

PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE MILHO (*Zea mays* L.) SOB MANEJO DIFERENCIADO DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO¹

VILMA MARQUES FERREIRA²

PAULO CÉSAR MAGALHÃES³

FREDERICO OZANAM MACHADO DURÃES³

RESUMO - A utilização de melhores híbridos, o uso adequado de fertilizantes e a eficiência no uso da irrigação são fatores que se somam quando se deseja um sistema de produção que explore ao máximo o potencial produtivo de plantas de milho. Dentro deste contexto, objetivou-se avaliar o potencial produtivo de dois híbridos comerciais de milho sob manejo diferenciado de irrigação e adubação em diferentes fases da cultura. Os tratamentos consistiram de uma combinação 2x3x4 de dois híbridos de milho, três par-

celamentos da adubação de cobertura de N e K, e quatro épocas de supressão da irrigação. As variáveis analisadas na época da colheita foram: produção da palhada, de espigas e de grãos, índice de espigas e índice de colheita. Os resultados mostraram que tanto o BR 2121 como o BR 205 foram bastante afetados quando a irrigação foi suprimida aos 10 dias antes da floração, porém o genótipo BR 205 foi o mais afetado. O parcelamento da adubação, por sua vez, não afetou as variáveis avaliadas.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: *Zea mays*, déficit hídrico, parcelamento da adubação, irrigação.

PRODUCTIVITY OF MAIZE (*Zea Mays* L.) GENOTYPES UNDER DIFFERENT IRRIGATION MANAGEMENT AND FERTILIZATION SYSTEMS

ABSTRACT - The utilization of better hybrids, must be adequate to the use of fertilizer and irrigation efficiency (additive factors), in the exploitation of productive potential of maize plants. In this context, the objective of this work was to evaluate the production of two maize genotypes submitted to different irrigation management and fertilization. The treatments consisted of 2x3x4 combination of two maize genotypes, three N

e K fertilization splitting and four timing of irrigation suppressions. The assessed variables at harvest, were: stover weight, ear and kernel weight, ear index and harvest index. The results showed that either BR 2121 and BR 205 genotypes were affected when the irrigation was suppressed for 10 days before flowering. However, BR 205 was more affected. The assessed variables were not affected by fertilization splitting.

INDEX TERMS: *Zea mays*, water deficit, fertilization splitting, irrigation.

INTRODUÇÃO

A redução da produtividade em milho (*Zea mays* L.), resultante do estresse hídrico depende de numerosos fatores, tais como o estágio de desenvolvimento da planta no qual o estresse hídrico ocorre, a severidade e

duração da deficiência hídrica e a suscetibilidade da cultivar examinada (Lorens, Bennett e Loggale, 1987). Deficiência hídrica durante o desenvolvimento vegetativo diminui a produção de matéria seca à colheita por reduzir o desenvolvimento da área foliar, acúmulo de matéria seca no colmo e capacidade potencial de produção

1. Parte da Dissertação de Mestrado apresentada à UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA) pelo primeiro autor, como um dos requisitos do curso em Agronomia, área de concentração Fisiologia Vegetal, Caixa Postal 37, 37.200-000 - Lavras - MG.
2. Engenheiro Agrônomo, M.Sc., aluna do curso de Pós-Graduação em Agronomia/Produção Vegetal, UNESP/Jaboticabal. E-mail: vilma@fcav.unesp.br
3. Engenheiro Agrônomo, PhD, Embrapa Milho e Sorgo - Caixa Postal 151, 35.701-970, Sete Lagoas, MG. E-mail: pcesar@cnpms.embrapa.br e fduraes@cnpms.embrapa.br

da planta (Eck, 1984; Lorens, Bennett e Loggale, 1987). Sinclair, Bennett e Muchow (1990) relataram de matéria seca total e matéria seca moderado estresse hídrico durante o intervalo de crescimento R1 a R3 (início de enchimento de grãos) reduziu proporcionalmente o acúmulo dos grãos. Severo estresse hídrico durante o intervalo R1 a R3, entretanto, reduziu o acúmulo de massa seca no grão mais do que o acúmulo de matéria seca total por causa da senescência prematura, reduzindo portanto, o índice de colheita (Sinclair, Bennett e Muchow, 1990). Da mesma forma, NeSmith e Ritchie (1992), relataram que severo estresse hídrico durante o intervalo de crescimento R3 a R5 (avançado enchimento de grãos) diminuiu igualmente o acúmulo de matéria seca total e acúmulo de matéria seca dos grãos.

