

# Fenotipagem de Paineis de Sorgo Para Formação de Simbiose Micorrízica Arbuscular <sup>(1)</sup>

Igor Henrique Sena da Silva <sup>(2)</sup>, Sirlene Nunes Araújo <sup>(3)</sup>, Jurandir Vieira Magalhães <sup>(4)</sup>, Robert Eugene Schaffert <sup>(4)</sup>, Francisco Adriano de Souza <sup>(4)</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo CNPq;

<sup>2</sup> Estudante do Curso de Agronomia da Univ. Fed. de São João del-Rei-Campus Sete Lagoas, MG

<sup>3</sup> Bióloga, Bolsista B-DTI FAPEMIG, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

<sup>4</sup> Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

## Introdução

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] granífero é atualmente o quinto cereal mais produzido no mundo, depois de milho, trigo, arroz e cevada, obtendo uma produção mundial, estimada em 2012, de 60,2 milhões de toneladas, em uma área de 44,4 milhões de hectares (CONAB, 2013). Como alimento humano, o sorgo é consumido em muitos países da África, do Sul da Ásia e da América Central e é importante componente da alimentação animal nos Estados Unidos, na Austrália, e na América do Sul. A produção de grãos é útil na produção de farinha para panificação, amido industrial e álcool e como forragem ou cobertura de solo. (Rodrigues & Santos, 2007).

Um dos fatores limitantes para a produção desta cultura é o fósforo (P), um dos macronutrientes mais requeridos em recomendações de adubação no Brasil, e que apresenta baixa disponibilidade natural em solos tropicais, que, em geral, são caracterizados pelo seu alto grau de intemperismo, resultando em alta acidez, altos níveis de alumínio tóxico para as plantas ( $Al^{3+}$ ), em razão dos processos de fixação aos óxidos de  $Fe^{2+}$  e  $Al^{3+}$ , muito comuns neste tipo de solo. Isso resulta em baixa eficiência de utilização do P aplicado como fertilizante, implicando maiores gastos com este tipo de adubação para o agricultor. Uma alternativa a esse problema está no desenvolvimento de plantas que apresentem maior eficiência de aquisição de P.

Plantas absorvem P inorgânico da solução do solo na forma de ortofosfato ( $H_2PO_4^-$  e  $HPO_4^{2-}$ ) por dois mecanismos principais. O primeiro envolve características morfo-anatômicas e fisiológicas do sistema radicular e o segundo requer o estabelecimento da simbiose com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) (De Souza et al., 2011). Este segundo processo é tido como o mais eficiente em condições de baixo P. Assim, pesquisas envolvendo a simbiose micorrízica podem ser altamente relevantes no desenvolvimento de plantas mais eficientes na aquisição de P.

Gramíneas como o sorgo estabelecem naturalmente simbiose com FMA. Nessa simbiose, a planta supre o fungo com energia para crescimento e reprodução via fotossíntese, e o fungo provê a planta e o solo com uma gama de serviços, (Moreira & Siqueira, 2006). Estes fungos são mais eficientes na aquisição e transporte de P do solo até as raízes do que o sistema radicular das plantas (Smith & Read 2008), principalmente em condições de baixa disponibilidade, que é o caso dos solos do cerrado brasileiro.

O objetivo do presente trabalho foi fenotipar um painel de sorgo quanto à formação da simbiose micorrízica arbuscular e avaliar a resposta dos diferentes genótipos a micorrização.

## **Material e Métodos**

O ensaio foi realizado em casa de vegetação no Núcleo de Biologia Aplicada (NBA) da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. Coletou-se solo de um horizonte C de um latossolo vermelho distrófico em área da Embrapa. Foram testados 300 genótipos de sorgo, a resposta à inoculação micorrízica (presença e ausência do FMA *Rhizophagus clarus* CNMPS 10), com duas repetições, totalizando 1.200 unidades experimentais. O painel utilizado no experimentos é de genótipos provenientes do banco de germoplasma da Embrapa Milho e Sorgo e da Universidade de Cornell.

O solo foi peneirado e misturado na proporção de 1:1 com areia, e autoclavado; em seguida realizou-se uma adubação com solução nutritiva pré-plantio, conforme a adubação sugerida por Magnavaca (1982). O solo-inóculo apresentava aproximadamente 70 esporos/g de inóculo. A inoculação das plantas foi feita com 30 g de solo-inóculo sendo misturados 15 g em todo o substrato do tubete e uma camada de 15g de inóculo abaixo da semente. As unidades experimentais utilizadas foram tubetes com 1.200 cm<sup>3</sup> de capacidade, padronizadas pelo peso de 300 g de substratos em cada e dispostas em bandeja com capacidade para 54 unidades.

