

Características Morfo-Fisiológicas e de Produção de Seis Genótipos de Sorgo Submetidos ao Estresse Hídrico

Paulo C. Magalhães¹, Fabricio J. Pereira², Robert E. Schaffert¹, Jurandir V. Magalhães¹

¹Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, Caixa Postal 151, CEP 37701-970. E-mail: pcesar@cnpms.embrapa.br

²Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia, Setor de Fisiologia Vegetal, Campus Universitário, Lavras-MG, Caixa Postal 37, CEP 37200-000. E-mail: fjprock@hotmail.com

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* L., adaptações morfológicas, tolerância à seca, produtividade, BR 007.

Introdução

O sorgo é uma cultura cujo plantio é recomendado após as culturas de verão (INDICADORES DA AGROPECUÁRIA, 1999). Dessa forma, o cultivo dessa espécie é sujeito a condições de menor disponibilidade hídrica decorrente dos períodos de outono e inverno. Esse fato é relacionado com a grande quantidade de características xerofíticas presentes no sorgo, que torna essa espécie tolerante à seca, contudo, apresentando diferenças consideráveis entre os genótipos (SANS et al., 2003).

Três fatores ambientais - água, luz e temperatura - têm grande efeito no crescimento do sorgo. Com relação ao primeiro fator pode-se dizer que o sorgo requer menos água para se desenvolver quando comparado com outros cereais, sendo que o período mais crítico relacionado à falta de água é o florescimento (MAGALHÃES et al. 2000). Quando comparado com o milho, o sorgo produz mais sob estresse hídrico (raiz explora melhor o perfil do solo), murcha menos e é capaz de se recuperar de murchas prolongadas (MAGALHÃES et al., 2000).

Em função das características do sorgo para a tolerância à seca, este cereal é um complemento para a produção de grãos em regiões onde a produção do milho é restringida por aquele fator (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005).

No entanto, ainda existem vários desafios para a produção do sorgo em regiões sujeitas à seca, como no Semiárido nordestino. A seleção de genótipos tolerantes à seca ainda é um dos principais problemas a serem solucionados. (MONTEIRO et al., 2004). O presente trabalho teve como objetivos avaliar o potencial de tolerância à seca de seis genótipos de sorgo com base na capacidade de produção de massa seca e de características morfo-fisiológicas.

Material e métodos

O experimento foi montado em casa de vegetação nas áreas experimentais da Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas-MG. Foram selecionados os genótipos BR007, SC 283, SC 566-14, 9929020, TX70780638-24 e BTX6420819-20. Os materiais foram semeados em vasos plásticos com capacidade de 20 L preenchidos com latossolo corrigido de acordo com a recomendação da análise química.

As plantas foram cultivadas sem restrições hídricas e nutricionais até a época de floração. Nesse estágio, as plantas foram submetidas a um estresse hídrico de dez dias. Os dois tratamentos hídricos impostos correspondem aos níveis sem estresse e com estresse definidos conforme descrito a seguir. Sem estresse: reposição diária de água até o solo atingir a umidade na Capacidade de Campo (CC), que corresponde a 40% do volume (ou 39,42% peso, densidade do solo no vaso = 1,01 g.cm⁻³). Nos vasos com estresse, a reposição hídrica foi realizada



diariamente aplicando-se 50% da água total disponível (100% de reposição corresponderia à CC). Após dez dias de estresse as plantas foram reidratadas e irrigadas diariamente até a capacidade de campo, permanecendo assim até a época da colheita.

As avaliações foram iniciadas com o teor de clorofila utilizando o medidor SPAD-502 desenvolvido pela Minolta Câmera (LIMA et al., 2007). As medições foram em folhas completamente expandidas na região do terço médio, evitando-se os bordos foliares, a região da nervura central e áreas com clorose ou necrosadas, sendo as avaliações realizadas no período da manhã (LIMA et al., 2007). Os teores de clorofila foram avaliados em quatro épocas: início do estresse, cinco dias após (médio), final do estresse (dez dias sob déficit) e dez dias após a imposição do estresse hídrico. Foram tomadas três leituras por planta, em oito plantas por tratamento.

