

Análise da Estratégia de Melhoramento do Milho Safra em Função dos Estresses Hídricos para Goiás

Alexandre Bryan Heinemann¹, Delphine Luquet², Michael Dingkuhn³ e Scott Chapman⁴

Introdução

O programa de melhoramento para o milho é baseado na seleção direta de linhagens considerando-se os aspectos agronômicos; duração do ciclo da cultura, vigor da planta, altura de espiga e tipo de grão, em condições de produção potencial, na estação experimental da Embrapa Milho e Sorgo. Somente em estágios avançados do melhoramento, utilizando os genótipos remanescentes, os mesmos são avaliados em condições semelhantes a de produção.

Características genotípicas complexas, como tolerância a seca, devem ser considerados juntamente com características desejáveis, como o rendimento potencial. Esses componentes precisam ser combinados e avaliados de forma que os agricultores se beneficiem da diminuição do risco do decréscimo do rendimento durante anos secos, mas também se beneficiem com altos rendimentos quando não ocorrer estresse hídrico. Para uma seleção que otimize a combinação desses componentes, o programa de melhoramento necessita ser elaborado considerando-se os diferentes níveis de estresses nos diversos locais e sua variação anual ou utilizar experimentos específicos (manejo da seca utilizando irrigação fora do período de plantio das águas) ou selecionar locais que apresentam as mesmas características de restrição (períodos de estresses durante determinada fase de desenvolvimento da cultura) da região alvo para o melhoramento. Essas estratégias podem ser elaboradas com o conhecimento da distribuição dos padrões de secas em uma específica região. Assim, esse trabalho tem como objetivos:

- determinar as variações geográficas e inter-anual dos padrões de seca para a cultura de milho em Goiás;
- determinar o impacto dos estresses hídricos no rendimento da cultura em Goiás,
- proporcionar estratégias que podem melhorar a eficiência do programa de melhoramento em Goiás.

Material e métodos

Nesse trabalho a região alvo é o estado de Goiás. Um genótipo de referência para a cultura do milho, baseado nas características do genótipo BRS3003, foi parametrizado para o modelo de crescimento de cultura CEREAL06, plataforma ECOTROP [1]. Dois cenários foram avaliados em função da profundidade do solo: 500 mm (restrição ao crescimento da raiz – subsolo

ácido) e 1000 mm (sem restrição). Simulações foram realizadas considerando-se a época de plantio do milho (de 15 de outubro a 31 de dezembro), dados climáticos e de solos de 12 diferentes locais no estado de Goiás (Aragarças, Ceres, Sto Antônio de Goiás, Goiânia, Ipora, Itaberaí, Itumbiara, Planaltina, Porangatu, Quirinópolis, Vianópolis e Vicentinópolis). A data de plantio foi fixada em intervalos de 15 dias. A germinação somente ocorreu se houver 50% da água disponível na primeira camada do solo (0-15 cm) num período máximo de 10 dias após a data de plantio. O resultado diário do modelo, índice de estresse (baseado na relação suprimento de água para planta/demanda de água pela planta), em função dos dados climáticos, solos, diferentes locais, anos e datas de plantio, foi agrupado semanalmente durante o período de crescimento da cultura. Os padrões de estresses foram obtidos utilizando-se análise de “cluster” [2]. O impacto relativo dos padrões de estresses no rendimento foram calculados em função da seguinte equação:

$$ISR = 100 - (GYatt/GYpot) * 100$$
, sendo ISR, impacto do estresse hídrico no rendimento (%), GYatt, rendimento de grãos simulado (kg/ha), GYpot, rendimento de grãos simulado sem estresse hídrico (kg/ha).