Apesar dos inúmeros relatos na literatura sobre os efeitos da deficiência hídrica em plantas de milho, estes são, na sua maioria referentes a estudos sob condições subtropicais e temperadas, havendo necessidade de estudos envolvendo genótipos tropicais e desenvolvidos nesta condição.

Nos últimos anos tem havido uma tendência de se parcelar a adubação buscando-se sua maior eficiência, no entanto os resultados experimentais têm sido contraditórios (Coelho, 1994; Coelho e França, 1994), dificultando um consenso sobre esta questão. Também não se tem informações sobre a interação entre parcelamento da adubação e regime hídrico. Dentro deste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial produtivo dos genótipos de milho BR 2121 e BR 205 sob manejo diferenciado de irrigação e adubação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de junho a outubro de 1994, em área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPMS/EMBRAPA), no município de Sete Lagoas - MG, situado a 19°08' de latitude sul, 44°15' de longitude oeste e 735 m de altitude. De acordo com a classificação climática de Köppen o clima é do tipo Aw. O solo utilizado é um Latossolo Vermelho-Escuro Álico, fase cerrado. Os dados de temperaturas máximas e mínimas médias do ar e a precipitação pluviométrica durante o período de condução do ensaio se encontram na Tabela 1.

Foram utilizados os genótipos BR 2121 e BR 205, ambos desenvolvidos no CNPMS. O genótipo BR 205 é um híbrido duplo precoce, considerado resistente à seca e ao alumínio. O BR 2121 é um híbrido duplo, precoce, que apresenta qualidade protéica melhorada e se encontra em fase de pré-lançamento (Guimarães *et al.* 1996).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com três repetições, com parcelas subdivididas. Cada parcela experimental teve a dimensão de 5,4m x 10m. Os fatores estudados foram genótipo (sub-sub-parcela), parcelamento da adubação (sub-parcela) e supressão da irrigação (parcela). Os tratamentos de parcelamento foram assim definidos:

1 - 10 kg/ha de N e 90 kg/ha de K no plantio e 120 kg/ha de N no estágio V8 (os estádios estão descritos em Ritchie, Hanway e Benson, 1989);

TABELA 1 - Temperaturas máximas e mínimas médias do ar e precipitação pluviométrica referentes ao período experimental. (EMBRAPA/SETE LAGOAS-MG, 1994).

Meses	Temp. Máxima °C	Temp. Mínima °C	Precipitação mm
Junho	26,5	12,0	12
Julho	26,0	12,0	1
Agosto	27,5	11,5	-
Setembro	30,0	14,5	1
Outubro	32,0	17,0	50

2 - 10 kg/ha de N e 45 kg/ha de K no plantio, 120 kg/ha de N e 45 kg/ha de K no estágio V8;

3 - 10 kg/ha de N e 30 kg/ha de K no plantio, 60 kg/ha de N e 30 kg/ha de K no estágio V8 e 60 kg/ha de N e 30 kg/ha de K no estágio V12.

A irrigação foi realizada por meio de aspersores setoriais, sendo a quantidade de água adicionada ao solo baseada no consumo médio de água de plantas de milho. Os tratamentos de supressão da irrigação (SI) foram assim definidos:

- 1 - SI aos 10 dias antes da floração (DanF), identificada pela presença de encartuchamento;
- 2 - SI aos 15 dias após floração (DapF);
- 3 - SI aos 30 DapF
- 4 - SI aos 50 DapF, o qual foi considerado como testemunha.

Ao final do experimento, foram colhidas as duas fileiras centrais de cada parcela, correspondentes à área útil de cada tratamento, para determinação da produção de espigas despalhadas, produção de grãos, produção da palhada, índice de espiga e índice de colheita. Os resultados de peso de espigas e de grãos foram convertidos para kg/ha e a umidade dos grãos corrigida para 13,5%. A palhada compreende a parte aérea da planta da qual retirou-se as espigas, e efetuou-se a pesagem e posterior conversão para kg/ha. O índice de espigas foi calculado dividindo-se o número de espigas encontrado na parcela pelo número total de plantas. O índice de colheita foi determinado pela relação da matéria seca de grãos e pela matéria seca total da parte aérea das plantas.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de médias (Tukey), utilizando-se o programa estatístico MSTAT-C da Universidade de Michigan (EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O parcelamento da adubação de N e K não teve efeitos sobre as variáveis avaliadas (dados não apresentados). Este resultado concorda com Coelho (1994), o qual relata que a baixa intensidade de nitrificação e de perdas por lixiviação nos perfis dos solos pode explicar porque a aplicação parcelada de N em duas ou mais vezes, na cultura do milho, com doses variando de 60 a 120 kg/ha, não reflete em maiores produtividades. Com relação ao K, Coelho e França (1994) verificaram que a lixiviação deste para as camadas inferiores do perfil do solo somente ocorreu com a aplicação de 120 kg de K_2O /ha no sulco de plantio. Portanto, na apresentação e discussão dos resultados serão considerados apenas os fatores genótipo e época de supressão da irrigação.

