

UNIFORMIDADE NO DESENVOLVIMENTO E RESPOSTA DE CULTIVARES DE MILHO AO INCREMENTO NA POPULAÇÃO DE PLANTAS

LUÍS SANGOI¹, CLAITSON GUSTAVO ZANIN², PAULO REGIS FERREIRA DA SILVA³, ALEXANDRE SALDANHA⁴, JEFFERSON VIEIRA⁴ e ANDERSON JOSÉ PLETSCH⁴

¹Professor Associado do Departamento de Agronomia da UDESC, Av. Luiz de Camões, 2090, 88.520-000, Lages, SC. a2ls@cav.udesc.br

²Aluno do Curso de Mestrado em Produção Vegetal da UDESC, a6cgz@cav.udesc.br

³Professor Convidado do Departamento de Plantas de Lavoura da UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, 91540-000, Porto Alegre, RS. paulo.silva@ufrgs.br

⁴Alunos do Curso de Graduação em Agronomia da UDESC, alexal20@gmail.com, a6jvi@cav.udesc.br, anderson.pletsch@hotmail.com.

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.8 n.1, p. 69-81, 2009

RESUMO – Cultivares de milho com respostas contrastantes ao incremento na densidade de plantas diferem quanto ao seu padrão de desenvolvimento. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar se as uniformidades morfológicas e fenológicas das plantas são importantes para aumentar a tolerância do milho ao adensamento. O experimento foi conduzido em Lages, SC, nos anos agrícolas de 2005/2006 e 2006/2007. Foram avaliadas uma variedade de polinização aberta (VPA), um híbrido duplo (HD) e um híbrido simples (HS). As cultivares foram testadas nas densidades de 25.000, 50.000, 75.000, 100.000 e 125.000 pl.ha⁻¹. Avaliaram-se os coeficientes de variação da área foliar e do desenvolvimento fenológico, durante oito estádios de desenvolvimento da cultura, e o rendimento de grãos. O HS apresentou menor coeficiente de variação do que as demais cultivares, para área foliar e estágio fenológico de desenvolvimento, antes da floração e durante o espigamento. O incremento na densidade de 25.000 para 125.000 pl ha⁻¹ aumentou os coeficientes de variação da área foliar e do estágio fenológico durante o espigamento das cultivares. O rendimento de grãos do HS foi maior e mais responsivo ao incremento na densidade. As menores variabilidades morfológicas e fenológicas entre plantas contribuíram para aumentar a tolerância do HS ao adensamento.

Palavras-chave: *Zea mays*, morfologia, fenologia, rendimento de grãos.

DEVELOPMENT UNIFORMITY AND RESPONSE OF MAIZE CULTIVARS TO THE INCREMENT IN PLANT DENSITY

ABSTRACT – Maize cultivars with contrasting response to the increment in plant density may present different patterns of plant development. This work was carried out aiming to evaluate if morphological and phenological uniformities are important traits to enhance maize tolerance to crowding. The experiment was set up in Lages, Santa Catarina, southern Brazil, during the 2005/2006 and 2006/2007 growing seasons. Three cultivars were evaluated: an open-pollinated variety (OPV), a double-cross hybrid (DH) and a single-cross hybrid (SH). Each cultivar was tested at five plant densities: 25000, 50000, 75000, 100000 and 125000 pl.ha⁻¹. The variation coefficients of plant leaf area and phenological development were assessed at eight growth stages. Grain yield was also determined. The SH presented lower variation coefficient than the other cultivars for plant leaf area and phenological growth stage before flowering and during silking. The increment in plant population from 25000 to 125000 pl.ha⁻¹ increased the variation coefficient of leaf area and phenological growth stage at silking. The SH grain yield was higher and more responsive to plant density increment. The lowest morphological and phenological variability among plants contributed to enhance SH tolerance to crowding.

Key words: *Zea mays*, morphology, phenology, grain yield.

