

Produtividade do milho cultivado sob diferentes regimes hídricos

Fabiano Melo de Matos¹, Camilo de Lelis Teixeira de Andrade², Tales Antônio Amaral³, Bruno França Moura⁴, Lilia Aparecida de Castro⁵, Celina Cândida Ferreira Rodrigues⁶ e Jéssica Sousa Paixão⁷

^{1,2,3}Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. fabianommatos@gmail.com, camilo@cnpmc.embrapa.br, ³Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, Pelotas, RS. tales_aamaral@yahoo.com.br, ⁴Engenheiro Ambiental, brunof_moura@yahoo.com.br, ^{5,6}UNIFEMM, Sete Lagoas, MG. lilia_acastro@yahoo.com.br, candidacelina@hotmail.com, ⁷Graduanda em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Sete Lagoas, MG. jessicaufsj@hotmail.com

RESUMO - Dentre os fatores climáticos que afetam a produção de milho, a precipitação é o mais importante. O estresse hídrico pode causar danos severos quando da sua ocorrência em períodos críticos. Este estudo teve como objetivo comparar o desempenho em termos de produtividade de grãos e produção de fitomassa seca, de seis genótipos de milho submetidos a um estresse hídrico cumulativo aplicado por ocasião do florescimento. Empregou-se um sistema *line source* para aplicar lâminas de irrigação decrescentes transversalmente à lateral de irrigação. Os genótipos responderam de forma diferenciada ao estresse hídrico. O híbrido P30F35 foi o que desempenhou melhor na produção de grãos quando não submetido a estresse hídrico, enquanto os híbridos 2B710 e AG9010 superaram os demais em condições de estresse. O híbrido 2B710 apresentou boa estabilidade com produções intermediárias com e sem estresse. O P30F35 se destacou na produção de fitomassa seca, mesmo em condição de estresse hídrico.

Palavras-chave: *Zea Mays* L., fitomassa, água, estresse hídrico, tolerância, *line source*.

Introdução

O milho é uma cultura que pode ser teoricamente cultivada o ano todo desde que haja condições físicas e climáticas ideais para o desenvolvimento da planta (BRUNINI et al., 2001). Observam-se altas variabilidades no rendimento da cultura do milho, tendo como causa principal o déficit hídrico decorrente de instabilidades no regime de chuvas, uma vez que a cultura é muito exigente em água. A quantidade de água consumida pela planta, durante seu ciclo, está em torno de 600 mm e o consumo diário varia de acordo com os estágios de desenvolvimento. Durante o período compreendido entre o

espigamento e a maturação, o consumo pode atingir 5 a 7,5 mm diários, podendo ainda aumentar de acordo com a temperatura (CRUZ et al., 2010).

Mesmo em anos climaticamente favoráveis, se o déficit hídrico ocorrer no período crítico, que vai da pré-floração ao início de enchimento de grãos, pode haver redução no rendimento do milho (BERGAMASCHI et al., 2004). A seleção de cultivares com alguma tolerância ou resistência ao estresse hídrico é considerada uma estratégia econômica e eficiente de convivência com regiões sujeitas à seca (TURNER, 1991).

Uma das maneiras mais antigas de se avaliar a resposta das culturas ao estresse hídrico é através da utilização do sistema *Line Source*, ou aspersão em linha, pois permite quantificar a relação entre a produtividade e o consumo hídrico das plantas (HANKS et al., 1980). O sistema constitui-se de uma linha de aspersores estreitamente espaçados entre si, aplicando água em doses decrescentes na direção perpendicular à tubulação (MENDONÇA et al., 1999).

Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de genótipos de milho cultivados sob diferentes níveis de estresse hídrico cumulativo obtido com a utilização de um sistema *Line Source*.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG, (latitude 19° 27' 17" S, longitude 44° 10' 19" W e altitude 731 m). O clima do local é classificado, segundo Köppen (OMETTO, 1981), como Cw, de savana com inverno seco e temperatura do mês mais frio menor que 18°C. A temperatura média anual nos últimos 60 anos é de 22,1°C e a amplitude térmica de 5°C. A precipitação pluvial média anual é de 1300 mm, com a estação chuvosa bem definida, ocorrendo a precipitação máxima em dezembro (média de 290 mm) e a mínima em agosto (menos de 8 mm). O solo representativo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho, distrófico, textura muito argilosa (PANOSO et al., 2002).

Selecionaram-se seis cultivares comerciais de milho com diferentes ciclos, potencial de produção e características relacionadas à tolerância à seca (Tabela 1).