As plantas foram coletadas 40 dias após a germinação. Foram avaliadas a massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), relação raiz por parte aérea (MSR/MSPA), taxa de colonização radicular (TCR), aquisição de P e herdabilidade genética ( $h^2$ ) para cada característica. Para a avaliação da taxa de colonização radicular (TCR) foram retirados 3g de raízes finas e quantificados pelo método de intersecção de quadrantes de Giovanetti & Mosse (1980). Os resultados de TCR foram previamente

transformados (arco seno), todos os outros resultados foram diretamente submetidos à análise de variância e teste de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância utilizando o programa SISVAR (2000).

## **Resultados e Discussões**

Dos 300 **genótipos** avaliados, apenas 28 tiveram crescimento satisfatório para coleta até o final da avaliação (40 dias após plantio), tendo os resultados apresentados no presente trabalho. Os motivos pelos quais os outros 272 materiais não puderam ser avaliados foram: a) ausência de uma repetição de um dos dois tratamentos (inoculados e não inoculados) (128 genótipos); b) ausência de uma repetição dos dois tratamentos (55 genótipos) e c) ausência de duas repetições de pelo menos um dos tratamentos (89 genótipos). Isto ocorreu em razão da desuniformidade na germinação em função da qualidades fisiológica das sementes e outros problemas acometidos ao experimento, como a temperatura adequada para o pleno desenvolvimento do sorgo. Destes genótipos, foram colhidos a MSR e MSPA (resultados não incluídos) e feita a coloração de raízes (exceto TCR).

Para os resultados de MSR não houve diferenças significativas para nenhuma das variáveis testadas, genótipo, inoculação e para a sua interação (Tabela 1). Porém, em metade dos genótipos testados (14 genótipos) a produção de raízes foi maior no controle do que os inoculados, indicando que alguns genótipos quando em associação com FMA investem mais em produção de parte aérea do que em produção de raízes, sendo mais vantajoso para eles associar-se com FMA através da troca de metabólitos e garantindo assim uma maior aquisição de P a investirem no crescimento radicular para a sua própria aquisição.

Para os resultados de MSPA de um modo geral, os genótipos inoculados produziram mais MSPA frente aos não inoculados, havendo diferenças significativas para as variáveis genótipo a 5% de probabilidade ( $\leq 0,0379$ ) e para inoculação a 1% de probabilidade ( $\leq 0,0013$ ). Porém, não houve diferenças significativas para a sua interação. Estes resultados indicam que houve genótipos que se beneficiaram com a associação micorrízica e outros não; em alguns genótipos o controle obteve maior produção de MSPA frente aos inoculados, tornando assim a associação perdulária a este genótipo.

Para a eficiência de aquisição de P ( $E_{(AQ)}$ ) os genótipos inoculados obtiveram a mesma aquisição de P comparados estatisticamente aos não inoculados (Tabela 1). Dos 28 genótipos estudados, 16 deles apresentaram aquisição de P maior frente ao controle, porém não diferindo estatisticamente.

Para os resultados de TCR houve alguns genótipos (SC170, SC1103, SC984, Shan Qui Red, B.TX641) que apresentaram TCR acima de 80% e genótipos que apresentaram abaixo de 20% (SC639 e SC420) (Tabela 1), sugerindo uma alta compatibilidade simbiótica entre alguns genótipos e o fungo, e por outro lado baixa compatibilidade em outros genótipos.

Foi calculado a herdabilidade ( $h^2$ ) para as características de produção de MSR, MSPA, TCR e para eficiência de aquisição de P ( $E_{(AQ)}$ ). Observou-se para a TCR um alto coeficiente de  $h^2$  (0,813), sugerindo que esta característica pode ser recomendada para fenotipagem de painéis quanto a formação de simbiose arbuscular com um alto grau de confiabilidade. Para os resultados de  $h^2$  para as outras características estudadas, como MSR, MSPA e  $E_{(AQ)}$ , encontrou-se baixo coeficiente de herdabilidade, sendo que para esta primeira a  $h^2$  negativa (-0,188; 0,369 e 0,0223, respectivamente), não se mostrando uma característica confiável para fenotipagem do painel de sorgo quanto a formação de simbiose micorrízica arbuscular, para as condições utilizadas no experimento.

A partir destes resultados foram selecionados 13 genótipos deste painel mais o BR007 (controle) para ser conduzida uma nova fenotipagem em casa de vegetação (os resultados ainda não foram obtidos). Com o objetivo de se ter uma melhor compreensão dos resultados na associação com o fungo micorrízico e sua resposta, estes genótipos foram agrupados em 3 grupos (alta colonização e alta responsividade, média colonização e baixa responsividade e baixa colonização e sem responsividade).

### **Conclusões**

- 1) Houve diferenças significativas para a produção de massa seca de parte aérea e eficiência de aquisição ( $E_{(AQ)}$ ) de P entre os genótipos inoculados e os não inoculados;
- 2) A taxa de colonização radicular (TCR) variou de 12 a 100% entre os genótipos;
- 3) Houve uma alta herdabilidade para a TCR e baixa para produção de massa seca de raiz, MSPA e  $E_{(AQ)}$ , podendo este primeiro ser recomendado para fenotipagem de painel de sorgo visando a formação de simbiose micorrízica arbuscular.

