

COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE MILHO SEMEADAS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ENTRE LINHAS E DENSIDADES POPULACIONAIS, NA SAFRINHA

FERNANDO GUIDO PENARIOL^{1,5}, DOMINGOS FORNASIERI FILHO², LUCIANA COICEV³,
LUCIANO BORDIN⁴, ROGÉRIO FARINELLI¹

¹Pós-graduando do Depto. de Produção Vegetal - FCA/UNESP. Caixa Postal 237, CEP. 18603-970 Botucatu, SP. E-mail: fpenariol@fca.unesp.br (autor para correspondência).

²Prof. Dr. do Depto. de Produção Vegetal - FCAV/UNESP. CEP. 14870-000 Jaboticabal, SP.

³Pós-graduanda do Depto. de Produção Vegetal - FCAV/UNESP. CEP. 14870-000 Jaboticabal, SP.

⁴Eng^o Agrônomo da Monsoy-Monsanto. Caixa Postal 112, CEP. 75650-000 Morrinhos, GO.

⁵Trabalho desenvolvido com bolsa da FAPESP; Atual bolsista da CAPES.

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.2, n.2, p.52-60, 2003

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico de cultivares de milho, que possuem características contrastantes entre si, representadas por um híbrido simples modificado (AG-9010) e uma variedade com alto valor protéico (BR 473), em três espaçamentos entre linhas (40, 60 e 80 cm) e três densidades de semeadura (40, 60 e 80 mil plantas por hectare), em delineamento experimental de blocos ao acaso, com os tratamentos em um esquema fatorial 2x3x3 e três repetições. Os experimentos foram instalados na “safrinha” dos anos 2000 e 2001, em Jaboticabal, SP. Para os componentes agrônômicos, tanto o espaçamento entre linhas quanto a densidade populacional provocaram alterações no comportamento das plantas. O espaçamento entre linhas de 40 cm apresentou maior média de produtividade para as duas cultivares. Para as densidades de semeadura, a maior população (80 mil plantas por hectare) proporcionou maior produtividade ao híbrido AG-9010, enquanto que a maior produtividade esteve em torno de 70 mil plantas por hectare, para a variedade BR 473.

Palavras-chave: *Zea mays*, arranjo de plantas, componentes de produção, características agrônômicas.

PERFORMANCE OF MAIZE CULTIVARS SOWN IN DIFFERENT ROW WIDTHS AND POPULATION DENSITIES IN OFF-SEASON CULTIVATION

ABSTRACT - The aim of this experiment was to evaluate the agronomic performance of maize cultivars with contrasting features (a simple hybrid – AG-9010 and a variety – BR 473), in three row widths (40, 60 and 80 cm) and three population densities (40, 60 and 80 thousand plants for hectare). The experiments were carried out in off-season cultivation (2000 and 2001), in Jaboticabal, SP. For the agronomic components, both row widths and population densities caused alterations in the plants behavior of both cultivars. The narrowest row (40 cm) showed the greatest average of productivity for both cultivars. For the population densities, 80000 plants for hectare was the population that showed the greatest productivity to the hybrid (AG-9010). The greatest productivity to the variety (BR 473) was around 70 thousand plants per hectare.

Key words: *Zea mays*, plant arrangement, yield components, agronomic characters.

A ausência de alternativas econômicas para a safrinha (cultivo extemporâneo, sem irrigação suplementar) vem fortalecer a importância da semeadura de milho nesse período (Shioga *et al.*, 1999). Além disso, a possibilidade de utilização mais racional dos fatores de produção como solo, máquinas, equipamentos e mão-de-obra, em um período ocioso do ano, favorece a semeadura nessa época (Tsunechiro & Arias, 1997).

O cultivo de milho safrinha tem evoluído em algumas regiões, tornando-se uma atividade econômica ajustada ao sistema de produção, mas assegurando maior produtividade (Oliveira *et al.*, 1999). A área colhida em 2000 foi de aproximadamente 2,9 milhões de hectares, representando um aumento em relação ao ano anterior de 2,7 milhões de hectares (Nehmi *et al.*, 2002).

