

PERFILHAMENTO E PROLIFICIDADE COMO CARACTERÍSTICAS ESTABILIZADORAS DO RENDIMENTO DE GRÃOS DO MILHO, EM DIFERENTES DENSIDADES

LUÍS SANGOI¹, CLEBER SCHWEITZER¹, AMAURI SCHMITT¹, GILMAR JOSÉ PICOLI JR.¹, VITOR PAULO VARGAS¹, JEFFERSON VIEIRA¹, EDUARDO SIEGA¹ e GIOVANI CARNIEL¹

¹Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Av. Luiz de Camões, 2090, CEP: 88520-000, Lages, SC, Brasil, E-mail: a2ls@cav.udesc.br; cleber.schweitzer@syngenta.com; amauri.schmitt@agronomo.eng.br; gilmarpicoli@yahoo.com.br; vitorpvargas@hotmail.com; jefferson.vieira05@hotmail.com; edusiega@hotmail.com; giovani.carniel@hotmail.com

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.9, n.3, p. 254-265, 2010

RESUMO - A identificação de características que incrementem o número de espigas produzidas por planta pode minimizar a redução do rendimento de grãos do milho ocasionada por baixas densidades. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar se o perfilhamento e a prolificidade são características eficientes para estabilizar a produtividade em diferentes populações de plantas. O ensaio foi conduzido em Lages, Santa Catarina, Brasil, no ano agrícola de 2007/08. Foram testadas quatro densidades de plantas (2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 pl m⁻²) e três híbridos de milho: (P30F53 - perfilhador, AG9020 - prolífico e AS1570 - baixo perfilhamento e limitada prolificidade). O índice de área foliar aumentou linearmente de 2,6 para 6,9 com a elevação da densidade. O rendimento de grãos variou de 10.750 a 13.740 kg ha⁻¹ e aumentou quadraticamente com o incremento da densidade. O P30F53 foi mais produtivo do que o AG9020 na densidade de 5 pl m⁻². Não houve diferenças de produtividade entre híbridos nas demais densidades. O maior perfilhamento do P30F53 e a maior prolificidade do AG9020 não propiciaram vantagens produtivas, em relação ao AS1570, quando se trabalhou na menor densidade. A distribuição regular da precipitação pluviométrica e as condições favoráveis de solo e manejo atenuaram as perdas no rendimento de grãos ocasionadas pelo uso de baixas densidades, reduzindo a importância do perfilhamento e da prolificidade como características estabilizadoras da produtividade em estandes subótimos.

Palavras-chave: área foliar, perfilhos, população de plantas, segunda espiga, *Zea mays*.

TILLERING AND PROLIFICACY AS STABILIZING TRAITS TO MAIZE GRAIN YIELD AT DIFFERENT DENSITIES

ABSTRACT - The identification of mechanisms that increase the number of ears produced per plant can minimize losses in maize grain yield caused by low plant populations. This study was carried out aiming to evaluate if tillering and prolificacy are effective traits to stabilize maize grain yield at different plant populations. The trial was set in Lages, Santa Catarina State, Brazil, during the growing season of 2007/08. Four plant densities (2.5; 5.0; 7.5 and 10.0 pl m⁻²) and three maize hybrids (P30F53 - tillering; AG9020 - prolific; AS1570, scarce tillering and low prolificacy) were tested. The leaf area index of hybrids at flowering increased linearly from 2.6 to 6.9 with the increase in plant population. Grain yield ranged from 10,750 to 13,740 kg ha⁻¹ and increased quadratically with the increment in plant population. P30F53 was more productive than AG9020 at the density of 5.0 pl m⁻². There was no difference on hybrids grain yield at the other plant populations. The higher tillering ability of P30F53 and prolificacy of AG9020 did not provide them yield advantages, in comparison to AS1570, when maize was grown at the lowest plant population. The regular distribution of pluvial precipitation and the favorable soil and management conditions attenuated yield losses caused by low plant populations, reducing the importance of tillering and prolificacy as productivity stabilizing traits at sub-optimal stands.

