

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE MILHO SOB CONDIÇÕES DE RESTRIÇÃO HÍDRICA

AGRONOMIC PERFORMANCE OF MAIZE GENOTYPES UNDER CONDITIONS OF WATER RESTRICTION

Marciela Rodrigues da Silva¹, Thomas Newton Martin^{2*}, Sidney Ortiz³,
Patrícia Bertoncelli³ e Douglas Vonz³

RESUMO

O objetivo, deste trabalho, foi avaliar o desempenho agronômico de genótipos de milho, no município de Dois Vizinhos, Paraná, Brasil, em condições de restrição hídrica. Foram avaliados 36 genótipos pertencentes ao ensaio Sul Super Precoce quanto aos caracteres relacionados com a produção de grãos. Os genótipos utilizados foram fornecidos pela Embrapa Milho e Sorgo e fazem parte dos Ensaios de competição de cultivares de milho do Brasil. O cultivo foi realizado em condições de sequeiro, sendo o fornecimento de água limitado à ocorrência de precipitações pluviométricas. O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no delineamento experimental látice simples. As condições climáticas ocorridas durante

o experimento foram de deficiência hídrica severa, interferindo negativamente no rendimento de grãos, assim como na variabilidade de resposta dos genótipos avaliados; mesmo nessas condições foi possível classificar os materiais quanto à maioria dos caracteres avaliados, sendo '30P34' o mais produtivo com 4,73 T ha⁻¹.

Palavras-chave: Componentes de rendimento, genótipos, *Zea mays* L.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the agronomic performance of maize genotypes in the municipalities of Dois Vizinhos, Paraná, Brazil, in conditions of water restriction. We evaluated 36 genotypes belonging to the Early Super South test regarding the characters related to grain production. The genotypes used were supplied by Embrapa Maize and Sorghum and are part of the competition trials of maize cultivars in Brazil. The culture was grown under rainfed conditions, with limited water supply to the occurrence of rainfall. The experiment was conducted at the experimental Universidade Tecnológica Federal do Paraná, the experimental design were simple lattice. The climatic conditions that occurred during the experiment were of severe drought, negatively affect the yield and variability of response of genotypes, even in these conditions it is possible to classify materials for most of the traits, being '30P34' the most productive with 4.73 t ha⁻¹.

¹Programa de Pós-Graduação em agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Pato Branco).

²Prof. Adj. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima, n. 1000, Cidade Universitária, CEP 97105-900, Centro de Ciências Rurais (CCR), Departamento de Fitotecnia, Prédio 44, Sala 5321, *Autor correspondente: martin.ufsm@gmail.com

³Estudante de Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Dois Vizinhos). Bolsista CNPq.

Recepção/Reception: 2011.03.29
Aceitação/Acception: 2012.03.06

Keywords: Genotypes, yield components, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

O milho é cultivado em todo o território brasileiro, destacando-se das demais culturas por ocupar a maior área cultivada no país e ser o produto agrícola de maior volume produzido. Considerando que a maior parte do consumo deste cereal está associada à criação de animais, a expansão das atividades ligadas à pecuária, no Paraná, tem gerado uma crescente demanda por esse produto; e, para atender essa necessidade, é importante o uso de tecnologias apropriadas que permitam o aumento da produtividade.

Anualmente são disponibilizadas ao mercado mais de cem cultivares de milho e a escolha do genótipo mais adequado a cada situação é o principal fator de acréscimo na produtividade, que pode ser obtido sem qualquer custo adicional. De acordo com Cruz *et al.* (2009), o rendimento da cultura do milho está relacionado com a genética da semente, as condições climáticas do local de semeadura, o manejo e, o nível de tecnologia empregado, sendo o potencial genético responsável por 50% do rendimento final. Dessa forma, a escolha correta dos materiais genéticos disponíveis é um aspecto fundamental para o estabelecimento de um sistema de produção mais eficiente.

O milho é, provavelmente, uma das espécies cultivadas com maior diversidade genética, tanto em produtividade como em qualidade nutricional; no entanto, a disponibilidade de informações sobre a produção e qualidade dos diversos genótipos é insuficiente, desestimulando a diversificação dos materiais empregados para sua produção. A grande disponibilidade e deficiência de informações, relacionadas com o comportamento agrônomo dos diversos genótipos, dificulta a escolha dos materiais e evidencia a necessidade de identificar os genótipos mais produtivos para as condições ambientais da região de cultivo, ressaltando que, além da genética,

a produção é influenciada, entre outros fatores, pelas condições climáticas (Gadioli *et al.*, 2000).

De acordo com Cruz e Regazzi (1994), como os genótipos se desenvolvem em sistemas dinâmicos, em que ocorrem constantes mudanças que vão desde a semeadura até a maturação fisiológica, há, geralmente, um comportamento diferenciado dos mesmos, em termos de resposta às variações ambientais. Assim sendo, o potencial produtivo da cultura pode ser explorado pela implementação criteriosa de aspectos técnicos, como a escolha do genótipo que melhor se adapte às condições de cultivo.