No entanto, esse período de semeadura da cultura coincide com uma época caracterizada por baixos índices pluviométricos. A produção por área pode ficar comprometida se a deficiência hídrica coincidir com o período do florescimento, fase que determina a quantidade de óvulos a serem fecundados e, por conseqüência, a produção de grãos.

Nesse contexto, dentre as diversas práticas culturais, a escolha do espaçamento entre linhas de semeadura e o número de plantas por área mais adequados são de extrema importância, por determinarem melhor aproveitamento de fatores abióticos como água, luz e nutrientes, para que a cultura possa expressar todo o seu potencial.

A densidade de semeadura exige cuidadoso estudo, devido às diversas interações que ocorrem entre as plantas de milho e o ambiente, afetando a arquitetura da planta, alterando padrão de crescimento e desenvolvimento e influenciando na produção de carboidratos (Sangoi, 2000). Desse modo, não há uma recomendação singular de densidade de semeadura ideal para todas as condições, pois a densidade ótima varia dependendo de todos os

fatores ambientais, bem como fatores controlados, como fertilidade do solo, seleção de híbridos, época de semeadura e sistema de plantio, cultivares, entre outros (Olson & Sander, 1988). De acordo com Fornasieri Filho (1992), a partir de 1970, os melhoristas passaram a preocupar-se com estudos sobre arquitetura da planta, baseados na premissa de que as plantas de menor porte, com folhas eretófilas, permitiriam uma semeadura mais adensada, com maior capacidade fotossintética e, assim, maior produtividade.

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico de duas cultivares de milho, com características contrastantes entre si (híbrido simples e variedade), em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos, no período da safrinha.

Material e Métodos

Os experimentos foram desenvolvidos na FCAV/UNESP de Jaboticabal, em latossolo vermelho escuro eutrófico (Embrapa, 1999), em sistema convencional de preparo de solo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x3x2, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por três espaçamentos entre linhas (40; 60 e 80 cm), três densidades de semeadura (40, 60 e 80 mil plantas por hectare) e duas cultivares de milho, sendo uma variedade de alto valor protéico (BR 473) e um híbrido simples modificado (AG-9010). O experimento relativo à primeira safrinha foi semeado em 31 de janeiro de 2000 e a segunda, em 22 de fevereiro de 2001. Foi realizado desbaste para a correção do número de plantas, de acordo com a densidade desejada. As parcelas experimentais foram constituídas por seis linhas de 5 m de comprimento, sendo consideradas como área útil as quatro linhas centrais.

Para a adubação de semeadura, foi utilizada a formulação 8-28-16 (N, P₂O₅, K₂O) em ambas as safrinhas, aplicando-se 154 kg ha⁻¹ na safrinha

2000 e 160 kg ha⁻¹ na safrinha 2001. Com relação às adubações de cobertura, na safrinha 2000, foi utilizado sulfato de amônio como fonte de N, aplicando-se 38 kg ha⁻¹, enquanto que, na safrinha 2001, utilizou-se uréia e aplicou-se 54 kg ha⁻¹ de N. As adubações realizadas no experimento estão de acordo com as recomendações de Raij & Cantarella (1996).

Foram avaliados nos dois experimentos: o diâmetro médio do colmo, altura média de inserção de espiga, altura média das plantas, medindo-se oito plantas por parcela, no início do florescimento feminino.

A colheita foi realizada manualmente, colhendo-se as espigas das quatro linhas centrais e determinando-se o número de espigas por planta (prolificidade), contando-se todas as espigas colhidas de cada parcela e dividindo-se pelo total de plantas da parcela, na época da colheita. Em dez espigas coletadas ao acaso de cada parcela, foi feita a determinação do número de grãos por espiga. Após a debulha, foi determinado o grau de umidade dos grãos, por método gravimétrico, o peso de 100 grãos (g) corrigido a 13% (base úmida) e produtividade estimada em kg ha⁻¹, a 13% (base úmida).

