaram na formação da biomassa do capim vetiver (*C. zizanioides*), mas favoreceram o aumento da formação de raízes finas, tal como observado com o milho crioulo, o que poderá ser importante no aumento da área de absorção de água e de nutrientes pelas plantas micorrizadas, podendo inclusive influenciar na resistência a fatores de estresse como déficit hídrico (AUGÉ, 2001) ou baixa fertilidade do solo (MIRANDA, 2008).

Em relação ao florescimento, o milho crioulo iniciou a emissão das inflorescências a partir do 76º dia de cultivo, mas apenas nos tratamentos com UFLA372, UFLA401 e controle. O cultivo do milho crioulo com UFLA351 apresentou emissão das inflorescências aos 78 dias de cultivo, mas obteve 100% das inflorescências aos 90 dias, enquanto que com UFLA372 e UFLA401 aos 92 dias de cultivo. No tratamento controle, as plantas apresentaram 100% das inflorescências aos 86 dias após a semeadura. Ressalta-se que os dados de percentagem de inflorescências durante o período de cultivo foram ajustados ao modelo de regressão linear, em todos os tratamentos (Figura 4).



$$\text{Controle } y = 5,81x - 420,07; R^2 = 0,87^*$$

$$\text{UFLA351 } y = 5,28x - 381,33; R^2 = 0,85^*$$

$$\text{UFLA372 } y = 3,11x - 205,45; R^2 = 0,71^*$$

$$\text{UFLA401 } y = 5,11x - 372,81; R^2 = 0,93^*$$

**Figura 4.** Percentagem média das inflorescências formadas em milho crioulo cultivado com isolados micorrízicos arbusculares<sup>1</sup> em estufa agrícola<sup>2,3</sup>.

<sup>1</sup>Tratamentos: Controle - sem FMAs; UFLA351 - *R. clarum*; UFLA372 - *C. etunicatum*; e UFLA401 - *A. morrowiae*; <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra, por tempo de cultivo, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>3</sup>(\*) Coeficiente de determinação significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

Segundo Bergamaschi e Matzenauer (2014), a emissão das inflorescências atua como dreno forte dos fotoassimilados e influencia negativamente no crescimento. Neste trabalho, o tempo médio para emissão das inflorescências do milho crioulo não foi correlacionada às variáveis analisadas de comprimento de raiz, volume de raiz, massa seca de raiz, massa seca da parte aérea, altura da planta e o número de folhas com o tempo médio para emissão das inflorescências, em todos os tratamentos UFLAs e controle, ou seja, a formação das inflorescências não foi influenciada pelo crescimento do milho. Por outro lado, o tempo médio para emissão das inflorescências do milho no tratamento com UFLA372 foi correlacionado negativamente com a colonização micorrízica ( $r = -0,90$ ;  $p < 0,05$ ), provavelmente devido ao atraso na formação dos arbúsculos, que resulta na menor disponibilidade de nutrientes às plantas. Além disso, Melloni *et al.* (2016) citaram que o mutualismo entre FMAs e a planta hospedeira pode se converter em um parasitismo, a depender da interação microbiana com a planta hospedeira, o que pode ter ocorrido na ausência dos arbúsculos durante a formação das inflorescências. De forma geral, o milho crioulo apresentou interação simbiótica com os isolados UFLAs, caracterizada pela formação de arbúsculos, vesículas e hifas extrarradiculares, que em conjunto poderão contribuir no aumento da disponibilidade de nutrientes, na resistência à seca e/ou a determinados patógenos. No entanto, no solo há uma diversidade de outros microrganismos que podem estimular ou inibir a interação dos isolados UFLAs com as plantas hospedeiras, tal como citado por Yan *et al.* (2015) e Santos *et al.* (2018). Assim, é importante avaliar a interação dos isolados UFLAs com a microbiota nativa, no crescimento vegetativo e reprodutivo do milho crioulo. Além disso, é importante considerar que os FMAs podem reduzir a necessidade de fertilizantes minerais, como também conferir resistência à fitotoxidez do alumínio em solos ácidos (GOMES *et al.*, 2015), comumente encontrados no país.

