

CARACTERIZAÇÃO ECOFISIOLÓGICA E AGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE SORGO GRANÍFERO CONTRASTANTES PARA A TOLERÂNCIA A SECA¹

Carlos César Gomes Júnior², Paulo César Magalhães³

¹Trabalho financiado pela FAPEMIG

² Estudante do Curso de Engenharia Agrônômica da Univ. Fed. de São João del-Rei, Bolsista PIBIC do Convênio Fapemig - Embrapa

³ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, estresse abiótico, mudanças climáticas

Introdução

A ameaça das mudanças climáticas globais tem causado preocupação na agricultura, uma vez que fatores climáticos indispensáveis para o desenvolvimento dos cultivos agrícolas serão severamente afetados e certamente comprometerão a produção e a qualidade alimentar (IPCC, 2007). Desde que a maioria dos cultivos é produzida em regiões tropicais áridas e semiáridas, caracterizadas por baixa disponibilidade hídrica, existindo ainda previsões de estações secas mais frequentes e severas (EASTERLING et al., 2007), pesquisas que identifiquem as necessidades adaptativas prioritárias para investimento na agricultura de sequeiro tornam-se relevantes, até mesmo porque, nessas regiões, vivem famílias que dependem da agricultura como único meio de sobrevivência (HAILE, 2005).

Originário da África tropical, o sorgo (*Sorghum bicolor* (Moench) L.) é o cereal mais adaptado à seca, constituindo fonte de alimento para mais de 500 milhões de pessoas em 98 países, além de matéria-prima para fabricação de etanol (PENNIZI, 2009). Mutava et al. (2011) avaliaram alguns traços de moderada a alta herdabilidade sob déficit hídrico, como conteúdo de clorofilas, temperatura foliar, fluorescência da clorofila e índice de colheita, em 300 genótipos de sorgo em condição de campo no Kansas, verificando uma ampla variabilidade de respostas a depender do material genético utilizado.

No cenário brasileiro, as condições climáticas da região Norte do Estado de Minas Gerais são propícias para avaliação dos recursos genéticos existentes no campo em condição de sequeiro, dado à ausência (ou baixa) precipitação e altas temperaturas, sendo o cultivo em certas épocas possível apenas com irrigação. Vale ressaltar também que as respostas das plantas ao estresse hídrico, observado em condições de campo, são geralmente muito mais complexas do que as medidas sob condições ambientais

controladas. Isto ocorre porque outros fatores acompanham o estresse gerado na planta pela ocorrência do déficit hídrico influenciando a natureza da resposta do estresse.

Sendo o sorgo uma espécie tolerante a seca e conhecendo a existência de variações no grau dessa tolerância entre genótipos, buscou-se, com este trabalho, identificar potenciais características fisiológicas foliares passíveis de evitar declínio nos valores de produção em quatro linhagens de sorgo granífero, sendo duas tolerantes ao estresse gerado pelo déficit hídrico e duas sensíveis.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condição de campo na estação experimental do Gorotuba em Janaúba, Minas Gerais, Brasil (15°47' S, 43°18' W e 516 m de altitude) durante os meses de abril a agosto de 2014.

O experimento foi realizado em solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo, textura média e siltoso e as adubações de base e cobertura foram realizadas de acordo com a análise do solo, seguindo recomendação para o sorgo no Estado de Minas Gerais.

Foram utilizadas quatro linhagens de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench), sendo duas tolerantes ao estresse gerado pelo déficit hídrico (P898012 e 9910032) e duas sensíveis (9903062 e 9618158), de acordo com o programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, com duas condições hídricas: sem déficit hídrico e com déficit hídrico no estágio de florescimento.

As dimensões da parcela experimental foram de 6 m x 2 m; com 4 fileiras de plantio, espaçadas de 0,50 m, perfazendo uma área total de 12 m².

As plantas foram irrigadas conforme a demanda hídrica e mantidas na capacidade de campo até o florescimento, quando então, a irrigação foi suspensa durante 25 dias para metade do número de parcelas. O teor de água no solo foi monitorado diariamente nos períodos da manhã e da tarde (9 e 15 horas), com o auxílio de um sensor de umidade watermark (tensiômetro) modelo 200SS instalado no centro das parcelas de cada repetição, na profundidade de 0,2 m.