Key words: leaf area, tillering, plant population, second ear, *Zea mays*.

No processo de domesticação e melhoramento pelo homem, a partir do teosinto, a cultura do milho foi selecionada para produção de grãos numa única inflorescência no colmo principal (Doebley, 2004) e para tolerância ao estresse ocasionado pelo aumento da densidade de plantas (Sangoi et al., 2002a). Em função disso, os híbridos contemporâneos são mais produtivos do que os utilizados no

século passado e apresentam maior estabilidade de rendimento, quando submetidos a altas populações. Uma consequência do aumento da tolerância a altas populações dos híbridos modernos é a sua grande dependência da população ideal para maximizar o rendimento, a qual reduz a estabilidade de produção quando fatores adversos reduzem o estande da lavoura (Tokatlidis & Koutroubas, 2004).

A perda de plântulas é um problema frequente no campo. Quando o produtor semeia o número de sementes requeridas para obter a densidade de plantas desejada, uma porcentagem destas pode não emergir, devido ao baixo teor de umidade no solo, à compactação superficial do solo, a danos ocasionados por insetos, doenças, pássaros, roedores e resíduos de herbicidas (Pommel & Bonhomme, 2008). No Brasil, ainda é comum encontrar agricultores que utilizam populações abaixo de 5 pl m⁻² como forma de reduzir os riscos por adversidades climáticas, principalmente por deficiência hídrica. Lavouras com densidade abaixo da ideal também são frequentes quando implantadas sob condições adversas de fertilidade do solo, baixa capacidade de investimento em adubação e semeaduras realizadas com velocidade excessiva do trator (Schweitzer, 2010).

O uso de populações subótimas aumenta o tempo para o fechamento dos espaços pela cultura e reduz a interceptação da radiação solar incidente, devido à baixa plasticidade morfológica e fenológica da planta de milho (Silva *et al.*, 2006). Isso promove alta produção de grãos por planta, porém baixa produção por área (Sangoi *et al.*, 2010).

O perfilhamento tem sido considerado uma característica negativa ao milho, pois os perfilhos normalmente não produzem espigas e, quando o fazem, estas são pequenas e imperfeitas (Schmitt, 2008). Contudo, recentemente foram disponibilizados alguns híbridos com alto potencial produtivo e elevada capacidade de produção de perfilhos férteis em baixas densidades.

Entre esses se destaca o P30F53, híbrido mais cultivado no Brasil nas safras 2008/2009 e 2009/2010, para o qual Sangoi *et al.* (2009) constataram que os perfilhos contribuem direta e indiretamente para o rendimento de grãos, quando cultivado com densidades abaixo de 5 pl m⁻².

A prolificidade não tem sido uma característica priorizada pelos programas de melhoramento de milho (Elias *et al.*, 2010). No entanto, as plantas prolíficas são geralmente mais tolerantes a condições adversas, devido a sua capacidade inerente de desenvolver ao menos uma espiga sob estresse e mais de uma quando as condições ambientais são propícias, podendo incrementar o rendimento quando a densidade está abaixo da ideal. Assim, os híbridos prolíficos apresentam ampla faixa de densidade para maximizar o rendimento de grãos, enquanto os não prolíficos apresentam uma estreita faixa de densidade ótima (Tokatlidis & Koutroubas, 2004). Os híbridos prolíficos respondem positivamente a altas populações de plantas ou a estresses ambientais, devido à grande resistência à esterilidade (Svecnjak *et al.*, 2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar se o perfilhamento e a prolificidade são características eficientes para estabilizar o rendimento de grãos de milho em diferentes populações de plantas.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em Lages, Santa Catarina, Brasil, durante o ano agrícola