Para auxiliar a interpretação dos resultados, foi feito o gráfico do balanço hídrico seqüencial para cada experimento, pelo método de Thornthwaite & Mather (1955), adaptado por Rolim *et al.* (1998). Foram determinadas também as médias das temperaturas mínima, média e máxima de cada mês, bem como as médias mensais de insolação. Os dados meteorológicos utilizados neste trabalho foram extraídos de um conjunto de dados pertencentes ao acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas do Campus de Jaboticabal.

Os dados obtidos em cada experimento (Safrinhas 1 e 2) foram analisados em conjunto, através da análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

O espaçamento entre linhas não afetou o diâmetro de colmo, o número de espigas por planta, o número de grãos por espiga e o peso de 100 grãos. Já a altura de plantas, altura de inserção de espiga e produtividade de grãos foram influenciados, com índice de significância de 1% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 1). Entre as densidades populacionais, apenas a altura de plantas e o peso de 100 grãos não apresentaram diferenças significativas. Para as cultivares, além do peso de 100 grãos, o número de espigas por planta não apresentou diferenças significativas. Observou-se efeito significativo para as interações espaçamento e cultivares e densidades populacionais e cultivares.

Com relação às cultivares, o híbrido AG-9010 apresentou maior diâmetro de colmo do que a variedade BR 473 (Tabela 2). Para altura de plantas e altura de inserção de espiga, maiores médias foram obtidas com a cultivar BR 473. O número de grãos por espiga foi maior no híbrido AG-9010, que produziu mais de 6 t ha⁻¹, enquanto a variedade BR 473 teve produtividade menor, porém bastante expressiva para o período de safrinha (4,5 t ha⁻¹). As diferenças encontradas entre o híbrido AG-9010 em relação à variedade BR 473 se devem ao fato de o primeiro ser um híbrido simples com maior potencial de produtividade.

Entre os experimentos, a safrinha 2000 apresentou maior média para todas as variáveis (Tabela 2). Esse resultado pode estar relacionado a fatores ambientais. Condições hídricas, temperatura e intensidade luminosa são fatores que podem influenciar no peso final e na produtividade de grãos. De acordo com Magalhães *et al.* (1995), dependendo das práticas adotadas na lavoura, bem como a época de ocorrência de estresses hídricos, poderá haver uma redução de desenvolvimento de grãos na parte superior da espiga, que, apesar de fertilizados, não se desenvolvem. No período de enchimento

TABELA 1. Resumo das análises de variância para diâmetro de colmo (DC), altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE), espigas por planta (EP), número de grãos por espiga (GE), peso de 100 grãos (PC) e produtividade de grãos (PG). Jaboticabal, SP. 2000/01.

Causas de Variação	DC	AP	AE	EP	GE	PC	PG
Espaçamentos (E)	0,21 ^{ns}	8,80**	12,81**	0,32 ^{ns}	2,24 ^{ns}	0,78 ^{ns}	29,15**
Densidades (D)	30,7**	1,61 ^{ns}	6,63**	12,42**	3,70 *	2,42 ^{ns}	23,64**
Cultivares (C)	19,8**	321,5**	366,3**	1,77 ^{ns}	4,15*	0,38 ^{ns}	206,8**
EXD	0,65 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,20 ^{ns}	2,46 ^{ns}
EXC	0,62 ^{ns}	0,94 ^{ns}	3,40 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,06 ^{ns}	4,08*
DXC	2,39 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,36 ^{ns}	3,49 ^{ns}	0,12 ^{ns}	3,74*
EXDXC	0,45 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,08 ^{ns}
Safrinhas/Anos	13,6**	30,0**	23,8**	42,3**	29,9**	135**	123,4**
CV (%)	5,05	2,92	4,05	9,04	4,95	7,45	6,37

**significativo a 1% de probabilidade;

*significativo a 5% de probabilidade;

^{ns}não significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 2. Médias das variáveis estudadas, obtidas em duas cultivares de milho e duas safrinhas. Jaboticabal, SP. 2000/01.