Os genótipos foram semeados em linhas dispostas transversalmente à lateral de irrigação. Cada parcela, contendo um mesmo genótipo, era composta por 15 fileiras com 18 metros de comprimento, que por sua vez, eram divididas em subparcelas de três metros de comprimento, localizadas transversalmente à lateral de irrigação. Cada grupo de parcelas de seis genótipos (G1 a G6) e suas respectivas lâminas de irrigação (L1 a L6)

foi repetido quatro vezes (R1 a R4), totalizando 24 parcelas principais e 144 subparcelas.

A semeadura foi realizada no dia 20 de maio de 2010, empregando-se o sistema de plantio direto, com as fileiras espaçadas de 0,80 m e uma população inicial média em torno de 73 mil plantas por hectare.

A adubação consistiu de 400 kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16+Zn (N, P₂O₅, K₂O, Zn), aplicados no sulco de plantio e 200 kg ha⁻¹ de sulfato de magnésio (MgSO₄) aplicados em cobertura aos 19 dias após a semeadura (DAS). As adubações em cobertura consistiram de 300 kg ha⁻¹ da fórmula 20-00-20 (N, P₂O₅, K₂O) aplicados aos 29 DAS e 250 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, aos 43 DAS. Todos os tratamentos receberam os tratamentos culturais recomendados, como controle de plantas invasoras, de insetos e de doenças.

Até os 60 DAS, a cultura foi mantida sem estresse hídrico através da realização de irrigações suplementares com três laterais contendo aspersores espaçados de 12 por 18 metros. Dos 65 DAS em diante, estabeleceu-se o sistema *Line Source*, mantendo-se apenas a lateral de irrigação central. O manejo das irrigações foi realizado empregando-se uma planilha eletrônica (ALBUQUERQUE e ANDRADE, 2001) e todas as irrigações realizadas tiveram suas lâminas medidas em cada uma das 144 subparcelas e foram adicionadas às lâminas de chuva ocorridas no mesmo período.

A colheita foi realizada aos 207 DAS, amostrando-se quatro linhas centrais com três metros de comprimento, partindo-se da lateral central de irrigação, com quatro repetições, totalizando 144 subparcelas. Avaliaram-se o rendimento de grãos e a produção de fitomassa seca aérea. Procedeu-se uma análise de variância (ANOVA) com comparações de médias usando o teste de menor significância (LSD) (p<0,05), empregando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2000).

Resultados e Discussão

Os valores das lâminas de água (chuva + irrigação) recebidas pela cultura durante o ciclo, considerando a média para os seis genótipos, foram 1.124 mm (L1), 1.067 mm (L2), 974 mm (L3), 829 mm (L4), 578 mm (L5) e 507 mm (L6).

Mesmo que imposto de forma tardia, aos 65 DAS, para emular o comportamento em safrinha, observou-se que o estresse hídrico, decorrente de aplicações sucessivas de lâminas de irrigação inferiores às requeridas pela cultura, causou redução significativa na produtividade de grãos de milho em todos os seis genótipos testados (Tabela 1).

Lâminas de água (irrigação + chuva) acumuladas no ciclo superiores a 600 mm, que é o valor considerado adequado para milho (CRUZ et al., 2010), proporcionaram ganhos de produtividade, o que indica a necessidade de um refinamento na determinação do requerimento de água de genótipos de alta produtividade, cultivados em sistemas de produção de alta tecnologia.

A análise de variância indicou interação significativa entre lâmina de água e cultivar, em todas as variáveis analisadas, demonstrando que a resposta dos genótipos ao estresse hídrico foi diferente. Para lâminas de água elevadas (L1 e L2), ou seja, sem estresse hídrico, a maior produtividade de grãos foi obtida com o híbrido simples P30F35 e a menor com os híbridos AG9010 e DKB 350. Para lâminas de água abaixo de 600 mm no ciclo, a produtividade dos genótipos decresceu consideravelmente. A melhor resposta para condição de estresse hídrico elevado (L5 e L6) foi obtida com os híbridos simples 2B710 e AG9010, embora este último não tenha apresentado diferença significativa em relação aos híbridos 2B587 e 2B710. O pior desempenho, sob estresse, foi do híbrido P30F35. Os demais genótipos se comportaram de forma intermediária (Tabela 2). Este comportamento se deveu, possivelmente, à constituição genética da cultivar, que apresentando maior plasticidade genética, se adapta às variações ambientais (PINTO, 1995). Os genótipos 2B587, AG9010 e 2B710, quando comparados aos demais, apresentaram maior estabilidade com e sem estresse. Neste aspecto, o híbrido simples 2B710 superou os demais, pois apresentou bom desempenho tanto sob estresse, quanto sob lâminas elevadas de água.