de 2007/2008. As coordenadas geográficas do local são 27°50'35" de latitude sul, 50°29'45" de longitude oeste e altitude de 849 metros. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, citado por Kottek et al. (2006), é do tipo Cfb.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico típico (Sistema..., 2006). A análise de solo, realizada em agosto de 2007, apresentava as seguintes características: 460 g kg⁻¹ de argila; pH em água 6,7; 3,3 mg L⁻¹ de P; 0,43 cmol_c dm⁻³ de K; 39 g kg⁻¹ de matéria orgânica; 11 cmol_c dm⁻³ de Ca; 6,5 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,0 cmol_c dm⁻³ de Al e 20,78 cmol_c dm⁻³ de CTC. A área experimental estava em rotação com soja (*Glycine max* L.) e sucessão com aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas com quatro repetições. Na parcela principal, foram testadas quatro densidades de plantas: 2,5; 5; 7,5 e 10 pl m⁻². Nas subparcelas, foram testados três híbridos que apresentam características de compensação de espaços distintas: P30F53, que apresenta característica de perfilhamento; AG9020, que apresenta prolificidade (capacidade de emitir a segunda espiga); e AS1570, que perfilha pouco e possui baixa prolificidade.

O experimento foi implantado no dia 24 de outubro de 2007, no sistema de semeadura direta. Utilizaram-se semeadoras manuais que depositaram três sementes por cova.

Quando as plantas estavam com três folhas expandidas, efetuou-se o desbaste, para atingir a densidade almejada.

As sementes foram previamente tratadas com o inseticida tiodicarbe (6 g de i. a. kg⁻¹ de sementes). No dia da semeadura, efetuou-se o controle preventivo das plantas invasoras pela aplicação de herbicida em pré-emergência, com uma mistura de produto atrazina e s-metolaclor (1.480 + 1.160 g de i. a. ha⁻¹).

A adubação foi determinada seguindo recomendações da Sociedade... (2004), objetivando produtividades de 12.000 kg ha⁻¹. A adubação de manutenção com fósforo, potássio e nitrogênio foi realizada no dia da semeadura, nas doses de 30 kg ha⁻¹ de N, 205 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 110 kg ha⁻¹ de K₂O. A aplicação de N em cobertura foi dividida em duas aplicações, sendo metade (100 kg ha⁻¹) em V4 e metade (100 kg ha⁻¹) em V8, de acordo com a escala proposta por Ritchie et al. (1993).

As subparcelas foram constituídas de cinco linhas com seis metros de comprimento, com espaçamento de 0,70 m entre linhas. As três linhas centrais de cada subparcela, excetuando 0,5 m na extremidade de cada linha, foram utilizadas como área útil para avaliação do índice de área foliar, porcentagem de plantas acamadas/quebradas e rendimento de grãos.

A área foliar foi avaliada seguindo metodologia empregada por Zanin (2007), em três estádios fenológicos da escala proposta por Ritchie et al. (1993): VT - pendoamento, R3 - grão leitoso e R6 - maturação fisiológica. Foram

medidas apenas as folhas que apresentavam mais de 50% de área verde. Para se estimar o índice de área foliar (IAF), foi dividida a área foliar das plantas pelo espaço de solo por elas ocupado, em cada densidade.

A porcentagem de plantas acamadas foi determinada no dia da colheita, pela contagem do número de plantas que apresentavam um ângulo entre os entrenós inferiores do colmo e o solo menor do que 45°, dividido pelo número de plantas totais da área útil. Já a porcentagem de plantas quebradas foi determinada pela contagem do número de plantas que apresentavam o colmo quebrado abaixo da espiga.

A colheita das espigas foi realizada manualmente, no dia 25 de abril de 2008, quando a umidade dos grãos era de 18 a 22%. As espigas principais, segunda espiga e espigas de perfilhos foram colhidas separadamente, para determinar a contribuição de cada mecanismo ao rendimento de grãos. As espigas foram trilhadas e os grãos secados em estufa a 60° C, até atingirem massa constante. Após a secagem, os grãos foram limpos em máquina de ar e peneira, para padronização da sua qualidade. Os rendimentos de grãos da espiga principal, da segunda espiga, dos perfilhos e total foram convertidos para um ha e expressos na umidade padrão de 130 g kg⁻¹.