O incremento na densidade de plantas é uma alternativa para aumentar a interceptação da radiação solar e o rendimento de grãos do milho. Contudo, essa estratégia também pode trazer algumas consequências negativas, quando não se utilizam cultivares tolerantes ao adensamento, tais como aumento da assincronia entre o florescimento masculino e feminino, maior esterilidade feminina e menor eficiência na conversão de fotoassimilados à produção de grãos (Sangoi et al., 2002; Zanin, 2007; Piana et al., 2008; Hammer et al., 2009).

O adensamento reduz a produção de grãos por planta, devido à maior proximidade

e à maior variabilidade entre os indivíduos no dossel (Tollenaar & Wu, 1999). A magnitude dessa redução depende da proximidade, do número de plantas e da sua uniformidade no desenvolvimento na comunidade (Liu et al., 2004a). Para aumentar o rendimento de grãos pelo incremento na população, o decréscimo na produção de grãos por indivíduo deve ser inferior ao acréscimo no número de plantas adicionadas por hectare (Silva et al., 2006).

A redução na produção de fitomassa e o aumento na variabilidade entre plantas são respostas frequentemente observadas com o incremento na densidade de semeadura

(Maddoni & Otegui, 2004). Aumentos no coeficiente de variação entre plantas como consequência do adensamento para variáveis como altura, intervalo antese-espigamento, número de grãos por espiga e rendimento de grãos foram relatados por Echarte et al. (2000) e Uribelarrea et al. (2002).

A ocorrência de altas variabilidades morfológicas e fenológicas entre plantas é negativa à obtenção de elevadas produtividades, porque diminui a eficiência de uso dos recursos do ambiente (Tokatlidis & Koutroubas, 2004; Liu et al., 2004b). Lavouras com desenvolvimento desuniforme apresentam plantas dominantes e plantas dominadas (Merotto Jr. et al., 1999). O estabelecimento desse padrão hierárquico diferenciado de crescimento ocorre já no início do ciclo da cultura e está diretamente associado à intensidade da competição intra-específica e à resposta da cultivar ao estresse ambiental (Maddoni & Otegui, 2004). As plantas dominadas não alocam a quantidade necessária de fotoassimilados ao desenvolvimento da espiga, redundando em maior número de plantas estéreis, no aumento da duração do intervalo antese-espigamento e em reduções no rendimento de grãos (Vega, 2001).

Cultivares com respostas contrastantes ao incremento da população de plantas podem diferir nos padrões de crescimento e desenvolvimento das plantas e no estágio ontogenético em que a competição intra-específica se inicia. É possível que uma das causas para a maior adaptação de cultivares de milho ao incremento da população

seja a homogeneidade morfológica e fenológica das plantas, atenuando a competição intra-específica pelos recursos do ambiente.

Os relatos de estudos, no Brasil, correlacionando variabilidade morfológica e fenológica do milho com tolerância ao estresse imposto pela elevação da densidade de plantas são escassos. A identificação da relação existente entre uniformidades morfológica e fenológica e a tolerância da cultura ao adensamento pode ser útil para que se utilize o incremento na população como uma estratégia efetiva para otimizar o uso da radiação solar e, com isto, elevar o rendimento de grãos de milho.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar se as maiores uniformidades morfológica e fenológica das plantas são características importantes para aumentar a tolerância de três cultivares de milho com bases genéticas contrastantes ao adensamento.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em campo, no sistema de semeadura direta, durante os anos agrícolas de 2005/2006 e 2006/2007, no município de Lages, localizado no Planalto Sul do Estado de Santa Catarina, cujas coordenadas geográficas são 27°52'30" de latitude sul e 50°18'30" de longitude oeste. O solo da área experimental é um Nitossolo Vermelho Distrófico típico (Santos, 2006), que apresentava as seguintes características químicas, por ocasião da implantação do experimento: 340 g

kg⁻¹ de argila; pH em água de 5,4; 3 mg L⁻¹ de P; 236 mg L⁻¹ de K; 33 g kg⁻¹ de matéria orgânica; 5,2 cmol_c dm⁻³ de Ca; 2,0 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,2 cmol_c dm⁻³ de Al e 9,0 cmol_c L⁻¹ de CTC.