Produção da palhada

O genótipo BR 205 apresentou maior produção de palhada que o BR 2121 (Figura 1). Neste último, apenas os tratamentos de supressão da irrigação aos 10 DanF e 15 DapF reduziram a produção, ao passo que no genótipo BR 205 a supressão da irrigação aos 30 DapF já foi suficiente para reduzir essa variável.

Produção de espigas e grãos

A produção de espigas e grãos foi significativamente superior no genótipo BR 205 no tratamento onde não houve limitação hídrica (SI aos 50 DapF), conforme pode ser visto na Tabela 2. No entanto, nos demais tratamentos de SI, o genótipo BR 2121 apresentou produção superior, sendo que esta foi estatisticamente significativa apenas para a variável produção de espigas, no tratamento de SI aos 15 DapF.

A produção de espigas foi reduzida em 98,29%, 52,48% e 16,59% no genótipo BR 205 com a SI aos 10 DanF, 15 e 30 DapF, respectivamente, comparando-se à testemunha. Para o genótipo BR 2121 a redução na produção de espigas foi da ordem de 92,43% e 35,49% com SI aos 10 DanF e 15 DapF, respectivamente. Já a SI aos 30 DapF não diferiu estatisticamente da SI aos 50 DapF. Com relação à produção de grãos, a redução foi de 98,35%, 52,91% e 17,86% com a SI aos 10 DanF, 15 e 30 DapF respectivamente, para o genótipo BR 205. Para o genótipo BR 2121 os tratamentos de SI aos 10 DanF e 15 DapF reduziram a produção de grãos em 92,51% e 37,43%, respectivamente, enquanto que a SI aos 30 DapF, como aconteceu com a produção de espigas, não apresentou diferença estatisticamente significativa da testemunha.

Índice de espigas e índice de colheita

O Índice de espigas (Figura 2A), foi superior para o genótipo BR 2121 em todos os tratamentos. No entanto observando-se a produção de espigas (Tabela 2), verifica-se que o BR 205 superou o BR 2121 no tratamento de SI aos 50 DapF, significando portanto, que aquele genótipo apresentou espigas mais pesadas. O tratamento de SI aos 10 DanF reduziu significativamente o índice de espigas, mostrando que houve um grande número de plantas nesse tratamento que não chegou a produzir espigas, provavelmente, pelo aborto das mesmas. No genótipo BR 205 esse índice foi próximo de zero.

