

## Espaçamentos e densidades de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brasil

### Spacing and plant populations of hybrids with different cycles in the west of Santa Catarina, Brasil

Roger Delmar Flesch<sup>1</sup> Luís Carlos Vieira<sup>2</sup>

#### RESUMO

Com o objetivo de determinar a densidade populacional e espaçamento entre fileiras ideais para milho no Oeste Catarinense, foram conduzidos dois experimentos (um com híbrido de ciclo precoce e outro com híbrido de ciclo normal) nos anos agrícolas 1995/96, 1996/1997 e 1997/98, em Chapecó. O delineamento experimental foi blocos casualizados arranjos em parcelas subdivididas, com a parcela principal composta de quatro espaçamentos entre fileiras (70, 85, 100 e 115cm) e a sub-parcela de quatro densidades populacionais (30000, 50000, 70000 e 90000 plantas ha<sup>-1</sup>). Os híbridos responderam de forma quadrática ao aumento da população de plantas, apresentando máxima eficiência técnica ao redor de 74000 plantas ha<sup>-1</sup>. As populações de 50000, 70000 e 90000 plantas ha<sup>-1</sup>, de ambos os híbridos, tiveram produtividade de grãos semelhantes entre si e superiores a 30000 plantas ha<sup>-1</sup>. O híbrido de ciclo precoce foi mais produtivo a 70 e 85cm do que a 115cm, enquanto o híbrido de ciclo normal não teve diferença entre os espaçamentos. O aumento da população de plantas reduziu significativamente o peso de mil grãos, o número de grãos/espiga e o número de espigas/planta.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, população de plantas, produtividade de grãos, componentes do rendimento.

#### ABSTRACT

To determine the ideal plant population and row spacing for corn, two trials were carried out (one with earlier hybrid and other with normal cycle hybrid) during the growing seasons of 1995/96, 1996/97 and 1997/98, in Chapecó, in the West of Santa Catarina, Brazil. The experimental design of both trials was complete randomized blocks arranged in split-plots, with main plot composed of four row spacings (70, 85, 100 and 115cm) and subplot composed of four stands (30000, 50000, 70000 and 90000 plants ha<sup>-1</sup>). Both hybrids had quadratic response to the increase in plant population with

maximum technical efficiency around 74000 plants ha<sup>-1</sup>. Populations of 50000, 70000 and 90000 plants ha<sup>-1</sup> of both hybrids had similar grain yields and superior to 30000 plants ha<sup>-1</sup>. The earlier hybrid had grain yields at 70 and 85cm superior to 115cm, while normal cycle hybrid did not present differences among spacings. The increase in plant population reduced significantly the weight of one thousand grains, the number of grains per ear and the number of ears per plant.

**Key words:** *Zea mays*, plant population, yield, yield components.

#### INTRODUÇÃO

A cultura do milho teve sua área aumentada em Santa Catarina nos últimos anos e estima-se em mais de 80% a utilização de milho híbrido no Estado. A região Oeste Catarinense, responsável por cerca de 67% da produção estadual de milho, é uma área com disponibilidade térmica que varia de 2000 a 3500 graus dias, suficientes para o milho completar o ciclo satisfatoriamente. Ela possibilita uma grande flexibilidade quanto à época de semeadura, diferentemente do que acontece no Planalto Serrano Catarinense, onde a região está limitada por menor disponibilidade térmica, que condiciona a cultura do milho a uma estação de crescimento mais curta (EMPASC, 1978). Devido à grande produção de milho na região, porém, com produtividade média ainda baixa (cerca de 4500kg ha<sup>-1</sup>), é necessário que práticas e tecnologias sejam melhoradas para atingir mais rápido o potencial da cultura. Os genótipos desenvolvidos mais recentemente, com ciclo mais curto, porte mais baixo, melhor arquitetura e com maior potencial