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados, em parcelas subdivididas. Nas parcelas principais, foram avaliadas três cultivares de milho de ciclo precoce: SCS 154 Fortuna (variedade de polinização aberta - VPA), AG 303 (híbrido duplo - HD) e P 30F53 (híbrido simples - HS). Nas subparcelas, cada cultivar foi testada em cinco densidades de plantas, equivalentes a 25.000, 50.000, 75.000, 100.000 e 125.000 pl.ha⁻¹. Foram utilizadas quatro repetições por tratamento. Cada subparcela foi constituída por seis linhas de sete metros de comprimento, com espaçamento de 0,70m. Todas as avaliações foram efetuadas nas quatro linhas centrais, excetuando-se meio metro na extremidade de cada linha.

O experimento foi implantado na segunda quinzena de outubro de 2005 e 2006, com semeadoras manuais, reguladas para distribuir três sementes por cova. Quando as plantas estavam com três folhas expandidas (estádio V₃ da escala de Ritchie et al., 1993), efetuou-se o desbaste, deixando-se uma planta por cova, condicionando cada subparcela à sua densidade estipulada.

A adubação de base com nitrogênio, fósforo e potássio foi realizada no dia da semeadura, com base nos resultados obtidos pela análise de solo e nas recomendações da Sociedade

de Química e Fertilidade do Solo do RS e SC (2004), almejando-se produtividades em torno de 12.000 kg ha⁻¹. Aplicaram-se quantidades equivalentes a 205 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 110 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação nitrogenada consistiu de uma dose de 30 kg ha⁻¹ de N, aplicada na semeadura, e de duas doses de 100 kg ha⁻¹ de N, aplicadas em cobertura, quando as plantas se encontravam nos estádios V₄ e V₁₀ da escala de Ritchie et. al. (1993). O controle de plantas daninhas foi efetuado em pré-emergência, utilizando uma mistura de atrazine (925 g i.a. ha⁻¹) e metolachlor (725 g i.a. ha⁻¹).

O teor de umidade do solo foi monitorado instalando-se tensiômetros na profundidade de 20 cm. Irrigou-se o experimento sempre que o potencial hídrico do solo foi inferior a -0,04 Mpa. O monitoramento do potencial hídrico do solo foi feito a cada três dias.

A avaliação do efeito dos tratamentos sobre as variáveis ligadas às uniformidades de crescimento e desenvolvimento das plantas de milho foi feita tomando-se por base dez plantas das linhas dois e três de cada subparcela. Essas plantas foram escolhidas selecionando-se as que estavam no mesmo estágio fenológico (V₄) e que se apresentavam com o mesmo padrão de crescimento e desenvolvimento. As dez plantas selecionadas foram identificadas com uma etiqueta de plástico numerada, na base do colmo.

Nas plantas selecionadas, realizaram-se avaliações em oito diferentes épocas do ciclo da cultura, correspondentes aos estádios V₁₂, V₁₆, R₁ (espigamento) e aos 14, 28, 42, 56 e 70

dias após o espigamento. Foram selecionadas as seguintes características indicativas da uniformidade fenológica: data em que as plantas alcançaram os estádios V_{12} , V_{16} e R_1 . Como característica indicativa da uniformidade morfológica, avaliou-se a área foliar (AF) das dez plantas. Essa variável foi estimada medindo-se o comprimento (C) e a largura (L) das folhas verdes da planta, em cada um dos oito estádios fenológicos, e aplicando-se a expressão: $AF = C \times L \times 0,75$, conforme descrito por Zanin (2007).

No momento em que não havia mais presença de folhas verdes e os grãos estavam com umidade próxima a 20%, efetuou-se a colheita das espigas das dez plantas selecionadas. Estas foram despalhadas e debulhadas manualmente. Posteriormente, os grãos foram secados em estufa, até atingirem peso constante. Os pesos foram convertidos à umidade padrão de 13%, para a determinação da produção de grãos por planta.

Todas as avaliações foram tomadas individualmente nas dez plantas de cada subparcela, calculando-se, posteriormente, a média e o coeficiente de variação para cada variável analisada. O coeficiente de variação foi determinado dividindo-se o desvio-padrão da média pela própria média, multiplicando o valor calculado por 100, para expressá-lo em porcentagem.