O balanço hídrico da cultura foi realizado segundo metodologia de Thorntwaite & Mather, descrita por Bergamaschi *et al.* (2003), com adaptação do cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) pela evaporação do tanque

classe A, multiplicando-se pelo coeficiente do tanque (Kp), que foi obtido experimentalmente na estação meteorológica da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Os dados de registros meteorológicos foram obtidos na estação meteorológica da UDESC, situada a 10 km de distância da área experimental.

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância, utilizando o programa estatístico WinStat (Machado & Conceição, 2002). Utilizou-se o teste Tukey para comparação entre híbridos e análise de regressão para o efeito de densidade.

Resultados e Discussão

A safra de 2007/08 se caracterizou pela adequada distribuição da precipitação (Figura 1). A precipitação acumulada da semeadura até a colheita foi de 526 mm, enquanto a demanda de água pela cultura foi de 450 mm.

Nos três estádios fenológicos em que foi avaliado, o IAF foi influenciado pelos efeitos simples de densidade e de híbridos. O híbrido AS1570 foi o que apresentou maiores índices de área foliar e o AG9020 os menores, na média das quatro densidades (Tabela 1). Os menores índices de área foliar apresentados pelo AG9020 possivelmente se devem a sua menor exigência em unidades de calor para atingir o florescimento, em relação aos dois outros híbridos. Quanto mais precoce o híbrido, menor é o número de folhas produzidas e menor é sua área foliar (Sangoi *et al.*, 2001). Por outro lado,

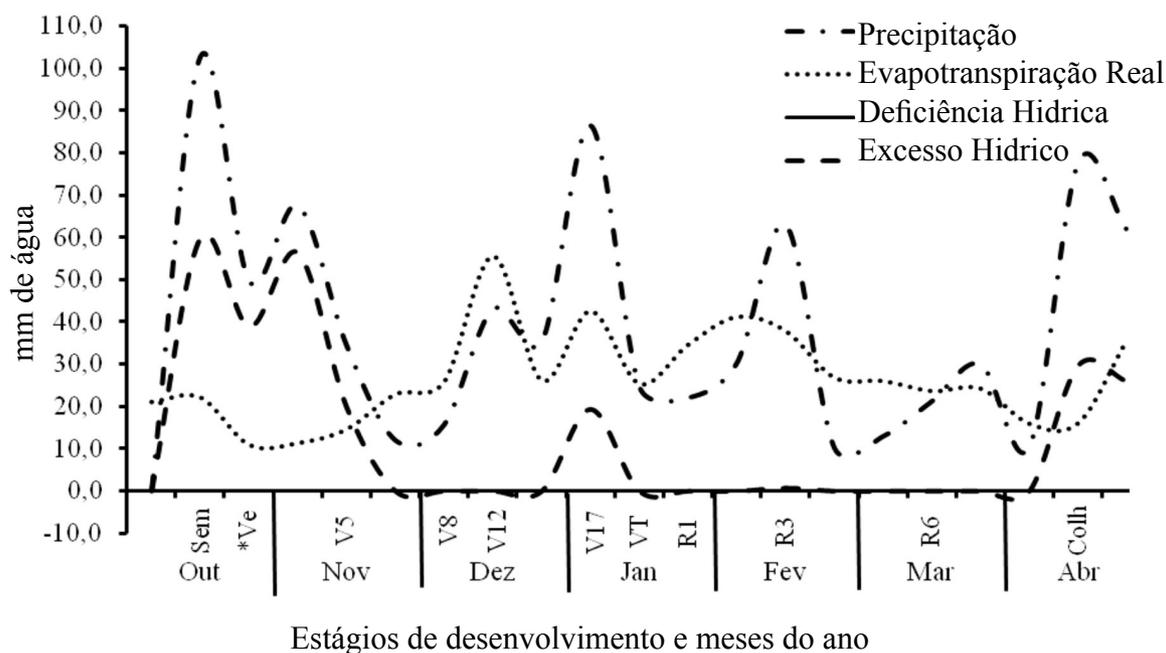


FIGURA 1. Balanço hídrico decendial do ano agrícola 2007/08, segundo metodologia proposta por Thornthwaite & Mather e descrita por Bergamaschi et al (2003), considerando a capacidade de armazenamento de água no solo de 75 mm. Lages, SC, Brasil.