O estado do Paraná, embora com boa disponibilidade hídrica anual na maioria das regiões, apresenta ampla variabilidade na distribuição temporal e espacial da precipitação (Wrege *et al.*, 1999). Considerando que os cultivos agrícolas, na região, são praticados predominantemente em condições de sequeiro, ou seja, sem suplementação hídrica por irrigação, observa-se grande variabilidade interanual no rendimento das culturas, evidenciando a importância de compreender as interações entre a planta e o ambiente. Em particular as relações hídricas, que envolvem as culturas durante o seu desenvolvimento, a fim de adotar medidas capazes de reduzir os impactos da deficiência hídrica sobre a produção. Apesar de ser uma cultura com boa resistência às adversidades climáticas, a produtividade do milho pode ser bastante reduzida em condições de deficiência hídrica (Bergonci *et al.*, 2001). As oscilações nas safras de milho das principais regiões produtoras do Brasil estão associadas à disponibilidade de água, sobretudo no período crítico que vai do florescimento masculino ao enchimento de grãos (Bergonci *et al.*, 2001; Bergamashi *et al.*, 2004). A deficiência hídrica durante o desenvolvimento da cultura provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade está relacionada com o genótipo, a duração, a severidade e o estágio de desenvolvimento da planta. As estatísticas de produção revelam que, nos anos em que ocorrem períodos com déficit hídrico

durante os meses de verão, a produtividade das culturas é reduzida, causando prejuízos às cadeias produtivas (Matzenauer *et al.*, 2002). Nesse contexto, este trabalho teve por objetivo, avaliar a produtividade e características agronômicas de cultivares de milho no município de Dois Vizinhos, Paraná, Brasil, em condições de restrição hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no *Campus* Dois Vizinhos. A região está situada no Terceiro Planalto Paranaense, com altitude de 520m, latitude de 25°44' Sul e longitude de 53°04' Oeste. O clima é classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa), segundo a classificação de Köppen (Maack, 1968). O solo pertence à Unidade de mapeamento NITOSSOLO VERMELHO distroférico úmbrico, com textura argilosa de fase floresta subtropical perenifólia e relevo ondulado (Bhering e Santos, 2008).

A semeadura foi realizada manualmente no dia 08 de outubro de 2008, com uma adubação de base de 250 kg ha⁻¹ (N-P-K formulação 10-20-20), e, em cobertura, aplicaram-se 100 kg ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio, no dia 07/11/2008. Após a emergência, procedeu-se o desbaste, ajustando a população para 50.000 plantas por hectare. Durante a condução da lavoura, efetuou-se o controle químico de plantas daninhas, com a utilização de produto comercial a base de atrazina na dosagem de 3,0 kg de i.a. ha⁻¹, no dia 05/11/2008; e para o controle de insetos a pulverização foi realizada, com tiametoxam na dosagem 300 ml de i.a. ha⁻¹, no dia 16/11/2008.

Os genótipos utilizados foram fornecidos pela Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG) e fazem parte dos Ensaios de competição de cultivares de milho do Brasil, sendo avaliados 36 genótipos, pertencentes ao ensaio Sul Super Precoce (Quadro 1). O delineamento experimental utilizado foi em látice com duas repetições e cinco blocos. As parce-

las tinham um formato retangular, compostas por duas fileiras de cinco metros de comprimento distanciadas a 90 cm, com um espaçamento entre plantas na fileira de 20 cm.

Os caracteres avaliados no ensaio foram diâmetro da espiga (DIA, cm), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por fileira (NGF), massa de espigas (ME, g), massa total de espigas por parcela (MTE, kg), produção de grãos (MG, t ha⁻¹); número de plantas por hectare (NPL, ha⁻¹ x 1000), número de plantas quebradas mais acamadas (NPQA, ha⁻¹ x 1000), estatura de plantas (EP, m), estatura de inserção da primeira espiga (EE, m), número de espigas (NE, ha⁻¹ x 1000), comprimento de espigas (CE, cm); massa de cem grãos (MCG, g) e prolificidade (PROL). Os caracteres DIA, NF, NGF, ME, CE, MCG foram obtidos a partir da média de cinco espigas escolhidas aleatoriamente dentre todas as colhidas. Para o cálculo da produção de grãos, a massa de grãos foi ajustada para 13% de umidade.

O cultivo do milho foi realizado em condições de sequeiro, sendo o fornecimento de água limitado à ocorrência de precipitações pluviométricas, conforme Figura 1. Os dados de temperatura mínima, máxima, média e precipitação foram coletados na estação meteorológica automática do Inmet localizadas no *Campus* Dois Vizinhos da UTFPR a 300 metros do local do experimento. Os dados que são disponibilizados a cada hora foram transformados para a média diária e na sequência para a média decendial. Foi realizado balanço hídrico decendial a partir das planilhas fornecidas por Rolim *et al.*, (1998). Estimou-se o fator de depleção diário do período de cultivo segundo Doorenbos e Kassem (1994) da seguinte forma:

$$Fd_i = 1 - Ky_i \left(1 - \frac{Eta_i}{Etc_i} \right)$$

onde Ky é o índice de sensibilidade à falta de água da cultura, Eta_i é a evapotranspiração diária da cultura e Etc_i é a evapotranspiração máxima da cultura. Indicando que quanto menor for o Fd_i maior será a queda da pro-

dução diária. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio do software SAS (SAS, 1999), e as médias foram comparadas pelo teste de DMS-t a 5% de probabilidade de erro (Software Genes, Cruz, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados coletados na estação meteorológica gerou-se o balanço hídrico decendial (período de 10 dias) apresentado

Quadro 1 - Genótipos (GEN), nome comercial, base genética (BG), dureza do grão (DG), empresa produtora (EMP) dos genótipos pertencentes ao ensaio Sul Super Precoce.