	Diâmetro de colmo (cm)	Altura de plantas (cm)	Altura inserção espiga (cm)	Espigas/ Planta	Grãos/ Espiga	Peso de 100 grãos (g)	Produtividade (kg. ha ⁻¹)
Cultivares							
AG-9010	2,07 a	180 b	94 b	0,99 a	505 a	22,9 a	6176 a
BR-473	1,92 b	215 a	121 a	0,95 a	487 b	22,6 a	4541 b
Safrinhas/Anos							
2000	2,06 a	203 a	111 a	1,06 a	519 a	26,0 a	5990 a
2001	1,94 b	192 b	104 b	0,87 b	474 b	19,5 b	4727 b

Valores seguidos de letras diferentes, na coluna, diferem entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

de grãos, a ocorrência de déficit hídrico pode resultar em menor produção de carboidratos e, por consequência, diminuição do volume de matéria seca de grãos (Embrapa, 1997). No entanto, os gráficos de balanço hídrico seqüencial (Figuras 8 e 9) não permitem explicar totalmente esses resultados, visto que as condições da segunda safrinha, após a fase de pendoamento, são melhores que as verificadas na safrinha (2000), que apresentou média maior.

Temperatura máxima e mínima (Figuras 8 e 9), fator que intervém em quase todas as funções da planta (Fornasieri Filho, 1992), também não explica os melhores resultados da primeira safrinha

(2000), visto que, na safrinha 2001, as temperaturas foram um pouco maiores. A semeadura mais tardia da safrinha 2001, passando por períodos com dias mais curtos, pode ter contribuído para a menor produtividade (Fornasieri Filho, 1992). Pela Figura 10, observa-se que a safrinha 2000 apresenta maior insolação (horas de luz por dia) do que a safrinha 2001, após o período da emissão do pendão, sendo que a diminuição da intensidade luminosa entre o florescimento e o enchimento de grãos pode reduzir a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

O aumento da densidade populacional proporcionou diminuição do diâmetro de colmo (Figura 1). Esse fato pode ter proporcionado uma redução na disponibilidade de água e nutrientes por planta. Sangoi (2000) relata que a maior competição entre plantas fragiliza o colmo.

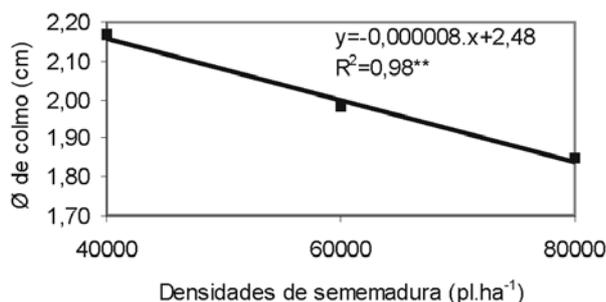


FIGURA 1. Diâmetro médio de colmo em função das densidades de semeadura. Jaboticabal, SP. 2000/01.

As alturas de plantas e de inserção de espiga diminuíram com a redução do espaçamento entre linhas (Figura 2). Com esses resultados, também se verifica um provável efeito da competição entre plantas por água e nutrientes.

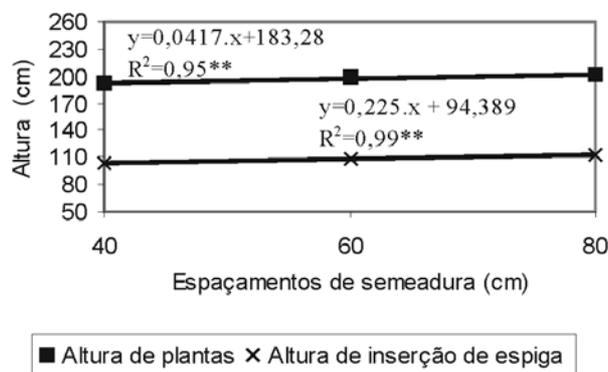


FIGURA 2. Altura média de plantas e de inserção de espiga em função dos espaçamentos entre linhas. Jaboticabal, SP. 2000/01.