Os tratamentos que receberam lâmina de água no ciclo (chuva + irrigação) ligeiramente abaixo de 600 mm, valor médio requerido pela cultura ao longo do ciclo (CRUZ et al., 2010), apresentaram produtividade aquém do esperado. A produtividade das cultivares é decorrente da interação entre o genótipo e o ambiente e, possivelmente, neste ano, outros elementos climáticos, além da chuva e da irrigação, não propiciaram as condições ideais para que esses genótipos expressassem seu potencial genético. Bergamaschi et al. (1988) afirmam que a redução no nível de água disponível no solo na antese pode reduzir pronunciadamente a capacidade de fertilização e, em conseqüência, a produção de grãos, na maioria dos cereais.

Observa-se que a fitomassa seca da parte aérea das plantas (Tabela 3) reduziu-se significativamente à medida que se aumentou o estresse hídrico aplicado à cultura. Resultados semelhantes foram obtidos por Viana et al. (2004), que verificou redução de 10% na produção de fitomassa na cultura do milho sob estresse hídrico, em relação às

plantas mantidas na ausência deste. Sob condição sem estresse, a cultivar P30F35 se destacou na produção de fitomassa seca. Para um estresse moderado (L5), o híbrido 2B710 foi o que melhor desempenhou, enquanto para um estresse mais severo (L6) os híbridos P30F35 e 2B587 superaram os demais na produção de fitomassa aérea. Essas informações confirmam a aptidão do híbrido P30F35 para a produção de silagem de planta inteira (Tabela 1).

A produção de fitomassa pela cultura é diretamente proporcional à disponibilidade hídrica e à eficiência no seu uso. O estresse decorrente da diminuição na disponibilidade deste recurso afeta principalmente expansão celular e o crescimento das raízes (HSIAO, 1990). A redução na produção da fitomassa e os efeitos adversos nos processos fisiológicos podem ser consequência do déficit hídrico, que afeta diretamente a produção de grãos (MÜLLER et al., 2002).

Conclusões

O híbrido P30F35 apresentou o melhor desempenho para produção de grãos em condições ótimas de disponibilidade hídrica e o pior sob estresse; a melhor resposta sob estresse hídrico foi obtida com os híbridos 2B710 e AG9010; o híbrido 2B710 apresentou boa estabilidade na produção de grãos com e sem estresse; o híbrido P30F35 se destacou na produção de fitomassa seca, mesmo em condição de estresse hídrico.

Agradecimentos

À FAPEMIG pelo apoio para apresentação deste trabalho no congresso e aos empregados da Embrapa Milho e Sorgo pelo grande esforço dispendido na coleta dos dados.

Referências

ALBUQUERQUE, P. E. P.; ANDRADE, C. L. T. Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2001. 14p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 10).

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; FANCELLI, A. L. Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e sementes de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba: Esalq, 1988. 172 p. Tese de Doutorado.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I; BIANCHI, C. A. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.39, n.9, p.831-839, set. 2004.

BRUNINI, O.; JÚNIOR, J. Z.; PINTO, H. S.; ASSAD, E.; SAWAZAKI, E.; DUARTE, A., P.; 1 e Maria Elisa Z. PATTERNIANI, M. E. Z. Riscos climáticos para a cultura de milho no estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.519-526, 2001.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; ALVARENGA, R. C.; NETO, M. M. G.; VIANA, J. H. M. V.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R.; FILHO, M. R. A. Cultivo do Milho. Embrapa Milho e Sorgo Sistemas de Produção, 2. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª edição Set./2010

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.

HANKS, R.J., SISSON, D.V., HURST, R.L., HUBBARD, K.G. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line-source sprinkler system. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.44, n.4, p.886-8. Jul/Aug, 1980.

HSIAO, T.C. Measurements of plant water status. Annual Review Plant Physiology, Palo Alto., v. 24, p. 519-570, 1990.