Nome Comercial	BG	DG	EMPRESA
1D21956	HS	SD	Embrapa
2B587	HS	SD	Dow AgroSciences
2B655	HT	SD	Dow AgroSciences
2B707	HS	SD	Dow AgroSciences
30P34	HT	NI	Pioneer
AL Ipiranga	VAR	SD	DSMM/CATI
AL-Bandeirante	VAR	SD	DSMM/CATI
Al Piratininga	VAR	DM	DSMM/CATI
AS1575	HS	SD	Agroeste
ASV173	HS	SD	Agroeste
ASV897	HS	SD	Agroeste
BRS1040E	HS	SD	Embrapa
CD308	HD	SD	Coodetec
CD321	HS	DM	Coodetec
CD327	HS	D	Coodetec
CD384	HT	D	Coodetec
CD387	HS	SD	Coodetec
DX510	HT	NI	Delta
DX806	HS	NI	Delta
GNZ2500	HS	SD	Geneze Sementes
GNZ9501	HT	SD	Geneze Sementes
HPS0219	HS	SD	Embrapa
HSKSP1356	HS	D	KSP Sementes e Pesquisas
HTDSS2003	HT	SD	Di Solo
HTKSP3246	HT	SD	KSP Sementes e Pesquisas
P32D10	HD	SD	Prezoto
PHD20FXX	HT	D	PHD
PHD Taurus	HD	SD	PHD
PL6890	HS	D	Planagri Sementes e Rações Ltda
SHS4060	HD	NI	Santa Helena Sementes
SHS4080	HD	NI	Santa Helena Sementes
SHS5080	HT	NI	Santa Helena Sementes
30F53	HS	NI	Pioneer
Cargo	HD	NI	Syngenta
XBX2359	HS	D	Semeali
XBX2812	HS	D	Semeali

* Base Genética: HS - Híbrido Simples, HT - Híbrido Triplo, Var - Variedade, HD - Híbrido Duplo, HI - Híbrido Intervarietal; **Dureza do grão: NI - Não informado, SD - Semi Duro, D - Duro, DM - Dentado Mole; DT-Dentado;

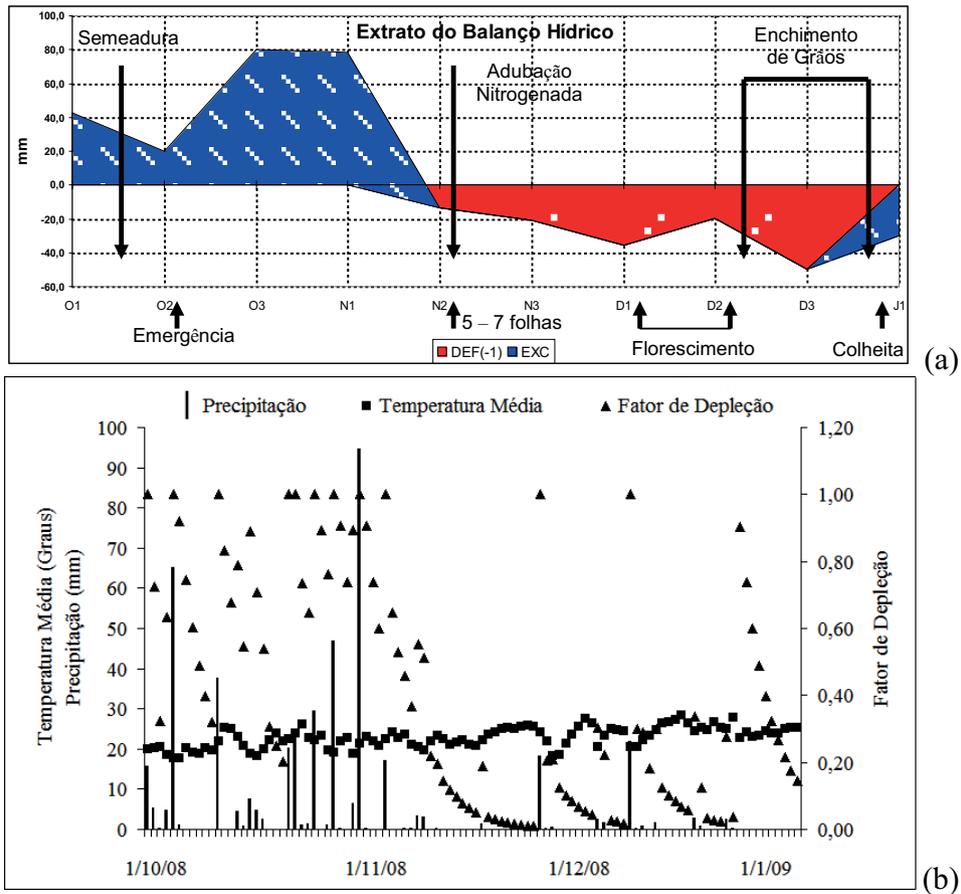


Figura 1 - Balanço hídrico decenal (período de 10 dias), dos meses de outubro (O), novembro (N), dezembro (D) e janeiro (J), indicando o extrato do balanço hídrico (adaptado de Rolim *et al.*, 1998) com deficiência e excesso de precipitação (a), temperatura média, precipitação e fator de depleção (b) (adaptado de Doorenbos e Kassam, 1994), ocorrentes nas diferentes fases fenológicas da cultura.