Ao final do período de imposição dos tratamentos foram avaliados:

- a) a condutância estomática utilizando um leitor de condutância estomática portátil *Leaf Porometer* (Decagon Pullman, USA).
- b) o teor de clorofila utilizando um clorofilômetro portátil *Soil plant analysis development* (SPAD) (Minolta SPAD 502 Osaka, Japan).

- c) a fluorescência da clorofila por um fluorímetro portátil *Pocket PEA chlorophyll fluorimeter* (Hansatech United Kingdom).
- d) a área foliar por meio de um leitor de área foliar (LI-3100C, Nebraska, USA).

Em seguida, a irrigação foi restabelecida, e mantida na capacidade de campo até o final do ciclo, quando então, dez plantas foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 70 °C, durante 72 horas; com base no valor de biomassa seca obtido foi estimado o índice de colheita seguindo a metodologia proposta por Durães et al. (2002).

Foi realizado também a medição da altura e o peso médio de panículas em dez plantas de cada parcela.

Os tratamentos foram analisados em blocos casualizados, com quatro linhagens de sorgo (9903062 e 9618158-sensíveis; e P898012 e 9910032-tolerantes), duas condições hídricas (com déficit hídrico e sem déficit hídrico), totalizando oito tratamentos com quatro repetições.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANAVA), seguido pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos no final do período de estresse para as variáveis ecofisiológicas, mostraram que não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre os materiais estudados para teor de clorofila (Tabela 1), demonstrando concordância com resultados de Lino (2011). É possível que estes resultados estejam ligados ao funcionamento do sistema radicular, o qual exclui a necessidade de ajustes em nível de folha, corroborando, assim, os resultados obtidos no presente estudo.

Porém, para a condutância estomática, os genótipos tolerantes superaram os sensíveis (Tabela 1). Souza et al. (2013) observaram em materiais de milho tolerantes a seca uma maior condutância estomática juntamente com um maior potencial hídrico foliar, favorecendo um fluxo de CO₂ e um resfriamento da folha pela transpiração.

Para a fluorescência da clorofila (relação Fv/Fm) foi verificado uma superioridade para os genótipos tolerantes e para o genótipo sensível 9618158, sendo eles estatisticamente diferentes do genótipo sensível 9903062, onde não ocorreu perdas na atividade fotoquímica (danos no fotossistema) (Tabela 1). A relação Fv/Fm é um dos principais parâmetros utilizados para as avaliações dos danos no sistema fotossintético, uma vez que a eficiência quântica máxima do fotossistema II indica quando todos os centros de reação estão abertos (BAKER; ROSENQVST, 2004). Valores acima de 0,70 demonstram que as plantas não estão sofrendo danos no fotossistema.

Tabela 1 – Médias de clorofila, condutância estomática e relação FV/FM nos diferentes ambientes para os genótipos de sorgo contrastantes a seca. Janaúba - MG, 2014.

Genótipos	Clorofila U Spad	Cond.estomática $m\ mol\ m^{-2}\ s^{-1}$	Relação FV/FM
P898010 ¹	40,98 a*	275,83 a	0,70 a
9910032 ¹	45,85 a	191,29 a	0,74 a
9903062 ²	42,20 a	125,60 b	0,65 b
9618158 ²	47,38 a	107,66 b	0,72 a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Skott – Knott

¹Genótipos tolerantes à seca, ²Genótipos sensíveis à seca

Na Tabela 2 são apresentados os resultados para área foliar, verificando uma maior área foliar para os genótipos sensíveis e para o genótipo tolerante P898010, e uma menor área foliar para o genótipo tolerante 9910032.

Uma menor área foliar resulta em uma menor superfície de transpiração foliar ajudando na sobrevivência da planta pela manutenção e controle do uso da água frente ao estresse hídrico (SHAO et al., 2008; SOUZA et al., 2013).