As espigas das plantas das linhas quatro e cinco foram colhidas coletivamente, para determinação do rendimento de grãos, que foi

expresso em kg ha^{-1} , na umidade de 13%.

Os dados obtidos nos dois anos agrícolas foram avaliados conjuntamente pela análise de variância, utilizando-se o delineamento de parcelas subdivididas. Nessa análise, os anos agrícolas foram locados nas parcelas principais, as cultivares nas subparcelas e as densidades, nas subsubparcelas. A magnitude do efeito dos tratamentos frente ao erro experimental foi testada através do teste F. A comparação do efeito dos tratamentos sobre os coeficientes de variação foi feita pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$). O efeito da densidade de plantas sobre a produção de grãos por planta e o rendimento foi estimado pela análise de regressão.

Resultados e Discussão

Não houve efeito significativo do ano agrícola sobre as variáveis analisadas, tanto isoladamente quanto na interação com cultivares e densidades de plantas. Consequentemente, todos os dados serão apresentados considerando-se os valores médios das duas estações de crescimento.

O coeficiente de variação da área foliar entre plantas foi afetado pelo efeito simples de cultivar em todos os estádios fenológicos em que se efetuou sua avaliação. O híbrido simples P 30F53 apresentou os menores coeficientes de variação e a VPA SCS 154 Fortuna, a maior variabilidade para essa característica morfológica, na média das cinco densidades de

plantas, independentemente do estágio avaliado (Tabela 1). Para todas as cultivares, verificou-se que os valores de C.V. foram mais altos no final do período de enchimento de grãos, evidenciando que as diferenças entre plantas quanto à capacidade de manter folhas verdes se acentuaram ao final do ciclo da cultura.

O incremento na densidade de 25.000 para 125.000 pl.ha⁻¹ aumentou o coeficiente de variação da área foliar da cultura nos estádios V₁₆ e R₁, na média das três cultivares (Tabela 2). Em V₁₆, a variabilidade da área foliar entre plantas cresceu 74%, com o aumento na densidade de 25.000 para 125.000 pl.ha⁻¹, enquanto, que em R₁ esse acréscimo foi de 97,6%. Também aos 14, 28 e 42 dias após o espigamento, constatou-se que os maiores coeficientes de variação para área foliar foram registrados na densidade de 125.000 pl.ha⁻¹ e os menores, na de 25.000 pl.ha⁻¹. Esses dados confirmaram as observações feitas por Echarte *et al.* (2000) e Uribe Larrea *et al.* (2002), demonstrando que o incremento na competição intraespecífica decorrente do adensamento aumenta a variabilidade morfológica entre plantas, tanto na fase vegetativa quanto durante o enchimento de grãos.

O coeficiente de variação demonstrado pelas dez plantas de cada subparcela, para estádios fenológicos, foi afetado significativamente pelo efeito simples de cultivar nos estádios V₁₂, V₁₆ e R₁ (Tabela 3). O HS manteve menor coeficiente de variação nesses três estádios. Principalmente

no espigamento, a variabilidade fenológica entre plantas do HS foi 180 e 169% menor do que a demonstrada pela VPA e pelo HD, respectivamente.

O incremento na densidade de 25.000 para 125.000 pl.ha⁻¹ aumentou o coeficiente de variação para fenologia da planta, nos estádios V₁₆ e R₁ (Tabela 4). Em V₁₆, a variabilidade entre plantas cresceu 39% da menor para a maior densidade, enquanto que, no espigamento, o aumento foi de 74%. O aumento na variabilidade fenológica ocorrido com o adensamento pode favorecer a produção de menor número de espigas férteis por planta, devido ao maior intervalo de tempo entre a diferenciação das inflorescências masculina e feminina (Sangoi, 2001). Além disso, ele também pode dificultar os processos de polinização e fertilização das espiguetas femininas, devido ao pequeno período de liberação de grãos de pólen e sua curta viabilidade na cultura do milho (Silva *et al.*, 2006, Zanin, 2007).