Em seguida foi avaliado (no início e final do estresse hídrico) a característica de senescência foliar através da contagem do número de folhas verdes e completamente secas (CARLESSO et al., 1997) nos diferentes genótipos de sorgo. As folhas foram contadas em oito plantas por tratamento.

Foram avaliadas também as características de produção dos diferentes genótipos de sorgo: número de panículas (PAN), o peso das panículas (PPA), o peso dos perfilhos (PER), o peso de grãos por panículas (GPA), o peso de grãos por perfilho (GPE) e a produção total (PRO).

Resultados e discussão

Ocorreram diferenças significativas para o conteúdo de clorofila entre os diferentes genótipos em função da época do estresse (Tabela 1). No início do estresse, o conteúdo de clorofila foi semelhante para todos os genótipos, sem diferenças significativas, sendo esse mesmo comportamento observado no meio do estresse (médio), exceto para o genótipo BTX 642081920, o qual apresentou teores inferiores em relação aos demais materiais (Tabela 1). Contudo, no final do período de restrição hídrica, observa-se que o conteúdo de clorofila dos genótipos TX70780638-24 e BTX6420819-20 foram reduzidos em 22,49% em relação aos demais genótipos (Tabela 1). No período de dez dias irrigados após o estresse, o conteúdo de clorofila foi reduzido em 44,84% nos genótipos 9929020 e BTX6420819-20 em relação aos demais (Tabela 1). Percebe-se que as diferentes épocas de avaliação demonstraram diferenças entre os conteúdos de clorofila nos genótipos 9929020, TX70780638-24 e BTX6420819-20 sem, contudo, se modificar nos genótipos BR 007, SC 283 e SC 566-14 (Tabela 1). O genótipo 9929020 demonstrou uma redução de 42,73% do conteúdo de clorofila apenas no período pós-estresse (Tabela 1). O genótipo TX70780638-24 apresentou uma redução do conteúdo de clorofila em 23,83% no período final de aplicação do estresse em relação aos períodos inicial e intermediário, contudo, após reidratação, as plantas desse genótipo recuperaram o conteúdo de clorofila com um aumento de 25,87%, dez dias após o início da irrigação (Tabela 1). O genótipo BTX6420819-20 demonstrou uma redução de 15,61% no conteúdo de clorofila no período final de estresse, permanecendo assim mesmo após a reidratação (Tabela 1).

Esses resultados demonstram que os genótipos BR 007, SC 283 e SC 566-14 não foram afetados quanto ao conteúdo de clorofila em função da aplicação do estresse, ao contrário dos demais genótipos que demonstraram uma maior suscetibilidade à restrição hídrica para o sistema fotossintético. A redução no conteúdo de clorofila nas plantas pode ter impacto na produção por reduzir a eficiência fotossintética, que é diretamente relacionada com a quantidade de clorofila nas folhas (CASTRO et al., 2009). A seca pode promover redução no conteúdo de clorofila em espécies não tolerantes (CORRÊA et al., 1987). Esses fatos demonstram uma maior tolerância ao estresse hídrico nos genótipos BR 007, SC 283 e SC 566-14 que podem manter a capacidade fotossintética em ambientes com restrição hídrica.



Tabela 1. Conteúdo de clorofila em unidades SPAD de diferentes genótipos de sorgo submetidos ao estresse hídrico em diferentes épocas: início do estresse, meio do estresse (5 dias sob déficit), final do estresse (10 dias sob déficit) e após o estresse (10 dias irrigados após o estresse).

Épocas	Genótipos					
	BR 007	SC 283	SC 566-14	9929020	TX70780638-24	BTX6420819-20
Estresse						
Início	54,45 aA	53,11 aA	55,95 aA	54,21 aA	60,08 aA	55,48 aA
Médio	57,40 aA	56,92 aA	56,40 aA	55,92 aA	57,60 aA	50,60 aB
Final	59,04 aA	54,26 aA	59,00 aA	52,50 aA	45,76 bB	46,82 bB
Após	58,05 aA	54,02 aA	58,05 aA	32,02 bC	57,60 aA	44,50 bB

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas) não diferem entre si para as diferentes épocas e nas linhas (maiúsculas) para os diferentes genótipos pelo teste de Scott-Knott para $P < 0,05$.