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

TABELA 1. Índice de área foliar de três híbridos de milho, na média de quatro densidades, em três estádios da escala de Ritchie et al. (1993). Lages, SC, Brasil, 2007/08¹.

Híbridos	Pendoamento (VT)	Grão leitoso (R3)	Maturação fisiológica (R6)
AS1570	6,35 A	5,79 A	4,34 A
P30F53	4,94 B	4,54 B	3,16 B
AG9020	4,61 C	3,96 C	2,52 C

¹Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de significância.

a característica de perfilhamento do P30F53 não aumentou o seu IAF, em relação ao híbrido AS1570, na média das quatro densidades.

O índice de área foliar em VT, R3 e R6 aumentou linearmente com a elevação da densidade de plantas, na média dos três híbridos (Figura 2). Esse comportamento é comum na cultura do milho, pelo fato de sua área foliar ser

pouco afetada por variações na densidade, em função da baixa plasticidade vegetativa da espécie (Zanin, 2007). Com isso, o incremento no número de indivíduos por unidade de área aumenta o IAF. Para cada densidade, os valores de IAF foram numericamente menores em R3 e R6 do que em VT, devido à senescência gradual das folhas que ocorre durante o enchimento de grãos. As diferenças

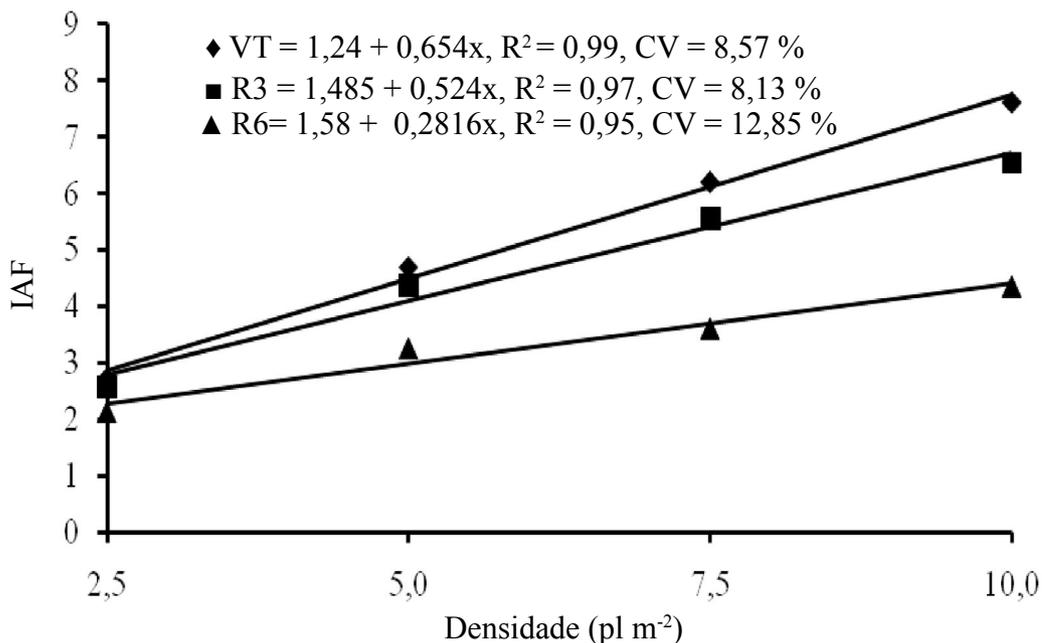


FIGURA 2. Índice de área foliar (IAF) em três estádios da escala proposta por Ritchie et al. (1993), em função da densidade de plantas, na média de três híbridos. Lages, SC, Brasil, 2007/08.

entre estádios foram maiores nas densidades mais altas, onde a competição intraespecífica por água, luz e nutrientes é mais intensa, o que acelera a senescência (Sangoi et al., 2007).