Observou-se que houve crescimento da altura de inserção de espiga, proporcionado pelo aumento do número de plantas por área (Figura 3). Sangoi (2000) cita que há ocorrência de dominância apical em condições de altas densidades

populacionais. No entanto, esse maior crescimento em altura, provavelmente devido à competição por luz, pode não ter correspondido a um suprimento suficiente de água e nutrientes, proporcionando menores diâmetros de colmo (Figura 1), com o aumento da densidade populacional.

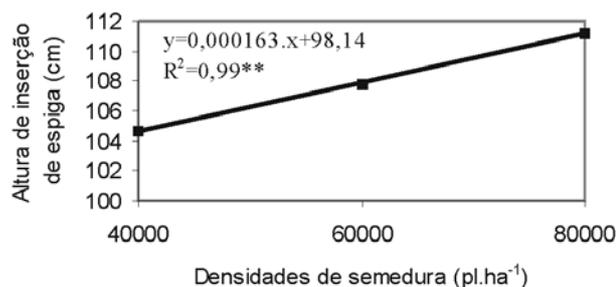


FIGURA 3. Altura média de inserção de espigas em função das densidades de semeadura. Jaboticabal, SP. 2000/01.

A competição entre plantas também influenciou no resultado de alguns componentes de produção. No desdobramento da interação entre densidades de semeadura e cultivares para número de grãos por espiga (Figura 4), menores valores foram obtidos nos tratamentos com maiores densidades de semeadura, para a cultivar AG-9010.

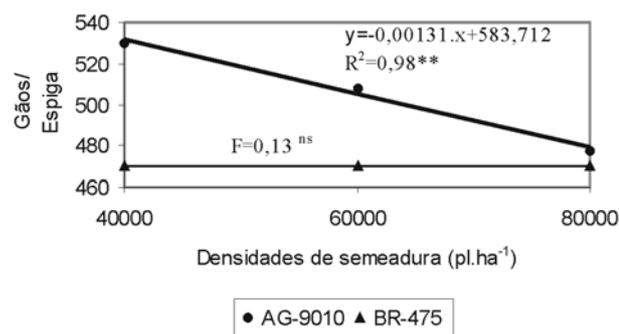


FIGURA 4. Número médio de grãos por espiga em função das densidades de semeadura, para cada cultivar. Jaboticabal, SP. 2000/01.

A prolificidade (número de espigas por planta) também foi afetada pelo número de plantas por área (Figura 5), sendo que os menores índices foram

encontrados nas maiores densidades de semeadura. Fornasieri Filho (1992) cita que altas densidades populacionais podem causar alterações morfológicas e fisiológicas, dentre elas, o aumento do número de plantas sem espiga.

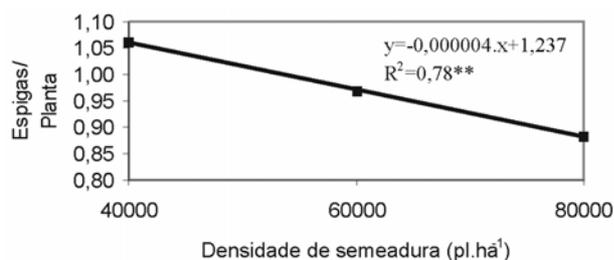


FIGURA 5. Índice de espigas por planta em função das densidades de semeadura. Jaboticabal, SP. 2000/01.

Pelo desdobramento da interação entre cultivares e espaçamento entre linhas, para produtividade de grãos (Figura 6), nota-se que o espaçamento de 40 cm apresentou resultados mais satisfatórios tanto para o híbrido quanto para a variedade. Os resultados diferem dos obtidos por Argenta *et al.* (2001), que, avaliando efeito da redução do espaçamento entre linhas nos componentes de produção, em híbridos simples de milho, atribuíram o aumento no rendimento de grãos à redução do espaçamento, principalmente para híbridos de baixa estatura. Mundstock (1978) verificou, em trabalho que envolvia espaçamentos entre linhas e densidades