na Figura 1 (a e b). Observou-se que o ano agrícola 2008/2009 apresentou precipitações pluviais abaixo da média climática, especialmente nos meses de novembro e dezembro, período este que coincide com o crescimento, desenvolvimento e diferenciação dos principais componentes de rendimento da cultura do milho, tornando-o sensível aos efeitos dessas condições e, por isso sujeito a grandes impactos em termos de produção. No que diz respeito ao fator de depleção percebe-se que esse possuiu valor médio de 0,41 (todo o ciclo), com a amplitude variando de 0,01

a 1,00. Porém, nos principais períodos que definem a produtividade da cultura do milho os valores sempre foram muito baixos. Isso justifica os valores baixos de produtividade (evapotranspiração da cultura é grande em relação à evapotranspiração diária). A estia-gem prolongada causou redução, tanto na produção de matéria seca de silagem, quanto no rendimento de grãos. A restrição hídrica que ocorreu durante o período vegetativo da cultura ocasionou senescência prematura das folhas levando a redução na fotossíntese e, conseqüentemente decréscimo na capa-

Quadro 2 - Valores médios dos caracteres número de plantas por hectare (NPL, ha⁻¹ x 1000), número de plantas quebradas mais acamadas (NPQA, ha⁻¹ x 1000), estatura de plantas (EP, m), estatura de inserção de primeira espiga (EE, m) para os genótipos de milho do ensaio Sul Super Precoce.

Genótipos	NPL		NPQA	EP		EE	
1D21956	30,00	bcd	3,88	1,25	abcde	0,51	abcdef
2B587	42,77	abc	4,44	1,05	cdefg	0,47	bcdef
2B655	41,11	abcd	3,88	1,25	abcde	0,57	abcde
2B707	32,22	abcd	3,88	1,12	abcdefg	0,58	abcde
30P34	36,66	abcd	4,44	1,07	bcdefg	0,53	abcde
AL Ipiranga	41,11	abcd	3,33	1,43	ab	0,63	ab
AL-Bandeirante	37,22	abcd	4,44	1,19	abcdef	0,56	abcde
Al Piratininga	15,00	e	3,88	0,78	g	0,36	f
AS1575	43,88	ab	3,33	1,14	abcdef	0,54	abcde
ASV173	36,11	abcd	4,44	1,14	abcdef	0,55	abcde
ASV897	40,55	abcd	5,55	1,26	abcd	0,59	abcd
BRS1040E	36,11	abcd	3,33	1,15	abcdef	0,54	abcde
CD308	27,77	de	3,33	0,91	efg	0,58	abcde
CD321	35,00	abcd	5,00	0,86	fg	0,44	def
CD327	44,44	a	4,44	1,28	abc	0,57	abcde
CD384	40,00	abcd	5,00	1,03	cdefg	0,52	abcdef
CD387	28,88	cde	3,88	1,17	abcdef	0,46	cdef
DX510	33,88	abcd	5,00	1,18	abcdef	0,53	abcdef
DX806	39,44	abcd	4,44	1,12	abcdefg	0,57	abcde
GNZ2500	40,55	abcd	4,44	1,44	a	0,65	a
GNZ9501	37,77	abcd	5,55	1,21	abcdef	0,55	abcde
HPS0219	35,00	abcd	5,00	1,12	abcdefg	0,55	abcde
HSKSP1356	38,33	abcd	3,33	1,10	abcdefg	0,57	abcde
HTDSS2003	32,22	abcd	5,55	1,08	bcdefg	0,51	abcdef
HTKSP3246	38,88	abcd	6,11	0,86	fg	0,41	ef
P32D10	35,55	abcd	3,33	1,12	abcdefg	0,55	abcde
PHD20FXX	35,55	abcd	4,44	1,08	bcdefg	0,53	abcdef
PHDtaurus	34,44	abcd	4,44	1,08	bcdefg	0,54	abcde
PL6890	36,66	abcd	5,55	1,21	abcdef	0,57	abcde
SHS4060	31,66	abcd	3,33	1,19	abcdef	0,57	abcde
SHS4080	37,77	abcd	4,44	1,22	abcde	0,61	abc
SHS5080	39,44	abcd	4,44	1,16	abcdef	0,58	abcde
30F53	38,33	abcd	6,11	1,11	abcdefg	0,50	abcdef
Cargo	41,11	abcd	6,11	1,28	abc	0,58	abcde
XBX2359	33,33	abcd	5,00	0,92	defg	0,45	cdef
XBX2812	38,33	abcd	3,33	1,20	abcdef	0,54	abcde
Média	36,31		4,46	1,13		0,54	
CV	18,90		39,31	15,35		15,45	
DMS	13,93		3,56	0,35		0,17	

* médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de DMS-t.

cidade de produção de fitomassa. Por meio do fator de depleção (Figura 1b) percebe-se o comportamento do estresse causado pela deficiência hídrica. Os valores mais baixos indicam maior estresse, em relação a esse fa-

tor, quando comparados com os valores mais próximos a um (menor estresse).

Até aproximadamente duas folhas completamente desenvolvidas as plantas de milho desenvolvem-se com base nas reservas da se-

Quadro 3 - Valores médios dos caracteres produção de grãos número de espigas (NE, ha⁻¹ x 1000), comprimento de espigas (CE, cm) diâmetro da espiga (DIA, cm), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por fileira (NGF) para os genótipos de milho do ensaio Sul Super Precoce.