O coeficiente de variação médio das três cultivares, para produção de grãos por planta, aumentou de 25,6% para 54,2%, com o incremento na densidade de 25.000 para 125.000 pl ha⁻¹. As maiores variabilidades morfológicas e fenológicas promovidas pelo adensamento (Tabelas 2 e 4) provavelmente contribuíram para o incremento na variabilidade da produção de grãos por indivíduo. O coeficiente de variação da produção de grãos por planta do HS foi de 27,8%, na média das cinco densidades testadas no ensaio. Esse valor foi significativamente

TABELA 1. Coeficiente de variação (%), relativo à % da área foliar de três cultivares de milho, em oito estádios fenológicos, na média de cinco densidades de plantas e dois anos agrícolas. Lages-SC.

Estádio fenológico	Cultivares		
	VPA ¹	HD	HS
V ₁₂ ²	22,9 A ⁴	17,9 B	14,4 C
V ₁₆	16,7 A	14,1 B	9,5 C
R ₁ ³	16,5 A	12,9 B	7,5 C
<u>Dias após R₁</u>			
14	16,9 A	13,0 B	8,3 C
28	17,1 A	13,1 B	8,7 C
42	20,8 A	19,2 B	10,9 C
56	75,5 B	94,8 A	35,2 C
70	179,0 A	151,5 B	113,9 C

¹VPA – variedade de polinização aberta (SCS 154 Fortuna), HD – híbrido duplo (AG 303) e HS – híbrido simples (P30F53);

²Conforme escala de desenvolvimento proposta por Ritchie et al. (1993);

³Espigamento.

⁴Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

TABELA 2. Coeficiente de variação (%), relativo à % da área foliar, em cinco estádios fenológicos do milho, em função do incremento na densidade de plantas, na média de três cultivares e dois anos agrícolas. Lages-SC.

Estádio fenológico	Densidades de plantas (pl ha ⁻¹)				
	25.000	50.000	75.000	100.000	125.000
V ₁₆ ¹	9,7 E ³	13,4 C	13,3 D	13,9 B	16,9 A
R ₁ ²	8,2 E	11,7 D	12,9 B	12,5 C	16,2 A
<u>Dias após R₁</u>					
14	8,7 E	12,3 C	12,2 D	13,6 B	16,7 A
28	9,4 E	12,5 C	12,4 D	13,2 B	17,3 A
42	12,8 E	17,3 C	18,5 B	16,2 D	20,0 A

¹Conforme escala de desenvolvimento proposta por Ritchie et al. (1993);

²Espigamento.

³Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

TABELA 3. Coeficiente de variação (%), relativo à % do desenvolvimento fenológico de três cultivares de milho, em três estádios, na média de cinco densidades de plantas e dois anos agrícolas. Lages, SC.

Estádio fenológico	Cultivares		
	VPA ¹	HD	HS
V ₁₂ ²	7,1 A ⁴	6,6 B	4,7 C
V ₁₆	7,1 A	6,8 B	4,5 C
R ₁ ³	7,3 A	7,0 B	2,6 C

¹VPA – variedade de polinização aberta (SCS 154 Fortuna), HD – híbrido duplo (AG 303) e HS – híbrido simples (P30F53);

²conforme escala de desenvolvimento proposta por Ritchie et al. (1993);

³Espigamento.

⁴Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

menor do que os coeficientes de variação de 39,2% e 44,7% demonstrados pelo HD e VPA, respectivamente.

A produção de grãos por planta foi afetada pela interação entre cultivar e densidade. Nas três cultivares, essa variável diminuiu linearmente com o incremento de 25.000 para 125.000 plantas ha⁻¹ (Figura 1). Esses dados confirmaram os relatos feitos por Tollenaar & Wu (1999), Liu et al. (2004b) e Sangoi et al. (2007), de

que as maiores proximidade e variabilidade entre indivíduos do dossel promovida pelo adensamento reduzem a produção de grãos por planta. O HS, por apresentar menor variabilidade entre plantas na produção de grãos, apresentou maior produção de grãos por planta do que o HD e a VPA, em quatro das cinco densidades testadas. Por outro lado, o HS também apresentou as maiores taxas de decréscimo na produção de grãos por planta com o incremento na população.