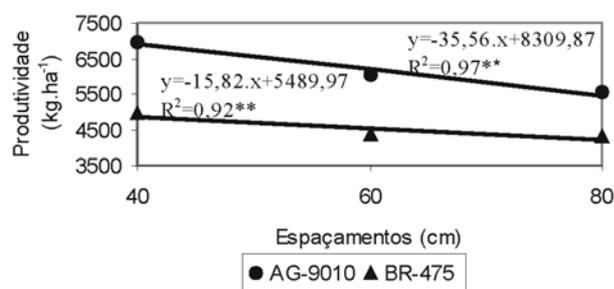


FIGURA 6. Produtividade média de grãos em kg ha⁻¹ em função dos espaçamentos entre linhas, para cada cultivar. Jaboticabal, SP. 2000/01.

de semeadura, maiores rendimentos de grãos para o espaçamento de 50 cm, nas densidades mais elevadas, 70 e 90 mil plantas por hectare.

O desdobramento da interação densidades de semeadura e cultivares para produtividade (Figura 7) evidenciou comportamentos diferentes entre as cultivares AG-9010 e BR 473. O híbrido apresentou aumento linear de produtividade com o aumento da densidade populacional, enquanto a variedade mostrou resposta quadrática em relação ao aumento populacional, com um ponto máximo de produtividade sendo alcançado com uma população em torno de 71 mil plantas por hectare, o que corresponderia a uma produtividade de 4.770 kg.ha⁻¹.

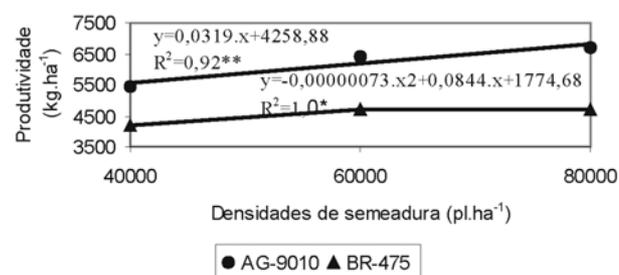


FIGURA 7. Produtividade média de grãos em kg ha⁻¹, em função das densidades de semeadura, para cada cultivar. Jaboticabal, SP. 2000/01.

Conclusões

A redução do espaçamento entre linhas proporcionou menores alturas de planta e de inserção de espiga;

Aumento das densidades de semeadura provocou redução no diâmetro de colmo e aumento de altura de inserção de espiga;

O espaçamento de 40 cm entre linhas possibilitou maior produção de grãos para as duas cultivares de milho estudadas;

A densidade populacional de 80 mil plantas por hectare proporcionou maior produtividade de grãos para o híbrido simples modificado AG-9010, enquanto, para a variedade BR 473, o maior