Genótipos	NE	CE	DIA	NF	NGF					
1D21956	27,22	bcdefg	11,8	abcde	4,0	abcd	10,8	f	24,5	abc
2B587	43,33	abcd	10,0	def	4,15	ab	13,0	abcdef	27,5	ab
2B655	38,33	abcdef	12,8	a	4,25	a	14,0	abc	24,5	abc
2B707	32,77	abcdefg	11,45	abcdef	3,85	bcde	14,4	a	22,5	abc
30P34	44,44	abc	10,25	cdef	3,75	cdef	11,2	ef	22,5	abc
AL Ipiranga	27,77	bcdefg	11,2	abcdef	4,0	abcd	12,6	abcdef	30,0	ab
AL-Bandeirante	22,22	efg	9,05	f	3,9	abcde	12,2	abcdef	18,0	bc
Al Piratininga	15,55	g	9,75	ef	3,8	bcde	13,0	abcdef	26,5	abc
AS1575	42,77	abcde	10,3	bcdef	3,9	abcde	13,0	abcdef	25,0	abc
ASV173	41,11	abcdef	9,8	ef	3,9	abcde	12,0	bcdef	29,5	ab
ASV897	47,77	ab	11,45	abcdef	3,95	abcd	12,4	abcdef	28,0	ab
BRS1040E	38,88	abcdef	12,4	abcd	4,0	abcd	11,2	ef	25,5	abc
CD308	41,66	abcdef	9,15	f	3,95	abcd	12,2	abcdef	25,0	abc
CD321	38,33	abcdef	10,15	def	3,95	abcd	12,6	abcdef	23,0	abc
CD327	40,55	abcdef	10,4	abcdef	4,1	abc	12,3	abcdef	21,0	abc
CD384	43,88	abc	12,7	ab	4,25	a	14,2	ab	27,5	ab
CD387	21,66	fg	11,1	abcdef	4,0	abcd	12,5	abcdef	26,0	abc
DX510	37,22	abcdef	10,5	abcdef	3,4	f	10,8	f	28,5	ab
DX806	29,44	abcdefg	9,6	ef	3,7	def	11,8	cdef	22,0	abc
GNZ2500	21,66	fg	11,25	abcdef	3,8	bcde	12,6	abcdef	21,5	abc
GNZ9501	42,77	abcde	11,4	abcdef	4,25	a	13,0	abcdef	26,0	abc
HPS0219	25,55	cdefg	10,5	abcdef	3,95	abcd	11,8	cdef	15,0	c
HSKSP1356	34,44	abcdefg	10,5	abcdef	3,55	ef	12,2	abcdef	22,5	abc
HTDSS2003	26,66	cdefg	10,25	cdef	4,15	ab	12,0	bcdef	19,5	bc
HTKSP3246	36,11	abcdefg	11,6	abcde	3,75	cdef	12,4	abcdef	27,5	ab
P32D10	31,11	abcdefg	12,65	abc	4,0	abcd	13,0	abcdef	26,5	abc
PHD20FXX	34,44	abcdefg	12,8	a	4,15	ab	12,4	abcdef	28,0	ab
PHDtaurus	24,44	cdefg	10,25	cdef	3,85	bcde	13,2	abcde	30,0	ab
PL6890	22,77	defg	10,7	abcdef	3,95	abcd	12,2	abcdef	28,0	ab
SHS4060	31,11	abcdefg	10,2	def	3,9	abcde	12,0	bcdef	22,0	abc
SHS4080	40,55	abcdef	10,35	bcdef	4,0	abcd	13,2	abcde	32,0	a
SHS5080	32,22	abcdefg	9,8	ef	4,1	abc	13,8	abcd	26,0	abc
30F53	48,88	a	11,3	abcdef	4,05	abcd	13,2	abcde	22,5	abc
Cargo	33,88	abcdefg	11,2	abcdef	3,8	bcde	12,7	abcdef	26,0	abc
XBX2359	25,00	cdefg	11,4	abcdef	4,1	abc	11,6	def	24,5	abc
XBX2812	31,11	abcdefg	11,15	abcdef	3,75	cdef	12,6	abcdef	24,0	abc
Média	33,82		10,86		3,94		12,50		24,95	
CV	30,64		11,01		4,94		8,72		24,32	
DMS	21,04		2,43		0,39		2,21		12,32	

* médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de DMS-t.

mente. Verifica-se que a partir do momento em que as reservas da semente estão esgotadas existe o início do período de deficiência hídrica. Além disso, apesar da aplicação da adubação nitrogenada ter sido realizada ao final do dia, para maximizar o aproveitamento do nitrogênio e reduzir as perdas por volatilização, o período em questão possuía uma deficiência hídrica elevada, o que certamen-

te contribuiu para o menor aproveitamento do nutriente pela planta. Segundo Ritchie e Hanway (1992) no período compreendido entre 5 a 7 folhas define-se o potencial de produção de grão. Dessa forma, se nesse período está ocorrendo um elevado estresse hídrico a produtividade de grãos tende a ser afetada, drasticamente, assim como ocorreu. A estiagem, com elevada demanda evapora-

Quadro 4 - Valores médios dos caracteres produção de grãos massa de espigas (ME, g), massa total de espigas por parcela (MTE, g), massa de grãos (MG, T ha⁻¹) prolificidade (PROL) e massa de cem grãos (MCG, g) para os genótipos de milho do ensaio Sul Super Precoce.

