

Estabilidade do Rendimento e Tolerância a Estresses em Genótipos de Milho Cultivados nas Regiões Centro e Sul do Brasil.

XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo - 01 a 05 de setembro de 2002 - Florianópolis - SC

Frederico O. M. Durães¹; Luís A. Correa¹; José C. Cruz¹; Antônio C. de Oliveira¹; Paulo C. Magalhães¹; e Shanahan, J.F.²

¹ Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151 – CEP 35701-970 – Sete Lagoas, MG, Brasil. (fduraes@cnpms.embrapa.br); ² University of Nebraska-Lincoln; USDA-ARS/SWCRU. Lincoln, NE, USA

Palavras-chave: rede de ensaios, maturidade, rendimento de grãos, adaptação

Introdução

Há evidências que aumento na tolerância a estresses pode estar relacionada a seleção para estabilidade no rendimento.

A produtividade de milho é uma variável complexa e dependente de fatores genéticos, ambientais e de manejo. A produtividade média de milho no Brasil é baixa, cerca de 3,341 t.ha⁻¹ (CONAB, 2002), entretanto tem-se observado altos rendimentos, em algumas regiões com adequadas condições de cultivo, apontam para um potencial elevado e competitivo de produção de grãos, notadamente as regiões Centro-Oeste (4,705), Sul (4,394) e Sudeste (3,569). A produtividade - dependente dos fatores genótipo, ambiente e manejo, varia muito no espaço e no tempo, o que sugere a complexidade de seus componentes.

O rendimento de grãos de milho é determinado basicamente pelo número de grãos por unidade de área e, em menor escala, pela massa individual do grãos (Richards, 2000).

A melhoria do rendimento em milho tem sido associada com o aumento na tolerância a estresses (Duvick, 1992, 1997; Tollenaar & Wu, 1999, Tollenaar et al., 2001) e o aumento na tolerância a estresses podem resultar, em parte, da seleção para aumento da estabilidade do rendimento (Durães et al., 2002).

O objetivo desse trabalho é avaliar a relação entre potencial de rendimento, tolerância ao estresse, especialmente de altitude, e estabilidade do rendimento em milho, com base nos dados dos Ensaio Nacionais de Cultivares de Milho (Normal, Precoce e Superprecoce), 2000-2001. Tolerância ao estresse e estabilidade do rendimento são função do rendimento potencial. A diferença entre rendimentos potencial e atual representa a contribuição potencial da tolerância ao estresse para melhoria do rendimento e, por definição, como rendimento aproxima-se do rendimento potencial, genótipos competitivos tornam-se mais tolerantes ao estresse. Em contraste, estabilidade do rendimento deve reduzir essa diferença, quando o rendimento atual sob condições relativamente não-estressadas aproxima-se do rendimento potencial, ou seja, a redução do rendimento devido a falhas na cultura é proporcionalmente grande comparado com a média do rendimento sob condições relativamente não-estressadas.

Material e Métodos

No ano agrícola 2000/2001, os Ensaios Nacionais foram conduzidos nas principais regiões produtoras de milho: Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Distrito Federal, Bahia e Pará.

As características das cultivares testadas nos Ensaios estão apresentadas na Tabela 1. Para os três grupos de maturidade predominam os Híbridos Triplos e Simples, perfazendo 64, 70 e 75%, respectivamente, para Normal, Precoce e Superprecoce.

O Índice de Estresse Ambiental (b_i) foi definido pela fórmula: [b_i]

$$= (RG_{Ai} - RG_{bi}) / (RG_{Amédia} - RG_{bmédia})$$
, ou seja, relação entre a diferença de rendimento de grão ($kg.há^{-1}$) de uma cultivar de milho em alta e baixa altitudes, dividido pela diferença da média de rendimento de grão de milho em ambos locais.

Foi considerado aqui: alta (altitude $\geq 700m$), baixa (altitude $< 700m$).

Com base nos dados de peso de grãos (Kg/ha), florescimento masculino (dias), altura de planta e de espiga (m), plantas acamadas e quebradas (%), estande final, número de espigas, espigas doentes (%) e umidade dos grãos (%), dos diversos ensaios experimentais instalados, conforme apresentados em Embrapa Milho e Sorgo (2001a, b, c), são analisados e discutidos os aspectos associados à produtividade, estabilidade de rendimento de grãos e tolerância a estresse em genótipos de milho.

Resultados e Discussão

Os rendimentos de grãos dos genótipos de milho de diferentes grupos de maturidade são apresentados na Tabela 2. Os dados permitem observar variações significativas no rendimento de grãos, quando os ensaios foram separados por grupos de altitude (≥ 700 e $< 700m$). No geral, os maiores rendimentos foram obtidos na região Sul, e em genótipos de grupos de maturidade tendendo de precoce a superprecoce. Na região Centro, as maiores produtividades foram obtidas pelos genótipos de grupo de maturidade precoce. Em ambas as regiões observaram-se os maiores rendimentos em ensaios conduzidos em locais de altitudes $\geq 700m$.