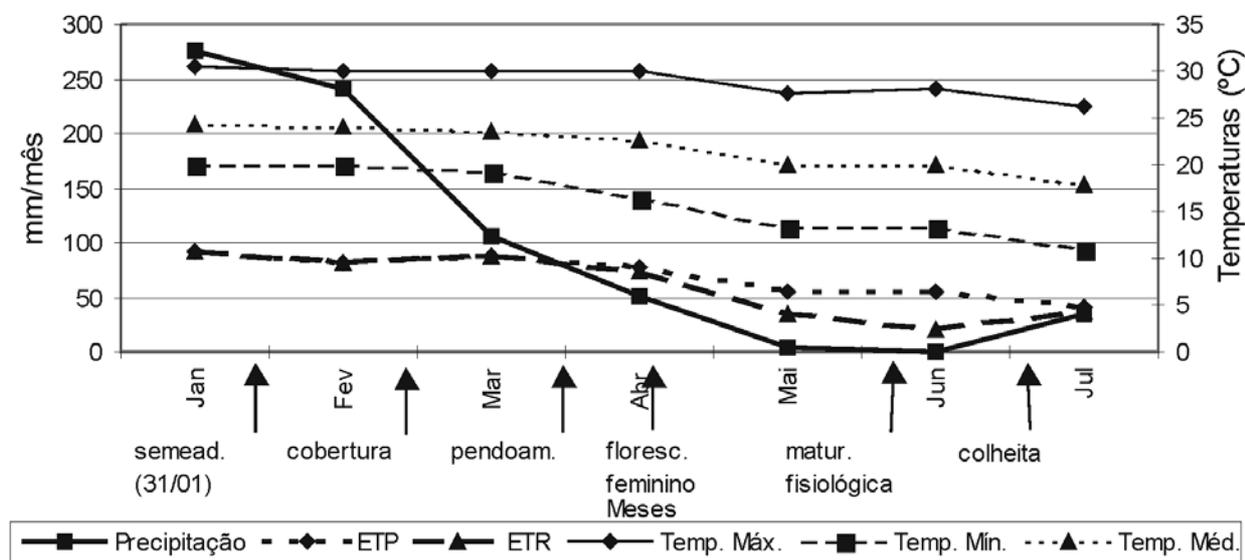


FIGURA 8. Temperaturas mensais (máxima, mínima e média) e balanço hídrico sequencial, segundo Thornthwaite & Mather (1955), adaptado por Rolim *et al.* (1998), utilizado na safrinha (2000). Os dados meteorológicos foram extraídos do acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas do Campus de Jaboticabal, SP.

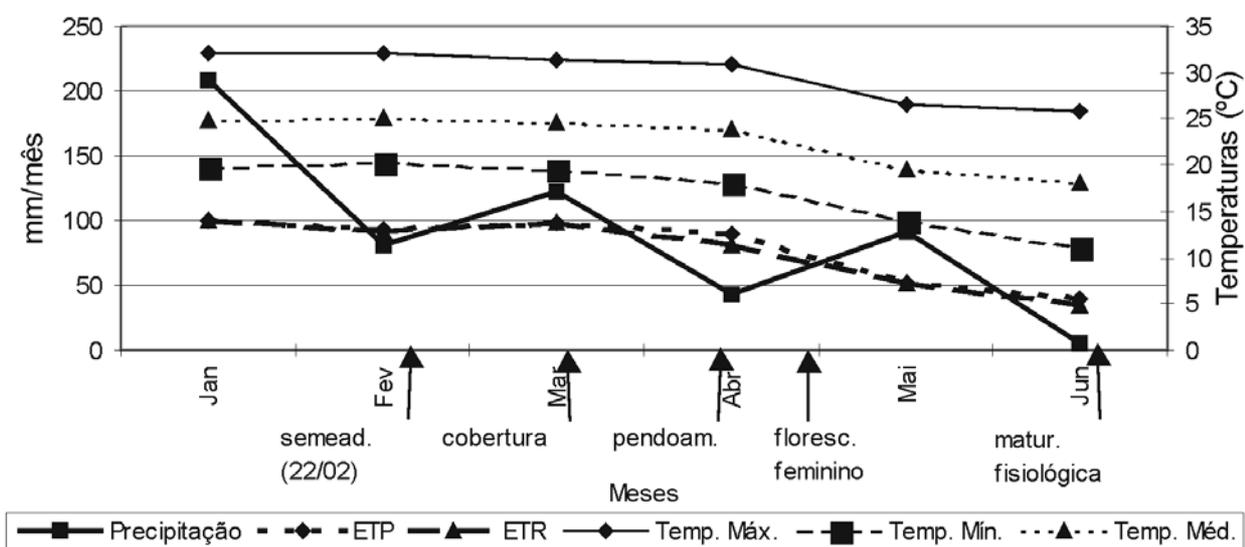


FIGURA 9. Temperaturas mensais (máxima, mínima e média) e balanço hídrico sequencial, segundo Thornthwaite & Mather (1955), adaptado por Rolim *et al.* (1998) utilizado na safrinha (2001). Os dados meteorológicos foram extraídos do acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas do Campus de Jaboticabal, SP.