Genótipos	ME		MTE		MG		PROL		MCG	
1D21956	115,9	abcde	2504,0	abcdef	1,84	cd	0,92	bcdef	35,07	cdef
2B587	107,1	abcdefg	3573,5	abcde	3,33	abc	1,02	abcdef	35,51	cdef
2B655	139,0	a	3432,5	abcde	2,93	abcd	0,93	bcdef	37,35	cdef
2B707	104,6	abcdefg	3362,0	abcde	2,22	bcd	0,90	bcdef	25,46	f
30P34	96,4	abcdefg	4337,0	ab	4,73	a	1,23	ab	42,78	abcde
AL Ipiranga	120,6	abcd	2800,5	abcdef	1,25	cd	0,66	def	36,13	cdef
AL-Bandeirante	73,2	efg	1514,0	ef	1,33	cd	0,62	ef	43,25	abcde
Al Piratininga	104,6	abcdefg	1008,0	f	0,66	d	1,06	abcde	25,8	f
AS1575	86,7	cdefg	3275,5	abcdef	3,21	abc	0,99	bcdef	40,87	abcdef
ASV173	87,3	cdefg	3195,0	abcdef	2,61	abcd	1,14	abcd	32,55	def
ASV897	99,0	abcdefg	3508,0	abcde	2,90	abcd	1,18	abc	31,16	ef
BRS1040E	127,4	abc	3852,0	abcd	2,98	abc	1,13	abcd	41,8	abcdef
CD308	80,4	defg	2844,5	abcdef	4,26	ab	1,50	a	56,33	ab
CD321	98,3	abcdefg	2949,5	abcdef	2,40	bcd	1,18	abc	36,73	cdef
CD327	109,3	abcdef	3717,5	abcde	2,77	abcd	0,93	bcdef	34,25	def
CD384	128,8	abc	3797,5	abcde	3,07	abc	1,11	abcde	30,26	ef
CD387	109,3	abcdef	1889,0	def	2,72	abcd	1,01	abcdef	49,29	abcd
DX510	64,1	g	2649,0	abcdef	2,77	abcd	1,00	bcdef	42,15	abcdef
DX806	68,7	fg	1852,0	def	1,89	cd	0,80	bcdef	40,80	abcdef
GNZ2500	97,9	abcdefg	1986,5	cdef	1,40	cd	0,54	f	30,19	ef
GNZ9501	135,5	ab	4233,5	abc	4,21	ab	1,14	abcd	39,71	bcdef
HPS0219	96,9	abcdefg	2616,0	abcdef	1,44	cd	0,70	cdef	30,23	ef
HSKSP1356	78,4	defg	2133,0	bcdef	2,65	abcd	1,01	abcdef	39,15	cdef
HTDSS2003	101,0	abcdefg	2397,0	abcdef	2,20	bcd	0,92	bcdef	41,63	abcdef
HTKSP3246	96,5	abcdefg	3040,0	abcdef	2,59	abcd	0,93	bcdef	29,32	ef
P32D10	124,4	abc	2609,0	abcdef	3,12	abc	0,84	bcdef	51,54	abc
PHD20FXX	119,5	abcd	3019,0	abcdef	2,10	bcd	0,98	bcdef	30,19	ef
PHDtaurus	91,8	cdefg	1836,5	def	1,11	cd	0,80	bcdef	28,46	ef
PL6890	105,9	abcdefg	2135,0	bcdef	1,42	cd	0,62	ef	40,27	bcdef
SHS4060	95,0	bcdefg	2890,0	abcdef	2,55	abcd	1,11	abcde	34,63	cdef
SHS4080	94,1	bcdefg	3587,5	abcde	2,76	abcd	1,05	abcde	28,83	ef
SHS5080	99,2	abcdefg	2699,0	abcdef	2,24	bcd	0,83	bcdef	30,99	ef
30F53	101,4	abcdefg	4532,5	a	4,30	ab	1,27	ab	42,13	abcdef
Cargo	95,8	abcdefg	3523,0	abcde	2,84	abcd	0,81	bcdef	31,33	ef
XBX2359	109,4	abcdef	2028,0	cdef	2,39	bcd	0,78	bcdef	57,22	a
XBX2812	98,9	abcdefg	2346,5	abcdef	2,19	bcd	0,79	bcdef	29,69	ef
Média	101,73		2879,80		2,54		0,95		37,03	
CV	21,07		39,36		44,03		25,41		22,54	
DMS	43,51		2301,46		2,27		0,49		16,94	

* médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de DMS-t.

tiva que ocorreu em um intervalo contínuo de aproximadamente seis semanas, ao redor dos 30 dias após a emergência (a partir da terceira folha completamente expandida), provocou intenso déficit hídrico as plantas

quando a cultura ainda estava no período vegetativo e se prolongou até o início do enchimento de grãos. De acordo com os dados apresentados na Quadro 2, os genótipos avaliados caracterizaram-se como materiais

de baixa estatura, sendo essas características dependentes não só da genética, como também das práticas de manejo e condições climáticas (Gerage, 1991), dentre as quais se destaca a disponibilidade hídrica. Os valores médios de estatura de planta e altura de inserção da espiga variaram de 1,44 a 0,78 m e 0,36 a 0,65 m para os híbridos GNZ 2500 e Al Piratininga, respectivamente. Em trabalho desenvolvido por Farinelli *et al.* (2003), os valores médios para ambos os componentes fenológicos foram similares aos do presente experimento, sendo inferiores aos obtidos normalmente, em decorrência do efeito das condições do ambiente, sobretudo das baixas precipitações ocorridas durante o desenvolvimento da cultura.