A porcentagem de plantas acamadas não foi afetada significativamente pelos tratamentos. Já a porcentagem de plantas quebradas foi influenciada pela interação entre híbridos e densidades. A elevação na densidade de plantas incrementou a porcentagem de plantas quebradas dos três híbridos. Para o P30F53, esse incremento foi menor, embora linear (Figura 3). A porcentagem de colmos quebrados desse híbrido foi inferior a 5%, mesmo na densidade de 10 pl m⁻². Já os híbridos AG9020 e AS1570 apresentaram incremento quadrático na porcentagem de plantas quebradas com a elevação da densidade de plantas. Esses dois

híbridos demonstraram intolerância ao estresse promovido pelo adensamento, apresentando, na colheita, mais de 35% de plantas com colmos quebrados quando se utilizou a densidade de 10 pl m⁻². Não houve diferença entre híbridos quanto à porcentagem de colmos quebrados nas densidades de 2,5 e 5 pl m⁻². Nas duas densidades mais altas, essa variável foi significativamente menor para o híbrido P30F53. O aumento na densidade de plantas favorece a quebra de colmos por reduzir o seu diâmetro, aumentar a estatura de plantas e a altura de inserção da espiga. Esse efeito varia entre híbridos, conforme relatado por Sangoi et. al. (2002b) e Zanin (2007).

Os rendimentos de grãos foram elevados em todos os tratamentos, oscilando entre 10.750 e 13.740 kg ha⁻¹. Eles foram afetados pela interação

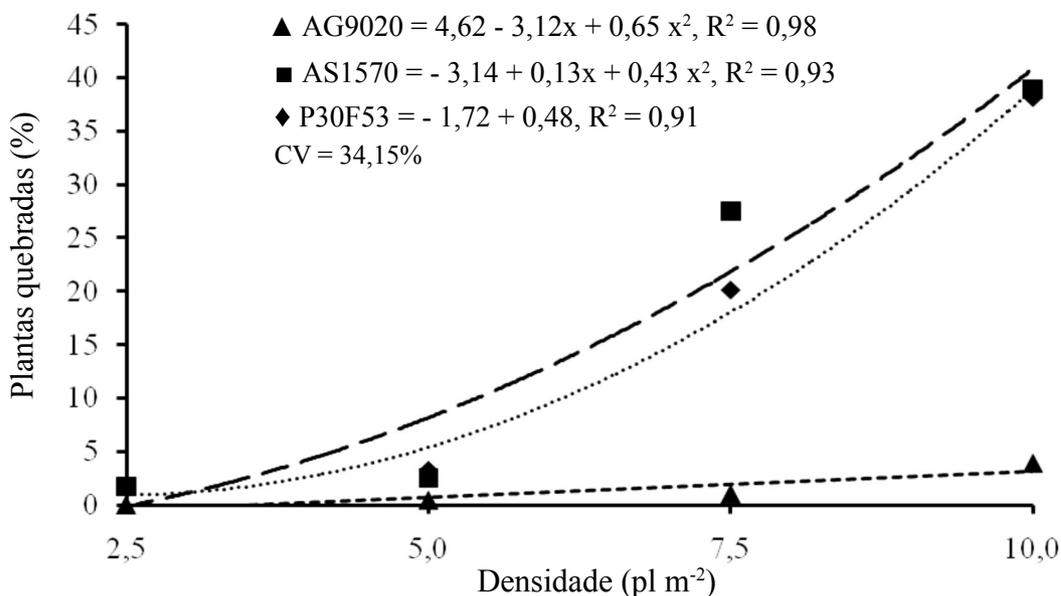


FIGURA 3. Porcentagem de plantas quebradas em função de densidade de plantas, em três híbridos de milho. Lages, SC, Brasil, 2007/08.