O número de folhas verdes e de folhas secas se modificou nos diferentes genótipos em função da aplicação do estresse hídrico (Tabela 2). As maiores médias encontradas para o número de folhas verdes foram no genótipo BTX6420819-20, que superou, no início do estresse, o BR 007 em 5,7%, e 20,24% os genótipos 9929020 e TX70780638-24, sendo ainda 24,47% superior às menores médias, encontradas nos genótipos SC 283 e SC 566-14 (Tabela 2). Contudo, no período final de estresse, o genótipo que exibiu as maiores médias para o número de folhas verdes foi o BR 007, demonstrando médias 24,36% superiores ao grupo formado pelos genótipos BTX6420819-20 e 9929020, sendo ainda 41,60% superior à média de folhas verdes no genótipo SC 283. Em comparação com as menores médias, encontradas nos genótipos SC 566-14 e TX70780638-24, a média do BR 007 foi 72,21% superior (Tabela 2). Todos os genótipos exibiram uma redução no número de folhas verdes ao final do estresse em relação ao início (Tabela 2). Essa redução foi de 29,27% no genótipo BR 007, 41,40% no genótipo BTX6420819-20, 38,04% no genótipo 9929020, 37,63% no genótipo SC 283, 50,98% no genótipo TX70780638-24 e 49,45% no genótipo SC 566-14 (Tabela 2).

Tabela 2. Número de folhas verdes e secas no início e no final do estresse hídrico em diferentes genótipos de sorgo.

Genótipos	Número de folhas verdes		Número de folhas secas	
	Inicial	Final	Inicial	Final
BR 007	10,25 bA	07,25 aB	01,67 aB	03,00 bA
SC 283	08,21 dA	05,12 cB	01,29 aB	03,08 bA
SC 566-14	08,33 dA	04,21 dB	01,29 aB	04,46 aA



9929020	09,41 cA	05,83 bB	01,25 aB	03,21 bA
TX70780638-24	08,67 cA	04,25 dB	01,21 aB	04,42 aA
BTX6420819-20	10,87 aA	06,37 bB	01,29 aB	04,50 aA

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas) para os diferentes genótipos e nas linhas (maiúsculas) para as diferentes épocas de aplicação do estresse para o teste de Scott-Knott pelo $P < 0,05$.

Quanto ao número de folhas secas, ocorreram modificações em função do estresse (Tabela 2). No período inicial, imediatamente no momento da aplicação do estresse, os diferentes genótipos não exibiram diferenças significativas para o número de folhas secas (Tabela 2). No período final de estresse hídrico, todos os genótipos exibiram um aumento no número de folhas secas, sendo que os genótipos BR 007, SC 283 e 9929020 exibiram o número de folhas secas 33,33% inferiores aos demais genótipos (Tabela 2).

O aumento no número de folhas secas pode ser uma reação ao estresse hídrico, pois essa é uma resposta típica de plantas sob essas condições (CARLESSO et al., 1997). Esse fenômeno é decorrente do aumento da taxa de senescência foliar, que pode aumentar em situações de estresse hídrico (CARLESSO et al., 1997). Essa é uma resposta desfavorável, pois a planta perde a capacidade fotossintética, essencial para o crescimento e produção. Dessa forma, os genótipos SC 283, 9929020 e especialmente o BR 007 demonstraram uma maior capacidade de tolerância ao estresse aplicado por exibirem uma menor taxa de senescência foliar, preservando uma maior capacidade fotossintética. Os genótipos BR 007 e SC 283, por apresentarem também os maiores teores de clorofila (Tabela 1), destacam-se como os que mais preservam a capacidade fotossintética nas condições de estresse hídrico estudadas.

O estresse hídrico promoveu diferenças nas características de produção dos diferentes genótipos de sorgo (Tabela 3). Para o número de panículas não se observaram diferenças significativas entre os genótipos em condições normais (controle) ou após a aplicação do estresse (Tabela 3). Contudo, o peso das panículas foi maior no genótipo BR 007 em ambas as condições de irrigação. Os valores para o peso das panículas no BR 007 sob irrigação normal foi 44,98% maior do que os genótipos TX70780638-24, 9929020 e BTX6420819-20, sendo ainda 103,79% em relação aos genótipos SC 283 e SC 566-14. Sob estresse hídrico o peso de panículas correspondeu ao mesmo padrão observado sob condições normais de irrigação, com os maiores valores observados no genótipo BR 007 (Tabela 3).