Relativamente ao número de plantas, este não se manteve constante até o final do experimento, apesar de ter sido ajustado, após a germinação, para 50.000 plantas por hectare. Provavelmente, existem diferenças na resistência dos colmos, principalmente quando ocorre um fator estressante como o déficit hídrico. Conforme observado por Gomes *et al.* (2010) existe variabilidade genética para resistência ao acamamento e ao quebraamento do colmo em milho e estas características interagem significativamente com o ambiente. Em condições de deficiência hídrica durante o desenvolvimento vegetativo de plantas de milho, como as observadas no presente experimento, em que o déficit que ocorreu a partir do estágio V_8 (oito folhas expandidas), aproximadamente 30 DAE (dias após a emergência), foi sempre superior a 20 mm, a demanda transpiratória da cultura não é atendida e conseqüentemente, ocorre o fechamento dos estômatos e queda da fotossíntese, resultando em menor produção de fotoassimilados e redução no acúmulo de reservas. Conforme é relatado por alguns autores, quando restrições ambientais reduzem as taxas fotossintéticas e prejudicam a produção de fotoassimilados em quantidade suficiente para a manutenção dos tecidos, a maior demanda exercida pelos grãos por esses produtos leva os tecidos da raiz e da base do colmo à senescer precocemente (Sangoi *et al.*, 2001;

Fontoura *et al.*, 2006). Dessa forma, em condições de estresse que limitam o desenvolvimento das folhas ou ocasionam senescência precoce das mesmas, o maior direcionamento de fotoassimilados do colmo para os grãos fragiliza a estrutura de sustentação da planta, aumentando a sua suscetibilidade a quebra e acamamento (Sangoi *et al.*, 2001).

Quanto à avaliação dos componentes produtivos, o número de fileiras por espiga oscilou de 14,4 a 10,8, (em média) para os genótipos 2B707 e 1D21956 e o número de grãos por fileira variou de 32 a 15 com valor médio de 24,95, para os híbridos SHS4080 e HPS0219, respectivamente (Quadro 3). Esses caracteres sofreram efeitos mais intensos da estiagem que ocorreu no intervalo de 30 a 70 dias após a emergência da cultura, pois durante esse período foram observados altos valores de deficiência hídrica, variando de 20 a 50 mm. Essa condição provocou intenso déficit hídrico às plantas durante o florescimento (50 a 65 DAE), quando o milho mais necessitava de água, o que refletiu diretamente na formação de grãos. De acordo com Schussler e Westgate (1991) a redução do número de grãos por espiga, em plantas submetidas à restrição hídrica se deve à baixa taxa de suprimento de assimilados aos ovários, provocando abortamento de grãos. O baixo rendimento de grãos também pode ser atribuído à quebra do sincronismo entre emissão dos estigmas e liberação do pólen, justificando a ocorrência de espigas com poucos grãos (Bergamaschi *et al.*, 2004).

O número de espigas por hectare variou de 48,89 a 15,55 para os genótipos 30F53 e Al Piratininga, respectivamente, sendo que o índice de espiga oscilou de 1,50 com a cultivar CD 308 e 0,54 GNZ 2500, com valor médio de 0,95, o que demonstra baixa prolificidade de alguns genótipos, caracterizando elevada quantidade de plantas sem espigas e cultivares não prolíferas (Quadros 2 e 3). Resultados semelhantes foram evidenciados por Bergamaschi *et al.* (2004), estudando as relações entre o suprimento de água e a produção de grãos para a cultura do milho, onde uma curta estiagem durante o florescimento mas-

culino e início do enchimento de grãos afetou o número de espigas por planta e o número de grãos por fileira, sendo a redução do número de espigas atribuída ao atraso provocado pelo déficit hídrico na emissão da mesma, o que levou muitas plantas a perderem sua capacidade de emissão de espigas em decorrência da condição em que se encontravam ao final da restrição hídrica (Bergamaschi *et al.*, 2004).

De acordo com as condições climáticas observadas neste experimento, a partir dos 40 DAE, período em que a cultura define o tamanho de espiga, no estágio fenológico que compreende V_{10} a V_{17} (dez a dezessete folhas expandidas) o balanço hídrico da cultura apresentou valores de deficiência hídrica que variaram de 20 a 25 mm (Figura 1). Dentre os genótipos avaliados, nesse cenário, o 2B655 apresentou menor comprimento de espiga, quando comparado ao AL - Bandeirante. Considerando a característica diâmetro de espiga, os genótipos 2B655 e CD384 foram os que apresentaram os maiores diâmetros e o genótipo DX510 o menor diâmetro.