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, PhD, Fitotecnia, EPAGRI/CEPAF, CP 791, 89801-970, Chapecó, SC. E-mail: rogerdf@epagri.rct-sc.br  
Autor para correspondência.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, MSc, Fitotecnia, EPAGRI/CEPAF. E-mail: lcvieira@epagri.rct-sc.br

produtivo, faz com que haja a necessidade de se rever as recomendações de espaçamento e densidade do milho ainda vigentes. No Paraná, CARNEIRO & GERAGE (1991) recomendam 55000 plantas ha<sup>-1</sup> para cultivares de ciclo normal e 65000 plantas ha<sup>-1</sup> para cultivares de ciclo precoce, sempre utilizando um espaçamento de 90 cm entre fileiras. ALMEIDA et al. (2000) sugerem aos agricultores catarinenses do Planalto Serrano, a utilização de populações que variem entre 65000 e 80000 planta ha<sup>-1</sup>, desde que as condições ambientais e varietais sejam boas. Todavia, a recomendação de população de plantas em Santa Catarina é de 50000 a 60000 plantas ha<sup>-1</sup> para híbridos precoces e superprecoces e de 40000 a 50000 plantas ha<sup>-1</sup> para híbridos de ciclo normal, com espaçamento que pode variar entre 80 e 100 cm entre fileiras (EPAGRI, 1997). Um levantamento feito por uma cooperativa do Oeste Catarinense junto a seus associados, verificou que a população de plantas de milho foi de 49500 ha<sup>-1</sup>, no ano agrícola 1996/97, enquanto que, nas lavouras das regiões de Chapecó e Concórdia, técnicos da Epagri estimavam uma população entre 40000 e 45000 plantas de milho ha<sup>-1</sup> (FLESCH & VIEIRA, 1999).

Os híbridos modernos de milho toleram maior densidade de plantas do que os híbridos antigos (TOLLENAAR, 1992). Em assim sendo, a tendência tem sido em direção a um estreitamento entre fileiras e aumento da população de plantas. No Meio Oeste Americano, a recomendação tem variado de 62000 plantas ha<sup>-1</sup> a 75000 plantas ha<sup>-1</sup> (STAGGENBORG et al., 1999; COX, 1996; WESTGATE et al., 1997) para a obtenção de maiores produtividades, semelhantes àquelas observadas no sul do Brasil (SILVA et al., 1999; ALMEIDA et al., 2000), porém, diferentes daquelas ainda recomendadas para Santa Catarina. Em se tratando de espaçamento entre fileiras, ARGENTA et al. (2001) ao analisarem dois experimentos realizados no RS, observaram clara evidência num dos experimentos, de que os incrementos na produtividade em fileiras mais estreitas estavam mais associados a híbridos de ciclo superprecoce e baixa estatura. Assim, presume-se que maiores populações de plantas e menores espaçamentos entre fileiras, nas lavouras de milho do Oeste Catarinense, poderão contribuir para o aumento da produtividade regional, pelo maior número de plantas por área.

O objetivo deste estudo foi determinar a densidade populacional e espaçamento entre fileiras para híbridos de milho de ciclo precoce e normal cultivados no Oeste Catarinense.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em dois experimentos conduzidos sobre um Latossolo Roxo distrófico (Erechim), dentro da área experimental do Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf)/Epagri, em Chapecó-SC, nos anos agrícolas 1995/96, 1996/1997 e 1997/1998. As coordenadas geográficas do município de Chapecó são: 27°07' de latitude sul, 52°37' de longitude oeste e altitude média de 679 m. O clima da região, pela classificação de Köppen, é do tipo Cfa. Os experimentos diferenciaram-se pela utilização de híbridos de ciclos diferentes: Pioneer 3099 (ciclo precoce) e Agroceres 1051 (ciclo normal). O delineamento experimental utilizado em ambos os experimentos foi blocos casualizados arrançados em parcelas subdivididas, com a parcela principal composta de quatro espaçamentos entre fileiras (70, 85, 100 e 115 cm) e a sub-parcela de quatro densidades populacionais (30000, 50000, 70000 e 90000 plantas ha<sup>-1</sup>). As parcelas foram formadas por cinco fileiras de milho com 5,0m de comprimento cada, variando a distância das plantas entre e dentro das fileiras, de acordo com os tratamentos.