Para ambas as regiões, Centro e Sul, e grupos de maturidade (Normal, Precoce e Superprecoce) a produtividade seguiu a tendência decrescente para os materiais com *background* genético (Híbrido Simples, Híbrido Triplo e Variedade), respectivamente, (Tabela 3). Este mesmo comportamento, embora mais disperso, foi observado para o Índice de Estresse Ambiental (b_i), com base na produtividade do genótipos em diferentes altitudes (≥ 700 e $< 700m$). Tanto para produtividade quanto para Índice de Estresse Ambiental, algumas variedades atingiram valores superiores à media, o que demonstra boa estabilidade de produção, inclusive em mais altos patamares de produção.

Altitude tem ação indireta na produtividade vegetal, influenciando diretamente processos fisiológicos importantes como fotossíntese (produtividade biológica), respiração, absorção de água e nutrientes, etc. A constatação de que altitude, dentro de certos limites, limita a produção de grãos em milho, permite orientar a decisão quanto a escolha de cultivares, épocas de semeadura, adoção de determinadas práticas de manejo, bem como melhorar o entendimento quanto a rendimento potencial e rendimento atual, devido a fatores estressantes, de ação indireta ou direta,

em processos fisiológicos que afetam o rendimento de grãos.

A Tabela 3 ilustra ainda a dispersão de genótipos de milho, de acordo com sua resposta a rendimento de grãos e tolerância a estresses devido a altitude. Esse método de análise, dispõe as cultivares avaliadas em quadrantes construídos com base em rendimento de grãos sob estresse de altitude e um índice de estresse ambiental (relação de rendimento de grãos com e sem estresse). Assim, pode-se agrupar genótipos com alta ou baixa produtividade.

Estas observações demonstram que o rendimento de grãos, associado à radiação solar global média e a temperatura média do ar, incidentes no período compreendido entre emergência e espigamento, relativamente às épocas de plantio, são importantes informações a serem coletadas em futuros ensaios em rede.

Conclusões

Os Ensaios Nacionais de Cultivares de Milho constituem-se excelente banco de dados sobre o comportamento de genótipos de milho, em diferentes regiões; entretanto, requerem maiores aprofundamentos de análises e discussões de resultados, a fim de se constituírem mais informativos. Assim, sugerem-se que experimentação deverá ser executada para reorientar os atuais ensaios em rede, modificando-se sua estratégia, ou seja, adotando-se uma amostragem (menor quantidade) de genótipos e ambientes melhor descritos e representativos de uma listagem maior, porém ensaiados em 3-5 épocas de semeadura em cada local. Doravante, além dos caracteres descritores e marcantes de cada genótipo, sua associação com zoneamento agro-climático e práticas de manejo devem ampliar a orientação das futuras ações de P&D e de manejo comercial.

Referências Bibliográficas

- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Safras 2000/01 e 2001/2002. Milho 1a. Safra: Comparativo de Área, Produção e Produtividade. Quadro 11. (<http://www.conab.gov.br>). Fev.-2002.
- DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, P.C.; OLIVEIRA, A.C. Índice de colheita genético e as possibilidades da genética fisiológica para melhoramento do rendimento de milho. In: Rev. Bras. de Milho e Sorgo. 2002. ABMS, Sete Lagoas, MG (no prelo).
- DUVICK, D.N. 1992. Genetic contributions to advances in yield of U.S. maize. *Maydica* 37, 69-79.
- DUVICK, D.N. 1997. What is yield? In: Edmeades, G.O., Bänzinger, B., Mickelson, H.R., Pena-Valdivia, C.B. (Ed.) *Developing Drought and Low N-Tolerant Maize*. CIMMYT, El Batán, Mexico, pp. 332-335.
- EMBRAPA MILHO E SORGO. Ensaios Nacionais de Cultivares de Milho Normal 2000/2001. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001a. 68 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 10).
- EMBRAPA MILHO E SORGO. Ensaios Nacionais de Cultivares de Milho Precoce 2000/2001. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001b. 70 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 11).
- EMBRAPA MILHO E SORGO. Ensaios Nacionais de Cultivares de Milho Normal 2000/2001. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001c. 69 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 12).

RICHARDS, R.A. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *Journal of Experimental Botany*, Oxford. v. 51, p. 447-458, 2000.

TOLLENAAR, M.; YING, J., DUVICK, D.N., 2001. Genetic gain in corn hybrids. In: Loden, H.D. and Wilkinson, D. (Ed.) *Proc. Annu. Corn and Sorghum . In: Res. Conf., 55th*, Chicago, IL, 6-8 Dec. 2000. Am. Seed Trade Assn., Washington, D.C., (in press).

TOLLENAAR, M., WU, J., 1999. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. *Crop Sci.* 39, 1597-1604.

Tabela 1. Características das cultivares testadas nos Ensaio Nacionais de Cultivares de Milho (Normal, Precoce e Superprecoce) 2000/2001 – Regiões Centro e Sul do Brasil. Embrapa Milho e Sorgo. Maio/2002.