entre híbridos e densidades. O rendimento de grãos dos três híbridos aumentou de forma quadrática com a elevação da densidade de plantas (Figura 4). As densidades ótimas para maximizar o rendimento de grãos foram de 6,7 pl m⁻² para o híbrido AS1570, de 7,1 pl m⁻² para o híbrido AG9020 e de 6,9 pl m⁻² para o P30F53. O híbrido AS1570 foi mais responsivo ao aumento da população de plantas da menor densidade utilizada no trabalho até a densidade ótima. Contudo, quando a densidade ultrapassou a ideal, foi o híbrido cujo rendimento sofreu maiores reduções. Deve-se destacar que, neste estudo, todas as espigas foram colhidas manualmente e os valores de rendimento de grãos expressam o total de plantas eretas e quebradas. Em lavouras comerciais, muitas espigas de colmos quebrados não seriam colhidas, o que

diminuiria o rendimento de grãos dos híbridos AS1570 e AG9020 nas densidades mais altas. Portanto, as densidades ótimas obtidas a partir da primeira derivada da equação de rendimento desses híbridos superestimam a densidade ideal para os mesmos em condições de lavoura.

O rendimento de grãos total só diferiu significativamente entre híbridos na densidade de 5 pl m⁻², na qual o híbrido P30F53 foi mais produtivo do que o híbrido AG9020 (Tabela 2). A principal hipótese que motivou a realização deste trabalho foi que o perfilhamento e a prolificidade são características desejáveis para evitar reduções drásticas no rendimento de grãos quando a densidade de plantas na lavoura é baixa. Analisando-se a contribuição dos grãos produzidos nos perfilhos e na segunda espiga

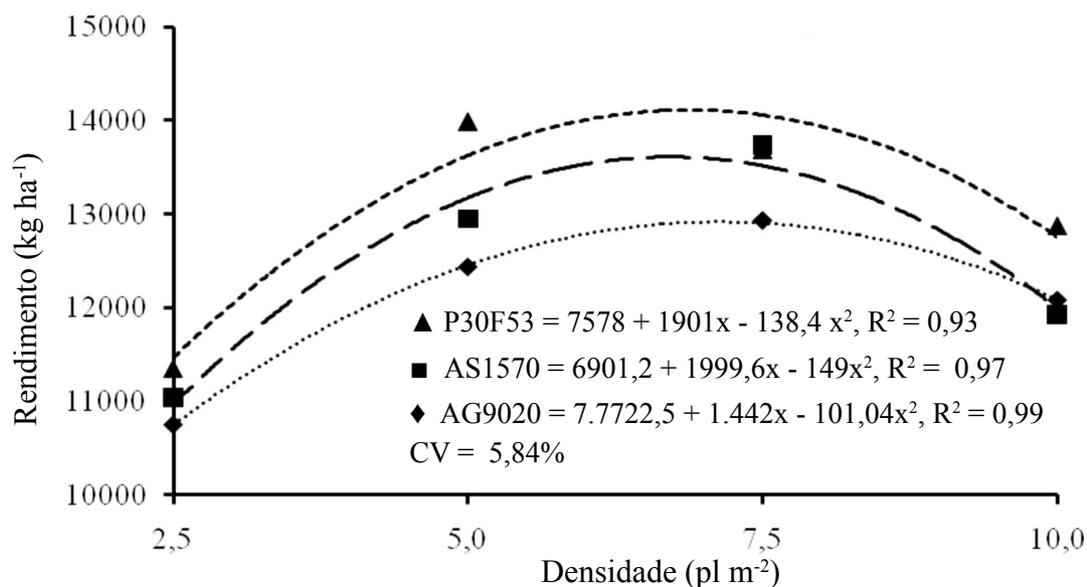


FIGURA 4. Rendimento de grãos de três híbridos de milho, em quatro densidades de plantas. Lages, SC, Brasil, 2007/08.

na densidade de 2,5 pl m⁻², pode-se observar que os três híbridos apresentaram características distintas. No AG9020, houve contribuição substancial ao rendimento final tanto dos grãos produzidos quanto nos perfilhos (28,2%) quanto na segunda espiga (27,6%). No P30F53, os grãos colhidos nos perfilhos contribuíram com 43,8% do rendimento total, enquanto que, no AS1570, 71% da produtividade total foi obtida nos grãos colhidos na espiga principal.