A semeadura ocorreu entre os dias 15 e 20 de setembro de cada ano. A adubação da área experimental foi feita de acordo com os resultados da análise do solo da área para a obtenção de uma produtividade igual ou superior a 6,0t de milho ha<sup>-1</sup> (SBSCS, 1995). A área colhida foi composta das três fileiras centrais, desprezando-se a primeira planta de cada cabeceira, e variou de acordo com o espaçamento utilizado.

Após a colheita, foram determinados os pesos de grãos das parcelas e de mil grãos, os números de espigas por planta e de grãos por espiga, e a umidade dos grãos. O peso de grãos das parcelas foi padronizado para 13% de umidade e extrapolado para kg ha<sup>-1</sup>. Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os três anos de experimentação, não houve deficiência hídrica nos períodos críticos dos híbridos em avaliação, além de que a boa fertilidade da área experimental permitiu obter altas produtividades, em ambos os experimentos.

A produtividade média de grãos dos dois híbridos foi significativamente influenciada pela população de plantas (Figura 1) e a curva de resposta de ambos os híbridos foi semelhante com o aumento da

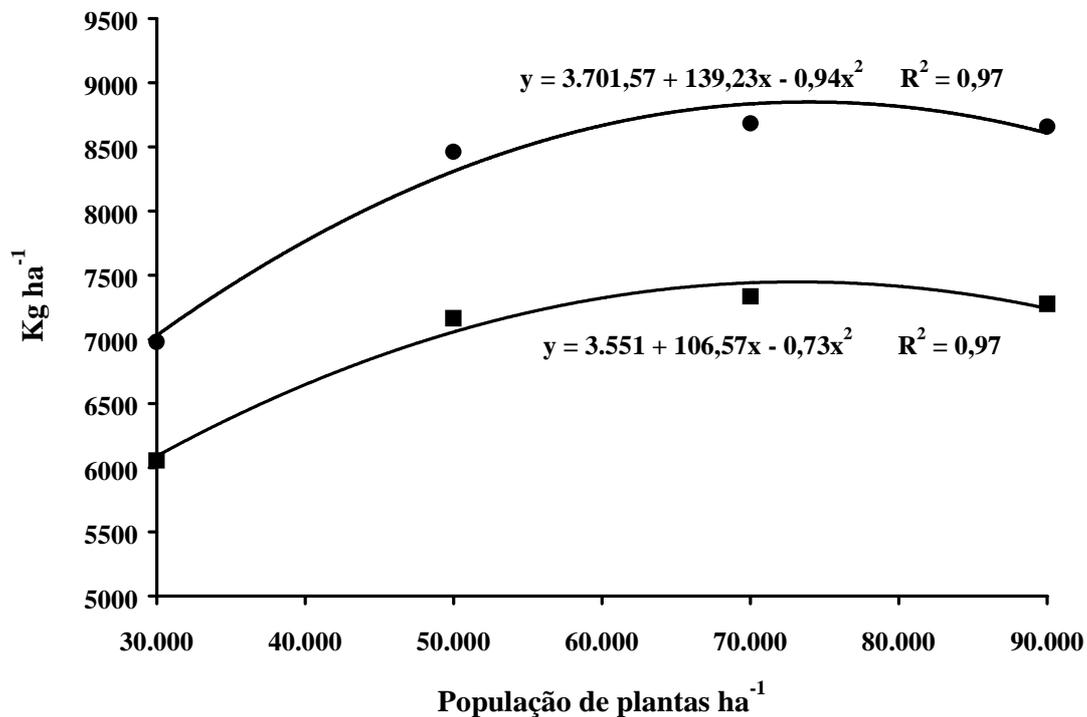


Figura 1 - Produtividade de grãos de híbridos de milho de ciclo normal (●) e precoce (■), em função da população de plantas. Média de três anos agrícolas.

população. Não houve diferenças entre as populações de 50000, 70000 e 90000 plantas ha<sup>-1</sup> nos dois experimentos, que produziram, em média, 19,8% e 23,2% a mais do que a 30000 plantas ha<sup>-1</sup>, para os híbridos de ciclo precoce e de ciclo normal, respectivamente.