Tabela 3. Características de produção de plantas de sorgo de diferentes genótipos submetidas a estresse hídrico. Número de panículas (PAN), o peso das panículas (PPA), o peso dos perfilhos (PER), o peso de grãos por panículas (GPA), o peso de grãos por perfilho (GPE) e a produção total (PRO).

Parâmetros	Irrigação	Genótipos					
		BR 007	SC 283	SC566-14	9929020	TX70780638	BTX64208
Avaliados							
						-24	19-20
PAN	Normal	003,0 aA	003,0 aA	003,0 aA	003,0 aA	003,0 aA	003,0 aA



	Estresse	003,0aA	003,0aA	003,0aA	003,0aA	003,0aA	003,0aA
PPA (g)	Normal	198,7aA	105,0cA	097,5cA	137,5bA	151,2bA	153,7bA
	Estresse	173,7aA	100,0cA	081,2cA	087,5cB	131,2bA	128,7bA
PER (g)	Normal	000,0bA	065,0aA	043,7aA	055,0aA	000,0bA	000,0bA
	Estresse	000,0cA	067,5aA	023,7bA	035,0bA	000,0cA	000,0cA
GPA (g)	Normal	177,5aA	086,2cA	080,0cA	110,0bA	128,7bA	123,7bA
	Estresse	148,7aB	082,5cA	068,7cA	070,0cB	110,0bA	098,7bA
GPE (g)	Normal	000,0cA	051,2aA	027,5bA	043,7aA	000,0cA	000,0cA
	Estresse	000,0cA	052,5aA	018,7bA	020,0bB	000,0cA	000,0cA
PRO (g)	Normal	177,5aA	137,5bA	107,5bA	153,7aA	128,7bA	123,7bA
	Estresse	148,7aA	135,0aA	087,5bA	090,0bB	110,0bA	098,7bA

As médias seguidas de mesma letra nas linhas para os genótipos (minúsculas) e nas colunas para a irrigação (maiúsculas) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $P < 0,05$.

Apenas os genótipos SC 283, SC 566-14 e 9929020 exibiram perfilhamento sob condições de estresse hídrico e sob irrigação normal. (Tabela 3). Em condições normais, o peso de perfilhos não demonstrou diferenças significativas entre os diferentes genótipos (Tabela 3). Contudo, em condições de estresse, o genótipo SC 283 demonstrou valores 184,81% superiores aos encontrados para SC 566-14 e 9929020 (Tabela 3). O peso de grãos por panículas foi maior no genótipo BR 007 em relação aos demais genótipos em condições normais ou de estresse hídrico (Tabela 3). A massa de grãos no genótipo BR 007 em condições normais foi 61,36% superior à encontrada nos genótipos TX70780638-24, 9929020 e BTX6420819-20, sendo ainda 121,87% superior aos genótipos SC 283 e SC 566-14 (Tabela 3). Sob estresse, o peso de grãos nas panículas do genótipo BR 007 foi 50,67% superior aos genótipos TX70780638-24 e BTX6420819-20, sendo ainda 116,45% superior aos genótipos SC 283, SC 566-14 e 9929020 (Tabela 3). Dentre os genótipos que desenvolveram perfilhos, a massa de grãos nos perfilhos foi 86,18% superior nos genótipos SC 283 e 9929020 em relação ao genótipo SC 566-14 (Tabela 3). Sob condições de estresse, o genótipo SC 283 exibiu valores para o peso de grãos no perfilho 180,75% superior aos demais genótipos. O estresse hídrico promoveu uma redução de 54,23% no peso de grãos por perfilho para o genótipo 9929020 (Tabela 3), sendo esse o único genótipo que sofreu reduções significativas na massa de grãos por perfilho sob estresse hídrico.