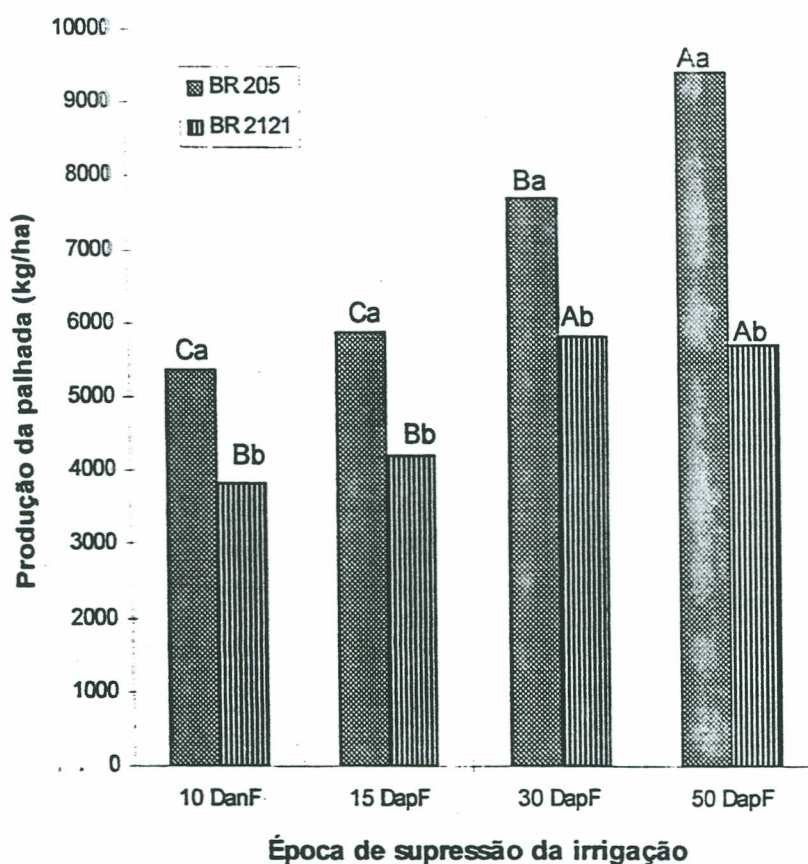


FIGURA 1 - Produção da palhada dos genótipos de milho BR 2121 e BR 205 submetidos a diferentes épocas de supressão da irrigação. Letras maiúsculas comparam épocas de supressão da irrigação dentro de genótipos e minúsculas genótipos dentro de época de supressão (EMBRAPA/Sete Lagoas, MG, 1994).

O Índice de Colheita (IC) (Figura 2B), foi muito baixo no tratamento de SI aos 10 DanF, especialmente para o genótipo BR 205 (0,021). Nesse genótipo apenas o tratamento de SI aos 30 DapF não diferiu da testemunha, enquanto que no BR 2121 os tratamentos de SI aos 15, 30 e 50 DapF apresentaram Índice de colheita estatisticamente semelhantes.

Quando a deficiência hídrica ocorreu na pré-floração e início desta (SI aos 10 DanF e 15 DapF), ocorreu senescência prematura das folhas levando à redução na fotossíntese. Além disso, provavelmente houve a remobilização das reservas de outras partes da planta como colmo e espigas, contribuindo para a redução na massa seca total e consequentemente a produção da palhada. No genótipo BR 205 observou-se maior sensibilidade ao déficit hídrico, já que a SI aos 30 DapF foi suficiente para reduzir a massa seca, enquanto que esse tratamento não resultou em redução de massa seca no BR 2121.

Com relação à produção de espigas e grãos, a SI aos 10 DanF, provavelmente, afetou a própria formação dos órgãos florais, reduzindo o número de 'espiguetas' no pendão, o que resulta num reduzido número de grãos de pólen (Hall, Lemcoff e Trapani, 1981); na inflorescência feminina o alongamento do estilo-estigma e a sua receptividade aos grãos de pólen podem ter sido afetados (Herrero e Johnson 1981; Bassetti e Westgate 1993). Um outro efeito do déficit hídrico nesse período pode ter sido um aumento na assincronia floral (Hall, Lemcoff e Trapani, 1981; Herrero e Johnson 1981), diminuindo as chances de polinização e fertilização. Além disso os poucos óvulos fertilizados ainda podem ter sido abortados por falta de suprimento de fotoassimilados para a formação do embrião (Zinselmeier *et al.*, 1995). É notável, portanto, o fato de se encontrar uma produção de grãos de aproximadamente 7% da produção máxima no genótipo BR 2121 com a

TABELA 2 - Produção de espigas e grãos dos genótipos de milho BR 2121 e BR 205 submetidos a quatro épocas de supressão da irrigação (EMBRAPA/Sete Lagoas, MG, 1994).

Época de SI	BR 2121	BR 205
	Espigas (kg/ha)	
10 DanF	529,32 Ca	138,37 Da
15 DapF	4509,74 Ba	3851,31 Cb
30 DapF	7318,37 Aa	6759,73 Ba
50 DapF	6990,70 Ab	8104,37 Aa
	Grãos (kg/ha)	
10 DanF	416,66 Ca	115,74 Da
15 DapF	3482,49 Ba	3310,16 Ca
30 DapF	5812,72 Aa	5773,63 Ba
50 DapF	5565,81 Ab	7029,28 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Os coeficientes de variação (CVs) para produção de espigas e de grãos foram 21,57% e 22,73%, respectivamente.

SI nesse estágio reprodutivo, estendendo-se até o final do ciclo da cultura. Aos 15 DapF, provavelmente já havia ocorrido fertilização da maioria dos óvulos nas espigas (Magalhães, Durães e Paiva, 1995); no entanto, a divisão celular do endosperma ainda estava ocorrendo nesse período, o que significa que o número de células do endosperma (determinante da taxa de crescimento do grão) pode ter sido reduzido. Além disso, o déficit hídrico nesse estágio, provavelmente, provocou aborto de embriões (Boyle, Boyer e Morgan, 1991; Zinselmeier *et al.*, 1995). Nesse caso, o peso de grãos, provavelmente, foi o componente mais afetado (NeSmith e Ritchie, 1992).