Ambos os híbridos responderam de forma quadrática ao aumento da população de plantas, incrementando a produtividade de grãos a partir de 30000 plantas até 70000 plantas ha<sup>-1</sup> e diminuindo a 90000 plantas ha<sup>-1</sup>. Pela equação da curva do híbrido de ciclo precoce (Figura 1) foi determinado que a população de máxima eficiência técnica seria de 73130 plantas ha<sup>-1</sup>, que corresponde à uma produtividade de 7448kg ha<sup>-1</sup>. Para o híbrido de ciclo normal, a equação da curva (Figura 1) determinou que o ponto de máxima eficiência técnica seria de 73955 planta ha<sup>-1</sup>, correspondendo à uma produtividade de 8850kg ha<sup>-1</sup>.

Recentes estudos têm mostrado respostas quadráticas ao aumento da produtividade do milho pelo aumento da população de plantas, com produtividades atingindo um platô e declinando em populações mais altas (NAFZIGER, 1994; THOMISON & JORDAN, 1995; COX, 1996), com os resultados apontando para uma densidade ótima pouco acima de 70000 plantas

ha<sup>-1</sup>. Esta é uma população para ser usada apenas em condições de alta tecnologia, sem restrições de água e de fertilizantes (KARLEN & CAMP, 1985; PEIXOTO et al., 1997; SILVA et al., 1999). Em lavouras com alta densidade de plantas e sob boas condições de crescimento, as espigas adicionais por hectare resultarão em maior produtividade de grãos, por maximizar o número de grãos ha<sup>-1</sup>. Baseado nos resultados obtidos no trabalho desenvolvido em Chapecó, é sugerido, para as condições do Oeste Catarinense, uma população de plantas ao redor de 74000 plantas ha<sup>-1</sup>, desde que haja boas condições de crescimento. Havendo alguma restrição de tecnologia (falta de água e baixo uso de insumos), a sugestão é utilizar uma densidade populacional intermediária entre 50000 e 70000 plantas ha<sup>-1</sup>, para ambos os híbridos. Em lavouras com baixas populações de plantas, o limite genético no número e tamanho de espiga pode reduzir a produtividade de grãos, devido à cultura não poder produzir grãos suficientes ao potencial do ambiente (STAGGENBORG et al., 1999). Os pequenos produtores que usam baixa tecnologia, para diminuir os riscos onde o clima é errático, costumam usar espaçamentos maiores entre fileiras e populações menores de plantas.

Não foi detectada diferença estatística nos espaçamentos entre fileiras para o híbrido de ciclo normal (Figura 2). No híbrido de ciclo precoce, foi detectada significância estatística na produtividade de grãos, influenciada grandemente pelos resultados do ano 1997/98. Naquele ano, os espaçamentos de 70, 85 e 100cm superaram a produtividade obtida pelo espaçamento de 115cm em 3,80%, em média. A observação de um ano com significância estatística entre os espaçamentos, em três anos de experimentação, sugere que o ambiente tenha influência sobre o espaçamento entre fileiras. A equação de regressão (Figura 2) determinou que a partir de 70cm, cada "centímetro" a mais entre as fileiras diminuiria a produtividade em 6,47kg ha<sup>-1</sup>.