MENDONÇA, F.C.; MEDEIROS, R.D.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. Adubação nitrogenada do milho em um sistema de irrigação por aspersão em linha. Piracicaba, 1999. Scientia agrícola, vol.56 n.4 s.0- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MÜLLER, M.S.; FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. GARCIA, A.G. OVEJERO, R.F.L. Produtividade do Panicum maximum cv. Mombaça irrigado, sob pastejo rotacionado. Scientia Agrícola, v. 58, n. 3, p.427-433. 2002

OMETTO, J. C. Bioclimatologia Vegetal. São Paulo: Ceres, 1981. 400 p.

PANOSO, L.A.A.; RAMOS, D.P.; BRANDÃO, M. Solos do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo: suas características e classificação no novo sistema brasileiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5)

PINTO, R.J.B. Introdução ao melhoramento genético de plantas. Maringá: EDUEM, 1995. 275p.

TURNER, L. B. The effect of water stress on the vegetative growth of white clover (*Trifolium repens* L.), comparative of long-term water deficit and short-term developing water stress. Journal of Experimental Botany, v. 42, p. 311-316, 1991.

VIANA, M.C.M.; DURÃES, F.O.M.; QUEIROZ, C.G.S.; ISABEL, R.P. e ALBUQUERQUE, P.E.P. Produção de Fitomassa e Teor de Clorofila em Linhagens de Milho Submetidas ao Défice Hídrico. In: Congresso nacional de Milho e Sorgo, 25; Cuiabá, MT. Da agricultura familiar ao agronegócio: Tecnologia, competitividade e

sustentabilidade: [resumos expandidos]. Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Empaer, 2004.

Tabela 1 – Características agronômicas de seis cultivares de milho (Sete Lagoas, 2010).

Cultivar	Tipo	Ciclo	Plantio	AE (m)	AP (m)	Finalidade	Empresa
2B587	HS	Precoce	C/N/T/S	1,05	2,05	Grãos	DowAgroSciences
AG9010	HS	Superprecoce	C/N/S	1,00	2,00	Grãos	Agrocereis
DKB350 YG	HT	Precoce	C/N/T/S	1,20	2,30	Grãos	Dekalb
2B710	HS	Precoce	C/N/T/S	1,10	2,02	Grãos	DowAgroSciences
BRS1040	HS	Semiprecoce	N/S	1,12	2,18	Grãos/SPI	Embrapa
P30F35	HS	Precoce	N/S	1,50	3,10	Grãos/SPI	Pioneer

HS-Híbrido simples; HT-Híbrido triplo; C-Plantio cedo; N-Plantio normal; T-Plantio tardio; S-Safrinha; AE-Altura até a espiga (m); AP-Altura da planta (m); SPI-Silagem da planta inteira.

Tabela 2 – Produtividade média harmônica de grãos, corrigida para 13% de umidade, de seis genótipos de milho (Sete Lagoas, 2010).

Tratamento	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)					
	L1(1.124mm)	L2(1.067mm)	L3(974mm)	L4(829mm)	L5(578mm)	L6(507mm)
2B587	10.184 C	10.062 B	9.971 C	8.490 A	5.232 C	1.208 C
AG9010	9.237 D	8.954 D	8.964 D	6.768 D	5.592 C	1.449 C
DKB350	9.396 D	9.066 D	9.050 D	7.936 B	5.057 C	403 D
2B710	10.098 C	9.263 C	10.011C	7.556 C	6.785 B	1.293 C
BRS1040	10.736 B	9.501 C	9.079 D	8.760 A	5.292 C	390 D
P30F35	11.376 A	11.192 A	9.909 C	7.026 D	1.711 D	308 D

L1 a L6 são lâminas de água (chuva + irrigação). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t (LSD) a 0.05% de probabilidade.

Tabela 3 – Produção média harmônica de fitomassa aérea de seis genótipos de milho (Sete Lagoas, 2010)

Tratamento	Produção de fitomassa aérea (kg ha ⁻¹)					
	L1	L2	L3	L4	L5	L6
2B587	19.915 D	19.072 B	19.523 D	17.225 C	12.168 C	7.954 D
AG9010	18.676 E	17.842 D	18.100 E	14.435 E	11.140 D	6.115 E
DKB350	18.486 E	18.417 C	18.662 E	16.786 C	13.186 B	6.909 E
2B710	19.314 D	16.524 E	20.001 D	15.778 D	14.147 A	6.817 E
BRS1040	21.399 C	19.348 B	18.272 E	17.392 C	12.320 C	6.765 E
P30F35	22.335 B	21.433 A	20.741 C	16.570 C	9.754 E	7.420 D

L1 a L6 são lâminas de água (chuva + irrigação), conforme a Tabela 2. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t (LSD) a 0.05% de probabilidade.