Com a SI aos 30 DapF apenas parte do período de enchimento de grãos foi afetado, o que foi suficiente para reduzir a produção de grãos em aproximadamente 18% no genótipo BR 205, indicando que nesse genótipo o período de enchimento de grãos é mais longo (e talvez mais susceptível à seca) que no BR 2121.

O genótipo BR 2121 apresentou uma maior estabilidade de produção em condições de deficiência hídrica, apesar de apresentar um potencial produtivo menor em condições de bom suprimento hídrico.

O IC é a razão entre o produto econômico e a biomassa da parte aérea à colheita e estima o particionamento de matéria seca entre os grãos (no caso de culturas graníferas) e a parte aérea restante (Snyder e Carlson, 1984). Segundo Boyer (1996), a manutenção do IC é de importância crítica quando o suprimento de água é limitado.

Sinclair, Bennett e Muchow (1990) encontraram uma relação linear entre acúmulo de biomassa e produção de grãos em experimentos de moderado estresse hídrico, no entanto, quando o déficit hídrico foi severo a produção de grãos foi mais afetada provocando decréscimo no IC. Em algumas condições o IC pode ser tão baixo quanto zero, como Boyle, Boyer e Morgan (1991), demonstraram em um experimento onde a deficiência hídrica foi induzida à época da polinização.

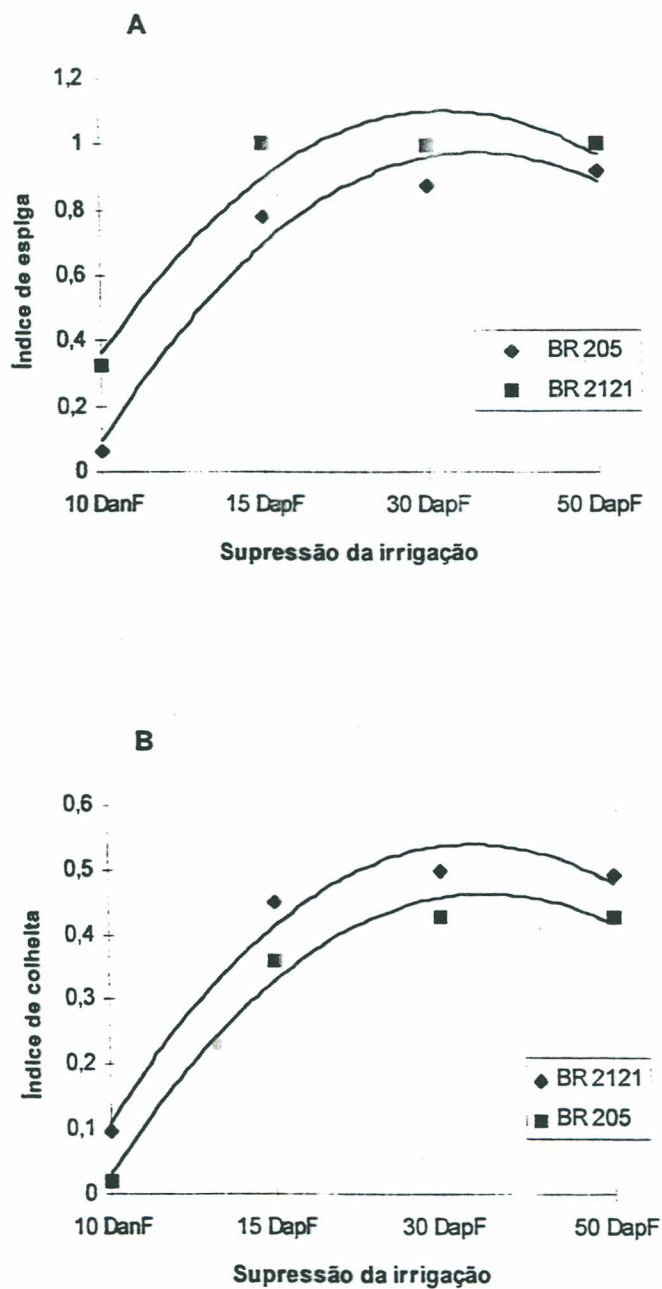


FIGURA 2 - Índice de espigas (A) e índice de colheita (IC) dos genótipos de milho BR 2121 e BR 205 submetidos a diferentes épocas de supressão da irrigação (EMBRAPA/Sete Lagoas, MG, 1994).