TABELA 4. Coeficiente de variação (%) do desenvolvimento fenológico em dois estádios, em função do incremento na densidade de plantas, na média de três cultivares e dois anos agrícolas. Lages-SC.

Estádio fenológico	Densidades de plantas (pl ha ⁻¹)				
	25.000	50.000	75.000	100.000	125.000
V ₁₆ ¹	5,1 E ³	6,2 B	6,1 C	6,0 D	7,1 A
R ₁ ²	4,6 E	5,2 C	4,8 D	5,5 B	8,0 A

¹Conforme escala de desenvolvimento proposta por Ritchie et al. (1993);

²espigamento.

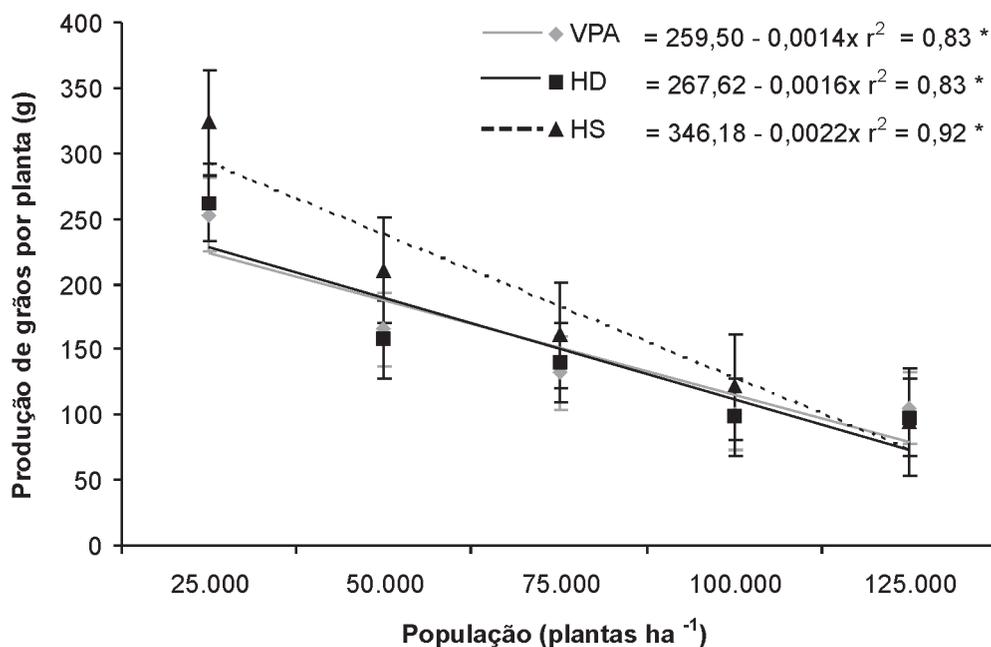
³ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Isto provavelmente se explica pela capacidade de essa cultivar emitir filhos férteis, quando cultivada em baixas densidades de plantas. Essa característica, já relatada previamente por Schmitt (2008) e Sangoi et al. (2009), elevou a produção de grãos por indivíduo do HS a valores que superaram 200g, nas duas densidades mais baixas.

Nas três cultivares, o rendimento de grãos respondeu quadraticamente ao incremento na densidade, variando de 6.738 kg ha⁻¹ para a VPA, na densidade de 25.000 plantas ha⁻¹, a 12.634 kg ha⁻¹ para o HS, na densidade de 75.000 plantas

ha⁻¹ (Figura 2). Esse rendimento de grãos do HS foi o maior valor registrado com o estande de 75.000 plantas ha⁻¹. Já para o HD e a VPA, os maiores rendimentos foram registrados na densidade de 50.000 plantas ha⁻¹, em que esses genótipos produziram 8.516 e 9.234 kg ha⁻¹, respectivamente. As densidades ótimas calculadas utilizando-se a primeira derivada das equações quadráticas ajustadas para cada cultivar foram de 86.665 pl ha⁻¹, 53.044 pl ha⁻¹ e 85.000 pl ha⁻¹, para o HS, HD e VPA, respectivamente.