Resultados

De acordo com os resultados obtidos na análise de “cluster”, três padrões de estresses predominantes na região de Goiás foram observados (Fig. 1), denominados (B) mínimo estresse, (R) reprodutivo estresse e (R-S) estresse reprodutivo severo. Para o milho de safra há dois diferentes tipos de estresses na fase reprodutiva, R e R-S. Ambos iniciam em 500 °C.dias (33 DAE), no início da fase reprodutiva e possuem diferentes níveis de intensidade. O estresse (R) possui um menor impacto no rendimento, 24 e 29%, para os cenários 1000 e 500 mm (Tabela 1), e apresenta a maior frequência de ocorrência para o cenário de 400 mm (71%). Para as diferentes datas de plantio, esse tipo de estresse apresenta uma maior frequência de ocorrência em 1 de novembro (cenário 1000 mm) e 15 de novembro e dezembro (cenário 500 mm) (Fig. 2).

O estresse tipo R-S apresenta um maior impacto no rendimento para ambos os cenários (ISR - 81 e 89% para os cenários 1000 e 500 mm). Entretanto, sua frequência de ocorrência é menor para ambos os cenários (4 e 9% para 1000 e 500 mm). Para as diferentes datas de plantio, esse tipo de estresse apresenta uma maior frequência de

1. Primeiro Autor é Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Rod. GO 462, Sto Antônio de Goiás, GO, CEP 75375-000. E-mail: alexbh@cnpaf.embrapa.br

2. Segundo Autor é Pesquisador do CIRAD, Montpellier, França. E-mail: luquet@cirad.fr

3. Terceiro Autor é Pesquisador do CIRAD, Montpellier, França. E-mail: michael.dingkuhn@cirad.fr

4. Quarto Autor é Pesquisador do CSIRO, Brisbane, Australia. E-mail: scott.chapman@csiro.au

ocorrência no começo da época de plantio (15 de outubro, 7%) para o cenário 1000 mm e no fim da época de plantio (31 de dezembro, 17%) para o cenário de 500 mm. A melhor data de plantio para evitar esse tipo de estresse é entre 1 de novembro a 15 de dezembro para 1000 mm e 15 de dezembro para 500 mm.

O padrão de estresse (B) apresenta o menor impacto no rendimento para ambos os cenários (ISR = 1 e 2% para os cenários 1000 e 500 mm). Esse tipo de estresse possui a maior frequência de ocorrência para o cenário 1000 mm (Tabela 1).

Considerando a região de estudo, o impacto do estresse no rendimento foi de 37 e 42% (Tabela 1) para os cenários 1000 e 500 mm. Falha na germinação da cultura por falta de precipitações foram observados no início da época de plantio para ambos os cenários, sendo que a frequência de ocorrência reduz drasticamente após 15 de outubro.

Discussão

A estratégia do programa de melhoramento de milho é coordenada pela Embrapa Milho e Sorgo, localizado fora da área de estudo (estado de Goiás). A estratégia adotada por este centro de pesquisa enfatiza o rendimento potencial, tendo como alvo as zonas favoráveis a produção. Basicamente, as atividades de melhoramento são baseadas na seleção direta de rendimento. Devido ao fato da estação (Embrapa Milho e Sorgo) não estar dentro da região de estudo, uma pré-seleção, denominado aqui de pré-seleção na área de estudo (PSAE), na qual as melhores linhagens selecionadas no centro de pesquisa, são enviadas a Embrapa Arroz e Feijão (localizada na área de estudo). Essas linhagens são testadas por um ou dois anos e depois, somente os 50 melhores genótipos são espalhados para os locais de seleção, na região de estudo. Essa estratégia visa um ganho de uniformidade na seleção para a região de estudo. Também, a Embrapa Milho e Sorgo desenvolve um programa de pré-seleção cujo objetivo é a tolerância ao Al. Essa pré-seleção consiste em avaliar o desenvolvimento de raízes em uma solução nutritiva [3]. Os genótipos selecionados passam pelo mesmo processo descrito acima, ou seja, pré-seleção para o rendimento potencial e após o PSAE.

De acordo com os autores Fukai & Cooper [4], sob estresse moderado, somente o rendimento potencial de um genótipo é o mecanismo mais importante para determinar o rendimento de um genótipo em um determinado ambiente.

Os resultados obtidos nesse estudo mostram que o ISR é menor que 50% para ambos os cenários, 1000 e 500 mm (Tabela 1).