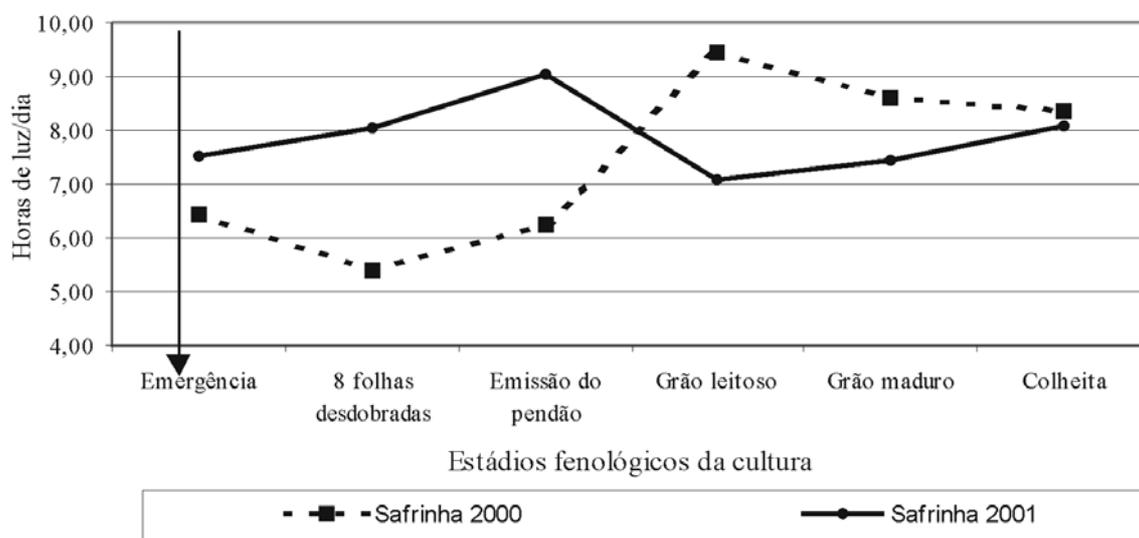


FIGURA 10. Médias mensais de horas de luz por dia em cada estágio fenológico (aproximado), a partir da emergência de plântulas das duas safrinhas (2000 e 2001). Os dados meteorológicos foram extraídos do acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas do Campus de Jaboticabal, SP.

rendimento de grãos está em torno de 70 mil plantas por hectare;

A semeadura antecipada da safrinha promoveu ganho em produtividade.

Agradecimento

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) a bolsa de iniciação científica concedida para a realização deste trabalho.

Literatura Citada

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; MANJABOSCO, E.A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p.71-78, 2001.

EMBRAPA Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. **Milho**: informações técnicas. Dourados, 1997. 222p. (EMBRAPA – CPAO. Circular Técnica, 5).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 1992. 273 p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA – CNPMS, 1995. 27p. (EMBRAPA – CNPMS. Circular Técnica, 20).

MUNDSTOCK, C.M. Efeitos de espaçamentos entre linhas e de populações de plantas em milho (*Zea mays*) de tipo precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.13, n.1, p. 13-18, 1978.

NEHMI, I.M.; FERRAZ, J.V.; NEHMI FILHO, V.A.; SILVA, M.I.M. (Coord.). **Agrianual, 2002**. Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira, São Paulo, p. 348-350, 2001. 2001, p. 348-350.

- OLSON, R.A.; SANDER, D.H. Corn production. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. (Ed.) **Corn and corn improvement**. 3. ed. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1988. Cap.11, p. 639-686. (Agronomy, 18).
- OLIVEIRA, M.D.X.; FORNASIERI FILHO, D. Época de semeadura de milho “safrinha”, para a região Centro-Norte do Estado de Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5., 1999, Barretos. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. p.77-85.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. São Paulo, 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC, 1966. p.60-61. (Boletim 100).
- ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas do ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.133-137, 1998.
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.1, p.159-168, 2000.
- SHIOGA, P.S.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C. Efeitos de densidade populacional e doses de nitrogênio sobre o rendimento de dois híbridos de milho em épocas não convencionais. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5., 1999, Barretos. **Anais...** Campinas: IAC, 1999. p. 123-126.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, R.J. **The water balance**. New Jersey: Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, 8).
- TSUNECHIRO, A.; ARIAS, E.R.A. Perspectivas de rentabilidade do milho “safrinha” nas principais regiões produtoras. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 4. 1997, Assis. **Anais...** Assis: IAC, 1997, p.15-20.