As características de produtividade, peso de grãos e índice de colheita foram similares, onde os genótipos tolerantes 9910032 e sensível 9618158 foram estatisticamente semelhantes, superando os genótipos tolerante P898012 e sensível 9903062 (Tabela 2). Esses resultados discordam parcialmente de Lino (2011), em que resultados dos materiais tolerantes superaram os materiais sensíveis para as variáveis de produtividade.

Embora o genótipo 9618158 seja classificado pelo programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo como sensível, os resultados demonstram que o mesmo possui características semelhantes a materiais tolerantes à seca. Sua produtividade está ligada a relação Fv/Fm, demonstrando ter uma máxima eficiência do fotossistema II, consequentemente aumentando sua fotossíntese e resultando em um maior fornecimento

de fotoassimilados para os grãos. Além disso, este genótipo juntamente com o tolerante 9910032 demonstram superioridade também no índice de colheita.

O índice de colheita demonstra que ocorreu um maior particionamento dos fotoassimilados para os grãos em relação aos órgãos vegetativos.

Tabela 2 – Médias de área foliar, peso de grãos e índice de colheita nos diferentes ambientes para os genótipos de sorgo contrastantes a seca. Janaúba - MG, 2014.

Genótipos	Área Foliar cm ²	Peso de grãos kg ha ⁻¹	Índice de colheita
P898012 ¹	1989,87 a*	2080,00 b	0,21 b
9910032 ¹	737,61 b	3095,00 a	0,54 a
9903062 ²	2054,56 a	1510,00 b	0,23 b
9618158 ²	1658,20 a	2820,00 a	0,49 a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Skott – Knott
¹Genótipos tolerantes a seca, ²Genótipos sensíveis a seca

Com a imposição do estresse hídrico, houve uma diminuição na altura de plantas para os genótipos sensíveis os quais diferem estatisticamente para esta característica. Para os genótipos tolerantes não ocorreu diferenças estatísticas (Figura 1). A água é um elemento importante no desenvolvimento da planta e sua falta limita o seu desenvolvimento vegetativo prejudicando a divisão celular.

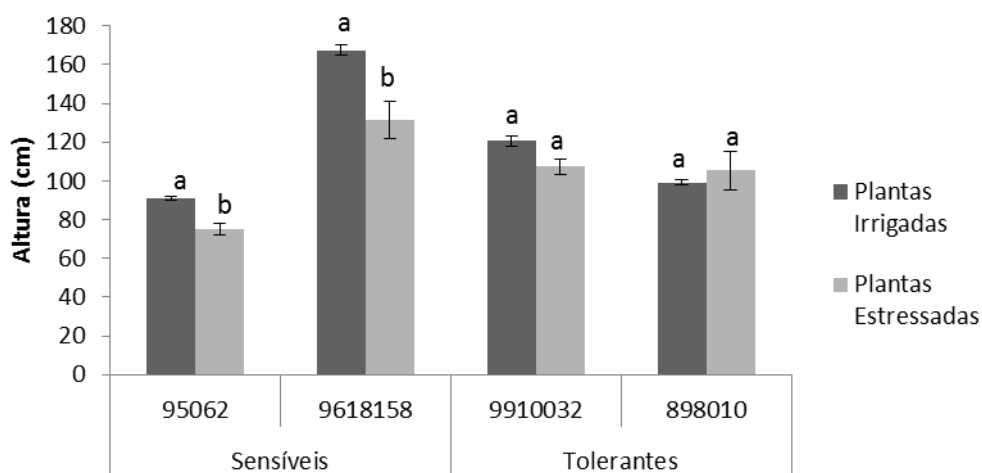


Figura 1. Altura média das plantas nas diferentes condições hídricas para os genótipos de sorgo contrastantes a seca. Janaúba 2014. Letras minúsculas indicam comparações entre níveis de água dentro de uma mesmo genótipo.

Pelos resultados obtidos para peso de panícula (Figura 2), observa-se que a imposição do estresse hídrico, ocorreu uma diminuição do peso, resultados estes semelhantes aos de Lino (2011). O peso de estruturas de órgãos vegetativos e

reprodutivos, são indicativos de como a planta investe em sua estrutura, nos dando a noção de partição de assimilados para os diferentes órgãos (PIMENTEL, 1998).