ID	IGD Seed ID	Massa seca de raiz (MSR)		Massa seca de parte aérea (MSPA)		TCR (Arcsen)	Aquisição do Fósforo (P)	Incremento na MSR (%)		Incremento na MSPA (%)	
		Inoculado	Controle	Inoculado	Controle			Inoculado	Controle	Inoculado	Controle
20	B.TX641	0,357	0,166	0,742	0,256	1,0066	0,396	0,178	115,101	189,648	53
23	SC984	0,277	0,108	1,006	0,316	0,9791	0,499	0,237	156,481	218,354	93
25	SC420	0,145	0,239	0,417	0,526	0,1861	0,201	0,427	-39,262	-20,647	59
56	B.DLO357	0,442	0,430	0,684	0,798	0,4950	0,401	0,530	2,743	-14,348	12
68	SC51	0,339	0,261	0,565	0,672	0,3469	0,514	0,655	29,596	-15,923	5
78	SC473	0,282	0,207	1,132	0,644	0,7615	0,642	0,411	36,580	75,913	32
113	SC623	0,265	0,225	0,976	1,105	0,6624	0,420	0,901	17,778	-11,634	92
125	(SN149)SA700 CAPROCK	0,525	0,583	1,385	1,209	0,4724	0,918	0,775	-9,914	14,516	3
134	KAT83369	0,438	0,170	1,307	0,707	0,4780	0,765	0,409	158,407	84,996	2
152	B.OK11	0,409	0,550	1,259	1,276	0,4668	0,584 A	1,375 B	-25,660	-1,332	12
190	SC1321	0,384	0,465	0,927	0,934	0,5704	0,614	0,709	-17,330	-0,696	19
211	SC671	0,328	0,386	1,243	0,808	0,6311	0,649	0,551	-14,933	53,932	31
218	SC679	0,239	0,368	0,746	0,644	0,5704	0,477	0,543	-35,190	15,851	18
220	SC64	0,421	0,329	0,910	0,628	0,5884	0,761	0,681	27,976	45,020	25
230	SC639	0,281	0,403	0,567	0,899	0,1153	0,382	0,661	-30,355	-36,986	12
233	SC199	0,279	0,353	0,671	1,024	0,7546	0,336	0,695	-20,993	-34,521	39
257	SC1158	0,635	1,067	0,318	0,513	0,2424	0,372	0,767	-40,506	-38,055	22
264	SC760	0,486	0,235	1,382	0,729	0,7208	0,676	0,586	107,034	89,506	46
265	SC1345	0,248	0,414	1,184	1,251	0,2527	0,496	0,771	-40,255	-5,356	37 <sup>a</sup>
280	SC1103	0,449	0,458	1,695	1,181	0,9108	0,809	0,652	-1,879	43,480	19
282	SC301	1,615	0,871	0,212	0,432	0,4500	0,888	0,552	85,168	50,967	15

Quadro 1: Mass

raíz e parte aérea e incremento na aquisição de P de 28 genótipos de sorgo inoculados com *Rhizóphagus clarus*  
CNPMS 10

0.

## **Trabalhos publicados e apresentados em congressos**

Dependência Micorrízica de Dois Genótipos de Sorgo (*Sorghum bicolor*) (L.) Moench Contrastantes Quanto à Eficiência de Aquisição de Fósforo – 27º Congresso Brasileiro de Microbiologia, Natal, 2013.

Dependência Micorrízica de Dois Genótipos de Milho (*Zea Mays*) (L.) Contrastantes Quanto à Eficiência de Aquisição de Fósforo – 27º Congresso Brasileiro de Microbiologia, Natal, 2013.

## **Referências Bibliográficas**

Companhia Nacional de Abastecimento, Acompanhamento da Safra Brasileira, CONAB. Safra 2012/2013. Décimo Levantamento. Julho/2013.

DE SOUZA, F. A.; GOMES, E. A.; VASCONCELOS, M. J. V.; SOUSA, S. M.; Micorrizas Arbusculares: Perspectivas para Aumento da Eficiência de Aquisição de Fósforo (P) em Poaceae – Gramíneas. 30 p.: il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518- 4277; 134, 2011).

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

MAGNAVACA, R. Genetic variability and the inheritance of aluminum tolerance in maize (*Zea mays*, L.). Lincoln: University of Nebraska, 135p. 1982. Tese Doutorado.

MOREIRA, F. S. & SIQUEIRA, J. O, 2006. Microbiologia Bioquímica do Solo, 2/Ed. Editora UFLA, Lavras, MG, Brasil.

RODRIGUES, J.A.S.; SANTOS, F.G.dos (Ed.). Sistema de produção de sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. Versão eletrônica. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção).

SMITH S. E. & READ D.J. Mycorrhizal symbiosis 3ed. Amsterdam ; Boston : Academic Press. 787p. 2008.