Quanto à produtividade total, os genótipos demonstraram diferenças significativas em função do estresse hídrico (Tabela 3). Em condições normais, os genótipos mais produtivos foram o BR 007 e o 9929020, que demonstraram valores 65,11% superiores aos demais genótipos (Tabela 3). Contudo, sob condições de estresse hídrico, o genótipo 9929020 demonstrou uma redução de 41,44% na produção (Tabela 3). Sob condições de estresse, os genótipos BR 007 e SC 283 demonstraram valores 69,94% superiores aos demais genótipos estudados, sendo, portanto, os mais produtivos (Tabela 3).



O perfilhamento é uma característica inerente dos genótipos e pode ser um fator que contribui para a produtividade da planta sob estresse (SCHWEITZER et al., 2009; SANGOI et al., 2009). Percebe-se que o aumento na produtividade do genótipo SC 283 se deve à massa de grãos nos perfilhos, que fez com que esse genótipo equiparasse em produção com o genótipo BR 007 sob estresse hídrico, sendo uma resposta para a tolerância desse genótipo. A alta produtividade do genótipo BR 007, mesmo na presença de estresse hídrico, pode ser atribuída pelo maior conteúdo de clorofila e número de folhas verdes que esse genótipo exibiu, demonstrando a sua capacidade de manutenção da fotossíntese, mesmo sob estresse, permitindo, assim, uma boa produção de grãos sob a condição de déficit hídrico.

Conclusões

O genótipo BR 007 demonstrou maior tolerância ao estresse hídrico e maior capacidade de produção em condições de estresse comparado com os demais genótipos por preservar a capacidade fotossintética sob déficit hídrico. O genótipo SC 283 demonstra boa capacidade de adaptação ao estresse hídrico e complementa as perdas de produção nas panículas com a produção de grãos nos perfilhos sob déficit hídrico.

Referências

- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; MOTA, J. H.; CASTRO, N. E. A. Avaliação da tolerância ao alumínio em dois genótipos de sorgo. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, ano 4, n. 7, jun. 2005. Disponível em: <<http://www.revista.inf.br/agro07/artigos/artigo01.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2010.
- CARLESSO, R.; PEITER, M. X.; PETRY, M. T.; WOSCHICK, D. Resposta do sorgo granífero a déficits hídricos aplicados durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 211-215, 1997.
- CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal**: estrutura e função de órgãos vegetativos. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.
- CORRÊA, A. F. F.; RANZANI, G.; FERREIRA, L. G. R. Relações entre o déficit hídrico e alguns processos fisiológicos e bioquímicos em quatro clones de seringueira. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 16/17, n. 1, p. 3-12, 1987.
- INDICADORES DA AGROPECUÁRIA. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, ano 8, n. 11, 1999. 67 p.
- LIMA, E. V.; SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. Relação da leitura do clorofilômetro com o N total na folha de painço (*Panicum miliaceum* L.) em função da adubação nitrogenada de cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 2, p. 149-158, 2007.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 3).



MONTEIRO, M. C. D.; ANUNCIÇÃO FILHO, C. J.; TABOSA, J. N.; OLIVEIRA, F. J.; REIS, O. V.; BASTOS, Q. S. Avaliação do desempenho de sorgo forrageiro para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 52-61, 2004.

SANGOI, L.; ZANIN, C. G.; SILVA, P. R. F.; SALDANHA, A.; VIEIRA, J.; PLETSCHE, A. J. Uniformidade no desenvolvimento e resposta de cultivares de milho ao incremento na população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 1, p. 69-81, 2009.

SANS, L. M. A.; AVELLAR, G.; FARIA, C. M.; GUIMARÃES, D. P.; ASSAD, E. D. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do sorgo nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Situação atual e perspectivas da agrometeorologia: anais**. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia: UFSM: UNIFRA, 2003. p. 521-522.

SCHWEITZER, C.; SANGOI, L.; VARGAS, V. P.; ZOLDAN, S. R.; MENGARDA, R. T.; SALDANHA, A.; SIEGA, E.; CARNIEL, G.; VIEIRA, J.; PLETSCHE, A. J.; BIANCHET, P.; PICOLI, G. J. Arranjo de plantas e contribuição dos perfilhos ao rendimento de grãos do milho. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 54.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 37., 2009, Veranópolis. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul: safras 2009/2010 e 2010/2011**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009.