Tanto os valores observados quanto os estimados demonstraram que a resposta do



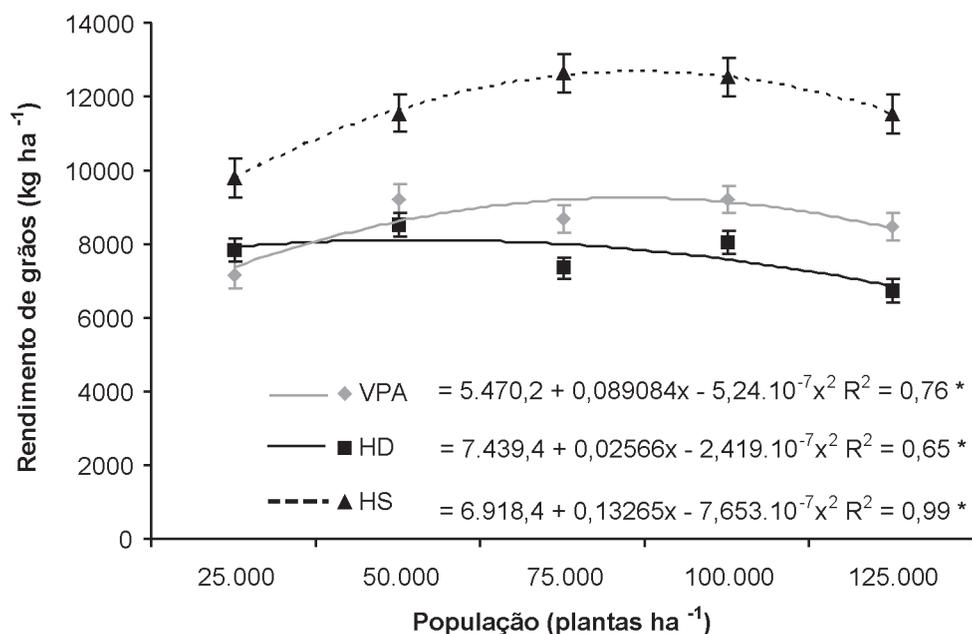
* Regressão significativa a 5% de probabilidade de erro (P<0,05).

FIGURA 1. Produção de grãos por planta de três cultivares de milho: VPA - Variedade de Polinização Aberta (SCS 154 Fortuna), HD - Híbrido Duplo (AG 303) e HS - Híbrido Simples (P30F53), em cinco densidades de plantas, na média de dois anos agrícolas. Lages, SC.

rendimento de grãos do HS ao incremento na densidade de plantas foi maior do que a das demais cultivares. Confrontando-se os valores obtidos em cada densidade, verificou-se que o rendimento do HS foi 30% mais alto do que os obtidos para o HD e a VPA, nas duas menores populações testadas no ensaio. Por outro lado, nas densidades de 75.000, 100.000 e 125.000 pl ha⁻¹, essas diferenças superaram 45%.

O HS apresentou menores coeficientes de variação do que o HD e a VPA, para área foliar e estágio fenológico, em diferentes épocas do ciclo da cultura (Tabelas 1 e

3). Isso possivelmente contribuiu para o maior rendimento de grãos obtido com essa cultivar, em todas as densidades de plantas e, principalmente, para as maiores diferenças de produtividade registradas entre o HS e as demais cultivares, nas densidades mais altas. Esses dados confirmaram as observações feitas por Tollenaar & Wu (2000), de que cultivares tolerantes a altas densidades apresentam menor variabilidade na produção de grãos por planta do que cultivares não tolerantes, mesmo em densidades consideradas adequadas. Em densidades supraótimas, essa característica



* Regressão significativa a 5% de probabilidade de erro (P<0,05).

FIGURA 2 – Rendimento de grãos de três cultivares de milho: VPA - Variedade de Polinização Aberta (SCS 154 Fortuna), HD - Híbrido Duplo (AG 303) e HS - Híbrido Simples (P30F53), em cinco densidades de plantas, na média de dois anos agrícolas. Lages, SC.

se acentua e está intimamente associada com a tolerância da cultura a estresses bióticos e abióticos (Tollenaar & Lee, 2002).

Conclusões

O incremento na população aumentou a variabilidade entre plantas, para características morfológicas e fenológicas, independentemente da base genética da cultivar.