Vários estudos de espaçamentos entre fileiras têm sido analisados e discutidos, porém, não são consensuais. Os resultados alcançados neste experimento com o híbrido de ciclo normal confirmam os resultados obtidos por JOHNSON et al. (1998) que salientaram que, embora não tenha havido vantagens na produtividade de grãos com a redução do espaçamento entre fileiras, esta prática mostrou-se efetiva no con-

trole integrado de plantas daninhas. Entretanto, a redução do espaçamento entre fileiras de 100 para 50cm (SANGOI et al., 2001), de 76 para 38cm (BULLOCK et al., 1988) e de 75 para 25cm (PORTER et al., 1997), aumentou linearmente a produtividade de grãos de milho. DUNGAN et al. (1958) sumarizaram vários experimentos sobre espaçamento entre fileiras de milho e relataram que os resultados eram inconclusivos. Grandes variações foram encontradas entre anos e entre locais, dependentes do ambiente e das condições climáticas. Resultados de pesquisas mais recentes também são conflitantes, com alguns demonstrando uma clara vantagem na produtividade de grãos (FULTON, 1970; BULLOCK, 1988; ARGENTA et al., 2001) e outros não mostrando vantagem alguma em cultivar milho em fileiras estreitas (MEROTTO JUNIOR et al., 1997; WESGATE et al., 1997). Existem várias razões para estas diferenças observadas nos diferentes experimentos, supondo-se que as principais sejam a escolha dos híbridos, a população de plantas ou as condições ambientais durante a realização dos mesmos.

Atualmente, os produtores do Oeste de Santa Catarina têm preferência por híbridos de ciclo preco-

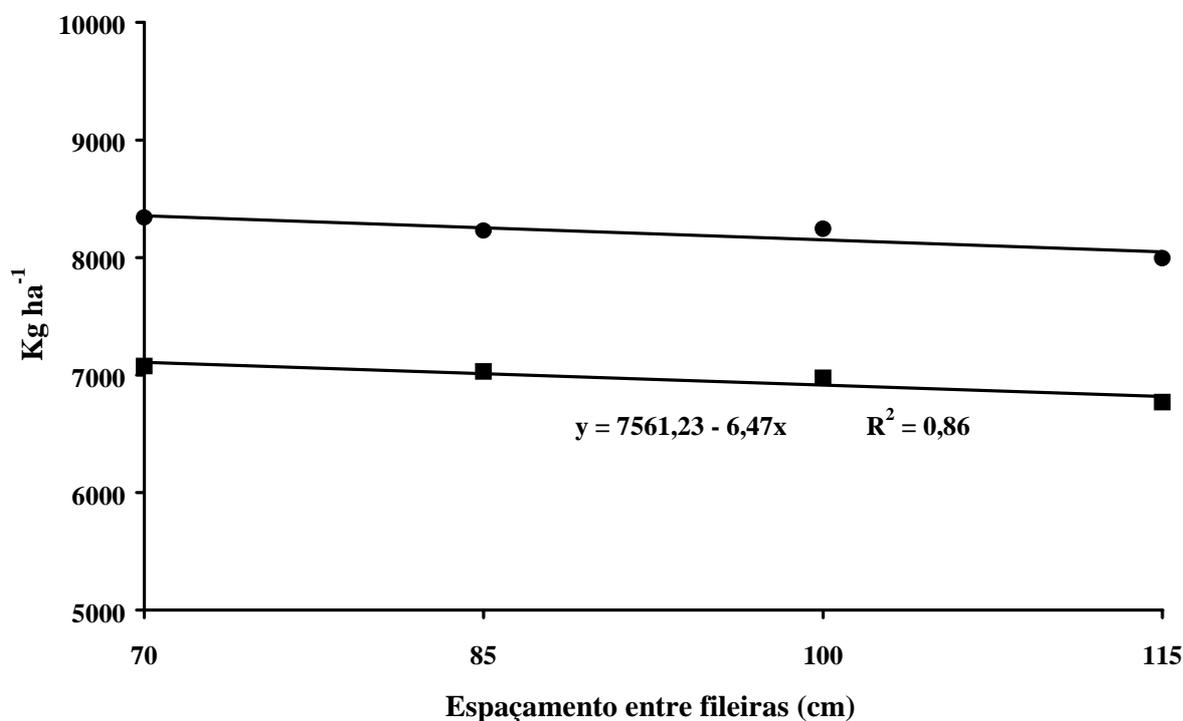


Figura 2 - Produtividade de grãos de híbridos de milho de ciclo normal (●) e precoce (■), em função do espaçamento entre fileiras. Média de três anos agrícolas.