#### 4 CONCLUSÃO

A colonização micorrízica do milho crioulo é arbuscular-vesicular com o emprego dos isolados UFLA351 (*Rhizoglyphus clarum*), UFLA372 (*Claroideoglyphus etunicatum*) e UFLA401 (*Acaulospora morrowiae*).

A alta taxa de colonização micorrízica do milho crioulo não garante incremento na biomassa, mas pode influenciar na emissão das inflorescências, a depender da interação do FMA x planta hospedeira.

O milho crioulo foi responsivo à inoculação do isolado UFLA372 (*Claroideoglomus etunicatum*).

## REFERÊNCIAS

AGUDELO, M. B. **Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares e caracterização da simbiose em milho crioulo, híbrido convencional e transgênico no oeste de Santa Catarina, Brasil.** 2016. 98f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

AUGÉ, R. M. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Mycorrhiza**, Heidelberg, v. 11, n. 1, p. 3-42, jan./fev. 2001.

BERGAMASHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima.** Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84p.

CAMPOS, D. T. S.; ANDRADE, J. A. C.; CASSIOLATO, A. M. R. Crescimento e micorrização de genótipos de milho em casa de vegetação. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 555-562, jan./mar. 2010.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, D.; BOTELHO, S. A.; JUNIOR, O. J. S. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 129-145, jan./mar. 1998.

CARRENHO, R.; GOMES-DA-COSTA, S. M.; BALOTA, E. L.; COLOZZA-FILHO, A.; CARRENHO, R. Fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas brasileiros. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. **Micorrizas 30 anos de pesquisa no Brasil.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010. p. 154-214.

CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 5-6, p. 180-208, jan./dez. 2008.

CUENCA, M. A. G.; DOMPIERI, G. H. G.; SANTOS, F. R. **Expansão da produção do milho e substituição de cultivos na região do sertão ocidental, no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. 29p.

DINIZ, K. A.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; CARVALHO, M. L. M.; MACHADO, J. C. Incorporação de microrganismos, aminoácidos, micronutrientes e reguladores de crescimento em sementes de alface pela técnica de peliculização. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 37-43, jul./set. 2006.

DUCCA, A. P.; MELLONI, E. G. P.; MELLONI, R.; MARTINS, F. B. Crescimento de milhos transgênicos (Bt) e não transgênicos inoculados com fungos micorrízicos arbusculares em solo contaminado por cádmio. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 1275-1281, set./out. 2015.

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 Ciências do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1663-1679, nov./dez. 2012.

GARCÍA, I. V.; MENDOZA, R. E. Relationships among soil properties, plant nutrition and arbuscular mycorrhizal fungi-plant symbioses in a temperate grassland along hydrologic, saline and sodic gradients. **FEMS Microbiology Ecology**, Oxford, v. 63, n. 3, p. 359-371, mar. 2008.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, v. 46, n. 2, p. 235-244, jul. 1963.

GOMES, E. A.; OLIVEIRA, C. A.; LANA, U. G. P.; NODA, R. W.; MARRIEL, I. E.; SOUZA, F. A. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in the roots of maize lines contrasting for Al tolerance grown in limed and non limed Brazilian Oxisoil. **Journal Microbiology Biotechnology**, Seoul, v. 25, n. 7, p. 978-987, set. 2015.

GÓMEZ, M. R.; VILLATE, A. R. Recognition signalling between arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and plants. **Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, Bogotá, v. 11, n. 1, p. 53-60, jan./jun. 2010.

IBGE. **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 06 jun. 2018.

JALONEN, R.; TIMONEN, S.; SIERRA, J.; NYGREN, P. Arbuscular mycorrhizal symbioses in a cut-and-carry forage production system of legume tree *Gliricidia sepium* and fodder grass *Dichanthium aristatum*. **Agroforestry Systems**, New York, v. 87, n. 2, p. 319-330, abr. 2013.