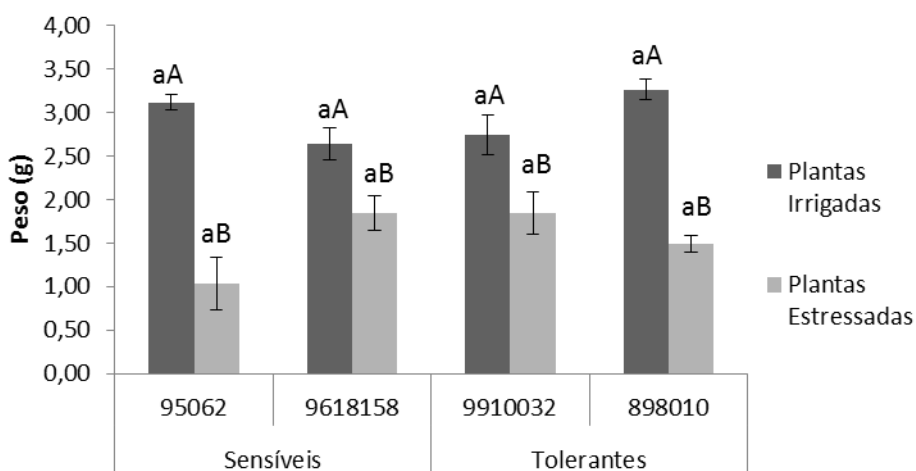


Figura 2. Médias para peso de panícula nas diferentes condições hídricas para os genótipos de sorgo contrastantes para tolerância a seca. Letras minúsculas comparam genótipos dentro de um mesmo nível de água. Letras maiúsculas comparam níveis de água dentro de um mesmo genótipo.

Conclusão

Os genótipos 9910032 e 9618158 apresentam melhores características fisiológicas quando comparados aos outros genótipos, resultando em maiores produtividades.

É necessário estudar também outros atributos da planta, que não foliares, tais como comprimento e volume de raiz, teores de açúcar no caule, que possam ter um envolvimento mais ativo nos mecanismos de tolerância ao estresse gerado pelo déficit hídrico no sorgo.

As características ecofisiológicas demonstraram que podem ser úteis na caracterização de genótipos contrastantes de sorgo em ambientes de déficit hídrico.

Referências

BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 55, p. 1607-1621, 2004.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, A. C. de. Índice de colheita genético e as possibilidades da genética fisiológica para melhoramento do rendimento do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 33-40, 2002.

EASTERLING, W. E.; AGGARWAL, P. K.; BATIMA, P.; BRANDER, L. M.; ERDA, L.; HOWDEN, S. M. Food, fiber and forest products. In: PARRY, M. L.; CANZIANI, O. F.; PALUTIKOF, J. P.; VAN DER LINDEN, P. J.; HANSON, C. E. (Ed.). **Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 273-313.

HAILE, M. Weather patterns, food security and humanitarian response in sub-Saharan Africa. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, London, v. 360, p. 2169-2182, 2005.

IPCC. Summary for policymakers. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (Ed.). **Climate change 2007: the physical science basis: contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 1-18. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

LINO, L. de O. **Características anatômicas e fisiológicas de genótipos de sorgo contrastante a seca**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2).

MUTAVA, R. N.; TUINSTRA, M. R.; KOFOID, K. D.; YU, J. Characterization of sorghum genotypes for traits related to drought tolerance. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 123, p. 10-18, 2011.

PENNIZI, E. How sorghum withstands heat and drought. **Science**, Washington, v. 323, p. 573, 2009.

PIMENTEL, C. **Metabolismo do carbono na agricultura tropical**. 9. ed. Seropédica: Edur, 1998. 150 p.

SHAO, H.; CHU, L.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, n. 3, p. 215-225, 2008.

SOUZA, T. C.; CASTRO, E. M.; MAGALHÃES, P. C.; ALBURQUEQUE, P. E. P.; LINO, L. O.; ALVES, E. T. Morphophysiology, morphoanatomy, and grain yield under field conditions for two maize hybrids with contrasting response to drought stress. **Acta Physiology Plant**, v. 35, p. 3201-3211, 2013.