Os tipos de estresses B e R representam 96 e 91% de todos os tipos de ocorrência de estresses obtidos na região de estudo para ambos os cenários. Assim, a estratégia adotada pela Embrapa Milho e Sorgo,

levando em consideração principalmente o rendimento potencial, esta de acordo com os resultados obtidos nesse estudo. Para ambos os cenários (1000 e 400 mm), o estresse hídrico não é a principal restrição para uma mudança no programa de melhoramento do Milho safra no estado de Goiás. Entretanto, a fase de seleção PSAE poderia ser eliminada e os melhores genótipos selecionados na pré-seleção, na Embrapa Milho e Sorgo, poderiam ser enviados diretamente aos locais de seleção no estado de Goiás. Também, a seleção direta em função do rendimento potencial favorece a um aumento na diferença entre o rendimento obtido em condição potencial (pré-seleção) e o rendimento em condições de produção [5]. Assim, para diminuir a intra variabilidade do rendimento de grãos ao longo dos anos de seleção no estado de Goiás, devido as interações Genótipo x Ambiente, recomenda-se aplicar a seleção indireta [6], no qual o rendimento de grãos de um determinado genótipo, em diferentes locais de ensaio são ponderados em função do tipo de estresse mais freqüente na região alvo, com a finalidade de reduzir os efeitos da intra variabilidade devido as variações climáticas na região.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Embrapa Arroz e Feijão, CIRAD, CSIRO e SECTEC (Secretaria da Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás) pela possibilidade de realizar esse trabalho.

Referências

- [1] Dingkuhn, M., Baron, C., Bonnal, V., Maraux, F., Sarr, B., Sultan B, Clopes, A., Forest, F. (2003). Decision support tools for rainfed crops in the Sahel at the plot and regional scales. In 'Decision Support Tools for Smallholder Agriculture in Sub-Saharan Africa - A practical Guide'. (Eds Struif Bontkes TE, Wopereis MCS), 127-139pp. (CTA Wageningen, The Netherlands).
- [2] Chapman, S., Cooper, M., Hammer, G. L., Butler, D. G. (2000b). Genotype by environment interactions affecting grain sorghum. II. Frequencies of different seasonal patterns of drought stress are related to location effects on hybrid yields. *Aust. J. Agric. Sci.*, 51, 209-221.
- [3] Parentoni, S.N., Gama, E.E.G., Santos, M.X., Lopes, M.A., Alves, V.M.C., Bahia Filho, A.F.C., Vasconcelos, C.A., Magnavaca, R., Pacheco, C.A.P., Meirelles, W.F., Guimarães, P.E.O. (1999). Adaptação de milho a solos ácidos: tolerância a toxidez de alumínio e eficiência no uso de nutrientes no Programa de Pesquisa da EMBRAPA-Milho e Sorgo. In: memória 18 Reunion Latinoamericana del maíz, Sete Lagoas, 22-27/08/1999. EMBRAPA-CNPMS/México-CIMMYT, 684p., 179-202 p.
- [4] Fukai, S. and Cooper, M. (2001). Development of drought resistant cultivars for rainfed lowland rice experience from Northeast Thailand and surrounding areas, Proceedings of International Conference on the Impact of Agricultural Research for Development in Southeast Asia CARDI, Phnom Penh, Cambodia. 24-26 October 2000, 185-194 pp.)
- [5] Manneh, B. (2004). Genetic, physiological and modelling approaches towards tolerance to salinity and low nitrogen supply in rice (*Oryza sativa* L.). Wageningen University, Ph.D. Thesis. 218p

[6] Cooper, M., DeLacy, I. H (1994). Relationships among analytical methods used to study genotypic variation and genotype-by-environment interaction in plant breeding

multi-environment experiments. TAG Theoretical and Applied Genetics, 88, 561-572

Tabela 1. Rendimento potencial (GYpot -não estresse), rendimento atual (GYatt - estresse), impacto do estresse hídrico no rendimento (ISR), frequência dos padrões de estresses simulado pelo modelo ECOTROP (dp – desvio padrão).