LIMA, K. B.; TELLECHEA, F. R. F.; HERNANDES, W. S. S.; MARTINS, M. A.; SOUZA, E. S. Germinação de milho (*Zea mays* L.) e fungos micorrízicos em solos brasileiros contaminados com petróleo. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS FORESTALES, 8, 2014, Pinar del Rio. **Anais...** Pinar del Rio: SIMFOR, 2014. p. 10.

MACHINESKI, O.; BALOTA, E. L.; SOUZA, J. R. P. Resposta da mamoneira a fungos micorrízicos arbusculares e a níveis de fósforo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1855-1862, nov./dez. 2011.

MARTINS, R. M. S.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P. Crescimento micelial de fungos micorrízicos arbusculares e formação de micorriza em solos contaminados por cádmio. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 3, p. 48-60, out./nov. 2017.

MELLONI, R.; FARIA, M. T.; CARNEIRO, L. O.; FERREIRA, G. M.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N. Propágulos e formação de micorriza em taludes de rodovia, no sul de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 11, n. 1, p. 26-32, jan./mar. 2016.

MIRANDA, J. C. C. **Cerrado: micorriza arbuscular - ocorrência e manejo**. Embrapa Cerrados: Planaltina, 2008. 169p.

MÜLLER, A.; NGWENE, B.; PEITE, E.; GEORGE, E. Quantity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungal storage organs within dead roots. **Mycorrhiza**, Heidelberg, v. 27, n. 3, p. 201-210, jun./jul. 2017.

NAKMEE, P. S.; TECHAPINYAWAT, S.; NGAMPRASITC, S. Comparative potentials of native arbuscular mycorrhizal fungi to improve nutrient uptake and biomass of *Sorghum bicolor* Linn. **Agriculture and Natural Resources**, Banglok, v. 50, n. 3, p. 173-178, mai. 2016.

PEREIRA, M. C.; TORRES, D. P.; GUIMARÃES, F. A. R.; PEREIRA, O. L.; KASUYA, M. C. M. Germinação de sementes e desenvolvimento de protocormos de *Epidendrum secundum* Jacq. (Orchidaceae) em associação com fungos micorrízicos do gênero *Epulorbiza*. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 25, n. 3, p. 534-541, jan./mar. 2011.

RAMOS, M. L. G.; KONRAD, M. L. F.; SILVA, D. E.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; BATISTA, L. M. T. Diversidade de fungos micorrízicos e colonização radicular, em forrageiras solteiras e em consórcio com milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 235-244, mar./abr. 2012.

SANTOS, J. S.; SOUZA, J. F.; LOPES, L. J. O.; MENDONÇA, J. J.; HOLANDA, F. S. R.; MARINO, R. H. Arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytica fungi on the biomass development of Vetiver grass. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 3, p. 602-611, mai. 2018.

SILVA, C. F.; PEREIRA, G.; SANTOS, M.; MIGUEL, V. L.; LEVI, D.; SILVA, E. M. R. Fungos micorrízicos arbusculares: composição, comprimento de micélio extrarradicular e glomalina em áreas de mata atlântica, Rio de Janeiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 419-433, jan./mar. 2016.

TIAN, H. H.; DRIJBER, J. L.; ZHANG, X. L.; LI, I. Impact of long-term nitrogen fertilization and rotation with soybean on the diversity and phosphorus metabolism of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi within the roots of maize (*Zea mays* L.). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, New York, v. 164, n. 1, p. 53-61, jan. 2013.

YAN, J. F.; BROUGHTON, S. J.; YANG, S. L.; GANGE, A. C. Do endophytic fungi grow through their hosts systemically? **Fungal ecology**, Manchester, v. 13, n. 1, p. 53-59, fev. 2015.

*Recebido em: 24/07/2018*

*Aceito em: 11/07/2019*