O tamanho de grãos foi menos afetado, por depender da condição hídrica posterior, durante o enchimento de grãos, aproximadamente 70 DAE, que ocorreu em condições adequadas de precipitação. O maior peso de cem grãos foi obtido pela cultivar XBX2359 com 57,22 e o menor pela 2B707 com 25,46 g. Contudo, o déficit hídrico causou um forte impacto na produtividade de grãos, que se manteve abaixo de 4,73 T ha⁻¹, destacando-se o híbrido 30P34 com a maior produção e a variedade Al Piratininga com o menor rendimento (0,66 T ha⁻¹) (Quadro 4). Em trabalho realizado por Bergamaschi *et al.* (2004), avaliando o rendimento da cultura do milho em dois anos agrícolas distintos, observou que condições adequadas de precipitação, durante o período crítico da cultura, garantiram rendimento próximo de 8.000 kg ha⁻¹; em contrapartida, uma condição de déficit hídrico durante esse período reduziu a produtividade para menos de 2000 kg ha⁻¹. Da mesma forma, Farinelli *et al.* (2003), avaliando o desempenho agrônomico de cultivares de

milho no período de safra, em condições de precipitação adequada, e safrinha, sob condições de restrição hídrica, observou que o desempenho das cultivares foi altamente influenciado pelas condições ambientais, sendo que as produções variaram de 12,8 t ha⁻¹ a 1,68 t ha⁻¹, para o período de safra e safrinha, respectivamente.

CONCLUSÃO

O déficit hídrico interferiu negativamente no rendimento de grãos assim como na variabilidade de resposta dos genótipos avaliados. No entanto mesmo nessas condições, foi possível classificar os materiais quanto à maioria dos caracteres avaliados, sendo '30P34' o mais produtivo com 4,73 T ha⁻¹.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Araucária e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas e auxílio a pesquisa. À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, Milho e Sorgo) pela disponibilização dos genótipos de milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bergamaschi, H.; Dalmago, G.A.; Bergonci, J.I.; Bianchi, C.A.M. Müller, A.G. Comiran, F. e Heckler, B.M.M. (2004) - Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39,9: 831-839.
- Bergonci, J.I.; Bergamaschi, H.; Santos, A.O.; França, S. e Radin, S. (2001) - Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36, 7: 949-956.
- Bhering, S.B. e Santos, H.G. (2008) - *Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada*. Rio de Janeiro, EMBRAPA/IAPAR. 74 p.

- Cruz, C.D. e Regazzi, A.J. (1994) - *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, UFV, 390 p.
- Cruz C.D. (2001) - *Programa Genes versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa, UFV, 648 p.
- Cruz, C.C; Perreira Filho, I.A.; Correa, L.A.; Perreira, F.T.F. e Oliveira M.R. (2009) - *Milho: Cultivares para 2008/2009* (em linha). (Acesso em: 14 Dezembro 2010). Disponível em: < <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php/> >.
- Doorenbos, J. e Kassan, A.H. (1994) - *Efeitos da água no rendimento das culturas*. Roma, FAO, 212 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- Farinelli, R.; Penariol, F.G.; Bordin, L.; Coicev, L. e Fornasieri Filho, D. (2003) - Desempenho agrônomo de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha. *Bragantia*, 62, 2: 235-241.
- Fontoura, D.; Stangarlin, J.R.; Trautmann, R.R.; Schirmer, R.; Schwantes, D.O e Andreotti, M. (2006) - Influência da população de plantas na incidência de doenças de colmo em híbridos de milho na safrinha. *Acta Scientiarum Agronômica*, 28, 4: 545-551.
- Gadioli, J.L.; Dourado-Neto, D.; García, A.G. e Basanta, M.V. (2000) - Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. *Scientia Agrícola*, 57, 3: 377-383.
- Gerage, A.C. (1991) - Cultivares. In: Fundação Instituto Agrônomo do Paraná - *A cultura do milho no Paraná*. Londrina, IAPAR, p. 71-82.
- Gomes, L.S.; Brandão, A.M.; Brito C.H; Moraes, D.F. e Lopes, M.T.G. (2010) - Resistência ao acamamento de plantas e ao quebraamento de colmo em milho tropical. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45, 2: 140-145.
- Maack, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. (1968) – Curitiba, Banco do Desenvolvimento do Paraná. 350 p.
- Matzenauer, R.; Bergamaschi, H.; Berlato, M.A.; Maluf, J.R.T.; Barni, N.A.; Bueno, A.C.; Didone, I.A.; Anjos, C.S.; Machado, F.A. e Sampaio, M.R. (2002) - *Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja, no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Fepagro, 105 p.
- Ritchie, S.W. e Hanway, J.J. (1992) - *How a corn plant develops*. Ames, Iowa State, University of Science and Technology, 26p. (Special Report, 48).
- Rolim, G.S.; Sentelhas, P.C. e Barbieri, V. (1998) - Planilhas no ambiente Excel™ para cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 6, 1: 133-137.
- Sangoi, L.; Almeida, M.L.; Lech, V.A.; Graçietti, L.C. e Rampazzo, C. (2001) - Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. *Scientia Agrícola*, 58, 2: 271-276.
- SAS. Statistical Analysis System (1999) - *The SAS system for windows*. Release 8.00. North Carolina, SAS Institute Inc. Cary.
- Schussler, R.J. e Westgate, M.E. (1991) - Maize kernel set at low potential: II. Sensitivity to reduced assimilates at pollination. *Crop Science*, 31,1: 1196-1203.
- Wrege, M.S.; Gonçalves, S.L.; Caramori, P.H.; Vasconcelos, M.E.C.; Oliveira, D.; Abucarub Neto, M.; Borrozzino, E. e Caviglione, J.H. (1999) - Risco de deficiência hídrica na cultura do milho no estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34, 7: 1119-1124.