ce e espaçamentos menores. A utilização de espaçamentos menores permitirá uma melhor distribuição espacial das plantas, a cobertura mais rápida do solo, o abafamento das plantas daninhas e a melhor utilização da radiação solar, água e nutrientes. De uma maneira geral, sugere-se a utilização de espaçamentos de 70 e 85cm para cultivos exclusivos de milho, observando-se que a população final de plantas ha<sup>-1</sup> seja mantida, ajustando o número de sementes por metro por ocasião da semeadura, de acordo com o espaçamento desejado. Os espaçamentos de 100 e 115cm podem ser utilizados em sistemas consorciados com milho e feijão.

A análise conjunta dos dados de produtividade de grãos detectou significância na interação E x P, em ambos os experimentos. No híbrido de ciclo precoce, a interação E x P foi fruto de uma interação observada no ano de 1995/96. Semelhantemente, o híbrido de ciclo normal também teve a interação E x P influenciada pela interação ocorrida naquele ano. Para ambos os híbridos, houve uma resposta diferenciada do espaçamento 115cm com os demais espaçamentos, entre as populações de 50000 e 70000 e entre 70000 e 90000 plantas ha<sup>-1</sup>, demonstrando que o comportamento diferenciado de um tratamento num determinado ano pode influenciar a análise conjunta dos anos, fato também relatado por COX (1996), que salienta que alguns híbridos interagem fortemente com a densidade de plantas em anos de estresse ambiental.

Nos dois experimentos não foram detectados efeitos do espaçamento e nem da interação E x P sobre os componentes do rendimento de grãos. A mudança do espaçamento entre fileiras não afetou os componentes do rendimento que tiveram, em média, 0,99 e 1,04 espigas por planta, 439 e 447

grãos por espiga e 365 e 304 gramas por mil grãos, para os híbridos de ciclo normal e precoce, respectivamente. Por outro lado, estes componentes foram grandemente influenciados pela população de plantas tanto para o híbrido de ciclo precoce (Tabela 1), como para o híbrido de ciclo normal (Tabela 2). Com o aumento da população de plantas, foi observada uma redução significativa do peso de mil grãos, número de grãos/espiga e número de espigas/planta, confirmando os resultados obtidos por SILVA et al. (1999). Embora o aumento da população de plantas de 50000 para 90000 plantas ha<sup>-1</sup> tenha aumentado o número de espigas na área, a produtividade não sofreu variação devido à redução dos três componentes do rendimento a cada aumento de população. As reduções observadas nos componentes de rendimento possivelmente estejam associadas ao aumento da competição entre plantas, devido a menor radiação solar na comunidade (TOLLENAAR et al., 1992). Por outro lado, há a compensação dessa perda pelo maior número de espigas na lavoura. Essa compensação ocorre até um ponto ótimo da população, a partir da qual o maior número de espigas por área não é mais suficiente para compensar a redução do número e do peso dos grãos.

## CONCLUSÕES

- 1) Populações de plantas de milho ao redor de 74000 ha<sup>-1</sup> proporcionam maior produtividade de grãos para híbridos de ciclo precoce e normal;
- 2) Espaçamentos de 70 e 85cm entre fileiras permitem maior produtividade de grãos de milho do que o espaçamento de 115cm, para híbridos precoces;

Tabela 1 - Componentes do rendimento do milho híbrido de ciclo precoce. Média de três anos agrícolas. Chapecó-SC.

Variáveis	Peso de mil grãos (g)	Número de grãos/espiga	Número de espigas/planta
Espaçamento entre fileiras (cm)			
115	306* a	436 a	1,05 a
100	305 a	423 a	1,03 a
85	304 a	422 a	1,06 a
70	301 a	421 a	1,03 a
População de plantas ha <sup>-1</sup>			
30.000	337 a	516 a	1,16 a
50.000	315 b	465 b	1,02 b
70.000	289 c	393 c	1,01 b
90.000	276 d	331 d	0,98 c
C.V. (%)	4,69	8,84	6,74

\* Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem a 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Duncan.