Não se pode dizer que os resultados da presente pesquisa são definitivos, uma vez que os mesmos podem estar relacionados à época de plantio e as cultivares de milho utilizadas. Portanto, seria desejável a repetição desta pesquisa em outra época de plantio, com local e cultivares diferentes. A obtenção de prováveis diferentes resultados se deve ao fato da interação genótipos x ambientes comum em pesquisas desta natureza.

CONCLUSÕES

O parcelamento da adubação de cobertura de N e K, nas doses utilizadas, não afetou a produtividade dos genótipos de milho BR 2121 e BR 205.

O déficit hídrico, imposto pela supressão da irrigação aos 10 dias antes da floração e 15 dias após floração, reduziu a produção de palhada, espigas e grãos em ambos os genótipos, porém o BR 205 foi o genótipo mais afetado indicando maior sensibilidade ao estresse hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASSETTI, P.; WESTGATE, M. E. Water deficit affects receptivity of maize silks. *Crop Science*, Madison, v.33, n.2, p.279-282, Mar./Apr. 1993.
- BOYER, J. S. Advances in drought tolerance in plants. *Advances in Agronomy*, New York, v.56, p.187-218, 1996.
- BOYLE, M. G.; BOYER, J. S.; MORGAN, P. W. Stem infusion of liquid culture medium prevents reproductive failure of maize at low water potential. *Crop Science*, Madison, v.31, n.5, p.1246-1252, Sept./Oct. 1991.
- COELHO, A. M. Fertilização. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (eds.) *Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação*. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.201-228.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de. Adubação potássica em cultivos sucessivos de milho e feijão sob irrigação. Produção de grãos e silagem. *Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1992-1993*. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, p.36-38, 1994. (EMBRAPA-CNPMS. Relatório Técnico, v.6).
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. *Arquivo do Agrônomo*, Piracicaba, n.2, p.1-9, set. 1995. (Publicação da POTAFOS).
- ECK, H. V. Irrigated corn yield response to nitrogen and water. *Agronomy Journal*, Madison, v.76, p.421-428, 1984.
- GUIMARÃES, P. E. O.; PARENTONI, S. N.; SANTOS, M. X.; LOPES, M. A.; GAMA, E. E. G.; SILVA, A. E.; VIEIRA JÚNIOR, P. A.; PACHECO, C. A. P.; CORREA, L. A.; OLIVEIRA, A. C. BR 2121: híbrido amarelo de milho com qualidade proteica melhorada (QPM). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21, Londrina, 1996. *Resumos...* Londrina: ABMS/IAPAR, 1996. p.17.
- HALL, A. J.; LEMCOFF, J. H.; TRAPANI, N. Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield, its components, and their determinants. *Maydica*, Bergamo, v.26, n.1, p.19-38, 1981.
- HERRERO, M. P.; JOHNSON, R. R. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. *Crop Science*, Madison, v.21, n.1, p.105-110, Jan./Feb. 1981.
- LORENS, G. F.; BENNETT, J. M.; LOGGALE, L. B. Differences in drought resistance between two corn hybrids. II. Component analysis and growth rates. *Agronomy Journal*, Madison, v.79, n.5, p.808-813, Sept./Oct. 1987.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. *Fisiologia da planta de milho*. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1995. 27p. (Circular Técnica, 20).
- NESMITH, D. S.; RITCHIE, J. T. Maize (*Zea mays* L.) response to a severe soil water-deficit during grain-filling. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.29, p.23-35, 1992.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. *How a corn plant develops*. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 21p. (Special Report, 48).
- SINCLAIR, T. R.; BENNET, J. M.; MUCHOW, R. C. Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field-grown maize. *Crop Science*, Madison, v.30, n.3, p.690-693, May/June. 1990.

SNYDER, F. W.; CARLSON, G. E. Selecting for partitioning of photosynthetic products in crops. **Advances in Agronomy**, New York, v.37, p.47-72, 1984.

ZINSELMEIER, C.; WESTGATE, M. E.; SCHUSSLER, J. R.; JONES, R. J. Low water potential disrupts carbohydrate metabolism in maize (*Zea mays* L.) ovaries. **Plant Physiology**, Maryland, v.107, n.1, p.385-391, Jan. 1995.