Grupo de Maturidade	Cultivar		Florescimento (dias)	Empresas de Sementes
	Tipo	Quantidade		
Normal	Total	33	59-85 (67)	12
	HD	2	60-68 (64)	
	HT	15	59-85 (68)	
	HS	6	64-70 (66)	
	HSm	1	73 (73)	
	HTm	2	65-71 (68)	
	V	7	62-65 (64)	
Precoce	Total	67	46-81 (64)	17
	HD	4	46-62 (56)	
	HT	33	48-80 (63)	
	HS	17	60-70 (64)	
	HSm	8	63-81 (73)	
	HTm	4	61-70 (65)	
	V	1	75 (75)	
Superprecoce	Total	31	55-80 (64)	13
	HD	5	57-73 (64)	
	HT	15	55-75 (64)	
	HS	9	53-80 (67)	
	HSm	1	63 (63)	
	HTm	1	57 (57)	
	V	0	-	

HD: Híbrido Duplo; HT: Híbrido Triplo; HS: Híbrido Simples; HSm: Híbrido Simples modificado; HTm: Híbrido Triplo modificado; V: Variedade

- Números com hífen significa valores mínimo e máximo, e, entre parênteses (), média da variável.

Tabela 2. Rendimento de grãos (Kg/ha) de cultivares de milho em regiões do Brasil (média por grupo de maturidade e altitude). Embrapa Milho e Sorgo. Maio/2002.

Região (BR)	Altitude (m)	Grupo de Maturidade		
		Normal	Precoce	Superprecoce
		----- (Kg/ha) -----		
Centro	≥700	6286	6535	5615
	<700	5848	5998	5748
	diferença	438 (↓)	537 (↓)	133 (↑)
Sul	≥700	7813	8144	8192
	<700	5325	6681	6602
	diferença	2488 (↓)	1463 (↓)	1590 (↓)

Setas indicam redução (↓) ou aumento (↑) de rendimento, em função da altitude (m).

Fonte: Ensaios Nacionais de Cultivares de Milho (Normal, Precoce e Superprecoce), 2000-2001.

Tabela 3. Distribuição dos genótipos de milho (Normal, Precoce e Superprecoce), cultivados em *altas* (≥ 700m) e *baixas* (<700m) altitudes das regiões Centro e Sul do Brasil, em relação a Índice de Estresse Ambiental (b_i), com base no rendimento de grãos (RG, kg.ha⁻¹). Embrapa Milho e Sorgo. Maio/2002.

			RG (kg.ha ⁻¹)	b_i	Quantidade de cultivares
Normal	Centro	I	< média	<1,00	6 (24)
		II	> média	<1,00	9 (36)
		III	> média	>1,00	4 (16)
		IV	< média	>1,00	6 (24)
		Média	5848	1,00	25 (100)
	Sul	I	< média	<1,00	4 (18)
		II	> média	<1,00	8 (36)
		III	> média	>1,00	3 (14)
		IV	< média	>1,00	7 (32)
		Média	5325	1,00	22 (100)
Precoce	Centro	I	< média	<1,00	12 (25)
		II	> média	<1,00	12 (25)
		III	> média	>1,00	14 (28)
		IV	< média	>1,00	11 (22)
		Média	5998	1,00	49 (100)
	Sul	I	< média	<1,00	12 (24)
		II	> média	<1,00	16 (33)
		III	> média	>1,00	6 (12)
		IV	< média	>1,00	15 (31)
		Média	6751	1,00	49 (100)
Superprecoce	Centro	I	< média	<1,00	5 (23)
		II	> média	<1,00	4 (19)
		III	> média	>1,00	6 (29)
		IV	< média	>1,00	6 (29)
		Média	5748	1,00	21 (100)
	Sul	I	< média	<1,00	4 (16)
		II	> média	<1,00	9 (36)
		III	> média	>1,00	7 (28)
		IV	< média	>1,00	5 (20)
		Média	6602	1,00	25 (100)

Situação I (baixo b_i e baixo RG) = baixo rendimento de grão e baixa resposta em baixa altitude (exceto, com sinal negativo); Situação II (baixo b_i e alto RG) = alto rendimento de grão e baixa resposta em baixa altitude (exceto, com sinal negativo); Situação III (alto b_i e alto RG) = alto rendimento de grão e alta resposta em baixa altitude; Situação IV (alto b_i e baixo RG) = baixo rendimento de grão e alta resposta em baixa altitude.

	Sul	I	< média	< 1,00	4 (16)	
		II	> média	< 1,00	9 (36)	
		III	> média	> 1,00	7 (28)	
		IV	< média	> 1,00	5 (20)	
		Média	6602	1,00	25 (100)	

Situação I (baixo b_i e baixo RG) = baixo rendimento de grão e baixa resposta em baixa altitude (exceto, com sinal negativo); Situação II (baixo b_i e alto RG) = alto rendimento de grão e baixa resposta em baixa altitude (exceto, com sinal negativo); Situação III (alto b_i e alto RG) = alto rendimento de grão e alta resposta em baixa altitude; Situação IV (alto b_i e baixo RG) = baixo rendimento de grão e alta resposta em baixa altitude.

Fonte: Ensaios Nacionais de Cultivares de Milho (Normal, Precoce e Superprecoce), 2000-2001.

XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo - 01 a 05 de setembro de 2002 - Florianópolis - SC