Tabela 2 - Componentes do rendimento do milho híbrido de ciclo normal. Média de três anos agrícolas. Chapecó-SC.

Variáveis	Peso de mil grãos (g)	Número de grãos/espiga	Número de espigas/planta
Espaçamento entre fileiras (cm)			
115	368* a	442 a	1,00 a
100	366 a	450 a	1,00 a
85	363 a	442 a	1,00 a
70	364 a	436 a	0,99 a
População de plantas ha <sup>-1</sup>			
30.000	391 a	547 a	1,05 a
50.000	373 b	487 b	1,01 b
70.000	353 c	394 c	0,97 c
90.000	343 d	344 d	0,95 c
C.V. (%)	3,66	8,24	8,79

\* Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem a 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Duncan.

3) Os componentes do rendimento do milho são afetados negativamente com o aumento da população de plantas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M.L. de et al. Incremento na densidade de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.23-29, 2000.
- ARGENTA, G. et al. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p.71-78, 2001.
- BULLOCK, D.G.; NIELSEN, R.L.; NYQUIST, W.E. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. **Crop Science**, Madison, v.28, p.254-258. 1988.
- CARNEIRO, G.E.S.; GERAGE, A.C. Densidade de sementeira. In: IAPAR. **A cultura do milho no Paraná**. Londrina : IAPAR, 1991. Cap.4, p.63-70.
- COX, W.J. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.489-496, 1996.
- DUNGAN, G.H.; LANG, A.C.; PENDLETON, J.W. Corn plant population in relation to soil productivity. **Advances in Agronomy**, v.10, p.135-173, 1958.
- EMPASC. **Zoneamento agroclimático do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, 1978. 70p.
- EPAGRI. **Recomendações técnicas para a cultura do milho em Santa Catarina**. Florianópolis, 1997. 59p. (EPAGRI. Sistemas de produção, 28).
- FLESCHE, R.D.; VIEIRA, L.C. Espaçamento e população de plantas na cultura do milho. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.12, n.2, p.28-31, 1999.
- FULTON, J.M. Relationship among soil moisture stress, plant population, row spacing and yield of corn. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.50, n.1, p.31-38, 1970.
- JOHNSON, G.A.; HOVERSTAD, T.R.; GREENWALD, R.E. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides, and cultivation. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, p.40-46, 1998.
- KARLEN, D.L.; CAMP, C.R. Row spacing, plant population, and water management effects on corn in the Atlantic Coastal Plain. **Agronomy Journal**, Madison, v.77, p.393-398, 1985.
- MEROTTO JUNIOR, A.; ALMEIDA, M.L. de; FUCHS, O. Aumento no rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.4, p.549-554, 1997.
- NAFZIGER, E.D. Corn planting date and plant population. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.7, p.59-62, 1994.
- PEIXOTO, C. de M. et al. Produtividade de híbridos de milho em função da densidade de plantas, em dois níveis de manejo da água e da adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.3, n.1, p.63-71, 1997.
- PORTER, P.M. et al. Corn response to row width and plant population in the Northern Corn Belt. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.10, n.2, p.293-300, 1997.
- SANGOI, L. et al. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.861-869, 2001.
- SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas em três épocas de sementeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.585-592, 1999.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo : SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. 223p.

STAGGENBORG, S.A. et al. Selecting optimum planting dates and plant populations for dryland corn in Kansas. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.12, n.1, p.85-90, 1999.

THOMISON, P.R.; JORDAN, D.M. Plant population effects on corn hybrids differing in ear growth habit and prolificacy. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.8, p.394-400, 1995.

TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize?

**Maydica**, v.37, p.305-311, 1992.

TOLLENAAR, M.; DWER, L.M.; STEWART, D.W. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. **Crop Science**, Madison, v.32, n.2, p.432-438, 1992.

WESTGATE, M.E. et al. Rapid canopy closure for maize production in the northern US corn belt: radiation-use efficiency and grain yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.49, p.249-258, 1997.