Profundidade do solo	Variável	Padrões de Estresses			Media
		B	R	R-S	
1000 mm	*GYpot (kg/ha)	7725	8117	8978	8273
	**dp (kg/ha)	1246	1211	1001	
	***GYatt (kg/ha)	7638	6161	1739	5179
	dp (kg/ha)	1219	1797	1642	
	****ISR (%)	1	24	81	37
	Frequência de Estresses (%)	62	34	4	
500 mm	GYpot (kg/ha)	7430	7964	8480	7958
	dp (kg/ha)	1272	1238	1023	
	GYatt (kg/ha)	7271	5661	945	4626
	dp (kg/ha)	1218	1754	781	
	ISR (%)	2	29	89	42
	Frequência de Estresses (%)	20	71	9	

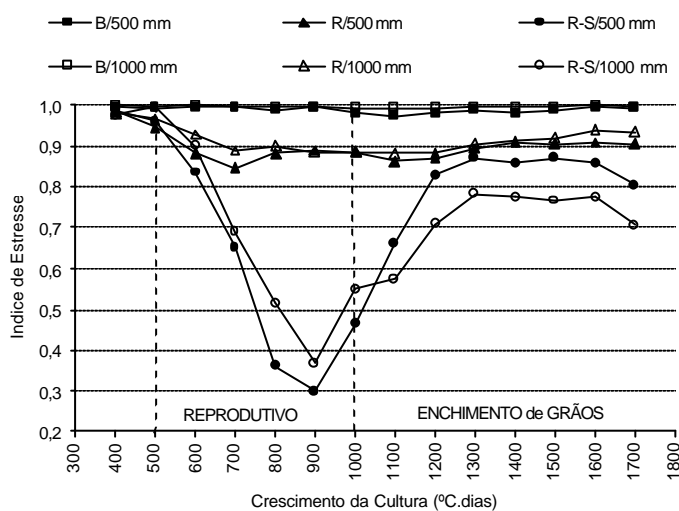


Figura 1. Padrões de estresses obtidos na análise de “cluster” para os cenários de 1000 mm e 500 mm. B – mínimo estresse, R – estresse no período reprodutivo e R-S – estresse severo no período reprodutivo.

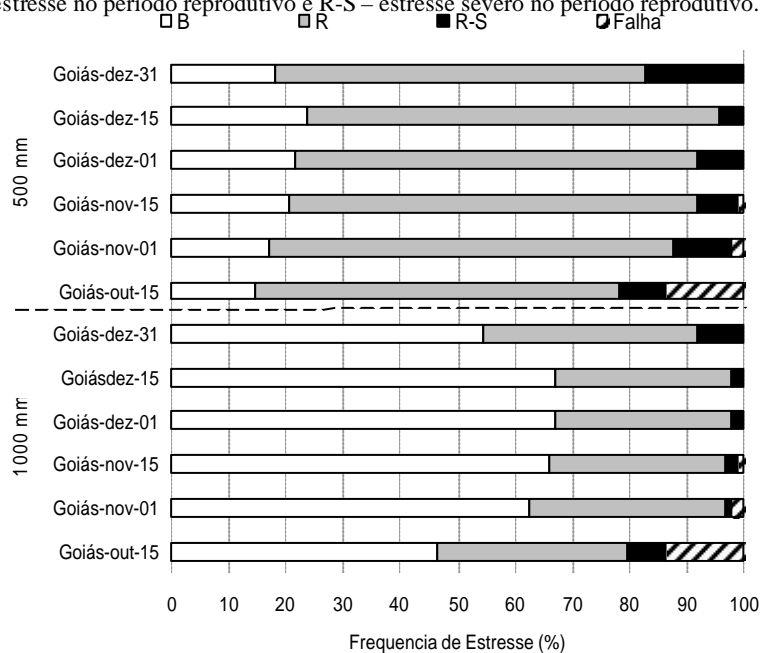


Figura 2. Frequência dos padrões de estresses em função das datas de plantio para os cenários 1000 e 500 mm.