A menor variabilidade entre plantas para características morfológicas e fenológicas contribuiu para aumentar a tolerância do híbrido simples P 30F53 ao incremento na população, possibilitando maior rendimento de grãos do que o registrado com as demais cultivares, principalmente nas densidades mais altas.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) a bolsa de produtividade em pesquisa ao primeiro e terceiro autores. À CAPES a concessão da bolsa de mestrado ao segundo autor. À UDESC as bolsas de Iniciação Científica ao quarto, quinto e sexto autores.

Literatura Citada

ECHARTE, L.; LUCHE, S.; ANDRADE, F. H.; SANDRAS, V. O.; CIRILO, A.; OTEGUI, M. E.; VEGA, C. R. M. Response of maize kernel

number to plant population in Argentinean hybrids released between 1965 and 1993. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 68, p. 1-8, 2000.

HAMMER, G. L.; ZHANSHAN, D.; McLEAN, G.; DOHERTY, A.; MESSINA, C.; SCHUSSLER, J.; ZINSELMEIER, C.; PASZKIEWICZ, S.; COOPER, M. Can changes in canopy and/or root system architecture explain historical maize yield trends in the U.S. Corn belt? **Crop Science**, Madison, v. 49, p. 11-24, 2009.

LIU, W.; TOLLENAAR, M.; STEWART, G.; DEEN, W. Within-row plant spacing variability does not affect corn yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, p. 275-280, 2004a.

LIU, W.; TOLLENAAR, M.; STEWART, G.; DEEN, W. Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 847-857, 2004b.

MADONNI, G. A.; OTEGUI, M. E. Intra-specific competition in maize: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 85, p. 1-13, 2004.

MEROTTO JR., A.; SANGOI, L.; GUIDOLIN, A.; ENDER, M. A desuniformidade de emergência reduz o rendimento de grãos do milho, principalmente em alta população de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 595-601, 1999

- PIANA, A. T. ; SILVA, P. R. F.; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; SERPA, M. S.; JANDREY, D. B . Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 2608-2612, 2008.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special Report, 48).
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, p. 159-168, 2001.
- SANGOI, L.; GRACIETTI, M. A. ; RAMPAZZO, C. ; BIANCHET, P. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 79, p. 39-51, 2002.
- SANGOI, L.; SCHMITT, A.; ZANIN, C. G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de planta. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, p. 263-271, 2007.
- SANGOI, L.; SCHMITT, A.; SALDANHA, A.; FIORENTIN, C. F.; PLETSCH, A. J.; VIEIRA, J.; GATTELLI, M. A. Rendimento de grãos de híbridos de milho em duas densidades de plantas com e sem a retirada dos perfilhos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 325-331, 2009.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SCHMITT, A. **Perfilhamento em milho, processo benéfico ou prejudicial ao desenvolvimento da planta e ao rendimento de grãos**. 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- SILVA, P. R. F. da ; SANGOI, L. ; ARGENTA, G. ; STRIEDER, M. L. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 64 p.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, 2004. 400 p.
- TOKATLIDIS, I. S; KOUTROUBAS, S. D. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 88, p. 103-114, 2004.
- TOLLENAAR, M.; WU, J. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1597-1604, 1999.

TOLLENAAR, M.; WU, J. In: SLAFFER, G. A.; OTEGUI M. E. (Ed). **Physiological bases for maize improvement**. New York: Haworth Press, 2000. p. 15-30.

TOLLENAAR, M.; LEE, E. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 75, p. 161-169. 2002.

URIBELARREA, M.; CÁRCOVA, J.; OTEGUI, M. E.; WESTGATE, M. E. Pollen production, pollination dynamics, and kernel set in maize. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 1910-1918, 2002.

VEGA, C. R. C.; ANDRADE, F. H.; SADRAS, V. O. Reproductive partitioning and seed set efficiency in soybean, sunflower and maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 72, p. 165-173, 2001.

ZANIN, C. G. **Área foliar, senescência e uniformidade de desenvolvimento na adaptação ao adensamento de plantas de cultivares de milho com bases genéticas contrastantes**. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.