Contudo, apesar da menor prolificidade do AS1570 em relação ao AG 9020 e de sua menor capacidade de perfilhamento em relação ao P30F53, não houve diferenças significativas no rendimento total dos três híbridos, na densidade de 2,5 pl m⁻², contrariando a hipótese de que o perfilhamento e a prolificidade são características

que minimizam as perdas de produtividade sob baixas densidades de plantas. A principal estratégia do híbrido AS1570 na menor densidade foi de aumentar o número de grãos da espiga principal (dados não apresentados) e emitir a segunda espiga.

Segundo Lauer *et al.* (2004), o milho necessita alcançar, no florescimento, valores de IAF compreendidos entre quatro e cinco para otimizar o rendimento de grãos. Um dos maiores problemas da utilização de baixas populações em milho é a redução na interceptação da radiação solar (Piana *et al.*, 2009). Isso ocorre porque a cultura normalmente não perfilha, não incrementa o número e nem o tamanho das folhas (Andrade & Sadras, 2003). Com isso, estandes subótimos diminuem o IAF da cultura, o que reduz a

TABELA 2. Efeito da densidade de plantas sobre o rendimento total de grãos, dos perfilhos e da segunda espiga, para três híbridos de milho. Lages, SC, Brasil, 2007/08¹.

Híbrido	Densidade (pl m ⁻²)			
	2,5	5,0	7,5	10,0
	Rendimento total (kg ha ⁻¹) (CV = 5,84%)			
AG9020	10.755 ^{ns}	12.433 B	12.928 ^{ns}	12.081 ^{ns}
AS1570	11.043	12.952 AB	13.739	11.923
P30F53	11.346	13.993 A	13.691	12.879
	Rendimento da segunda espiga (kg ha ⁻¹) (CV = 27,28%)			
AG9020	2.964 A	3.739 A	2.102 a	863 a
AS1570	2.362 B	351 B	158 b	10 b
P30F53	2 C	0 C	8 c	0 c
	Rendimento dos perfilhos (kg ha ⁻¹) (CV = 35,75%)			
AG9020	3.040 B	584 B	239 ^{ns}	573 ^{ns}
AS1570	817 C	265 B	248	411
P30F53	4.941 A	2.712 A	540	534

^{ns}Diferenças entre médias não significativas (P < 0,05)

¹Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

interceptação da radiação e limita o rendimento de grãos. No presente estudo, o IAF médio dos três híbridos, na menor densidade foi de 2,6 (Figura 2). Contudo, mesmo com um índice de área foliar abaixo do ideal para interceptar a radiação solar, as produtividades dos três híbridos superaram 10.700 kg ha⁻¹ na densidade, de 2,5 pl m⁻². As condições favoráveis de fertilidade da área experimental e a adequada distribuição da precipitação pluviométrica (Figura 1) contribuíram para elevar a produtividade do milho em todos os tratamentos. É provável que essas condições edafoclimáticas estimularam a atividade fotossintética da cultura durante o enchimento de grãos, compensando os baixos valores de IAF na menor densidade. Isso restringiu a resposta do rendimento de grãos dos híbridos testados à elevação na densidade, minimizando a influência do perfilhamento e da prolificidade como características estabilizadoras da produtividade em estandes pouco adensados.

Conclusões

Condições favoráveis de fertilidade de solo e adequada distribuição pluviométrica permitem a obtenção de altas produtividades de milho, mesmo com a utilização de baixas densidades e valores limitados de IAF.

O perfilhamento e a prolificidade não são características relevantes para atenuar as perdas no rendimento de grãos do milho ocasionadas pela utilização de estandes subótimos sob condições edafoclimáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

Agradecimentos

Ao CNPq a concessão da bolsa de produtividade em pesquisa ao primeiro autor. À CAPES a bolsa de mestrado ao segundo, terceiro, quarto e quinto autores. À UDESC as

bolsas de iniciação científica ao sexto, sétimo e oitavo autores.

Literatura Citada

- ANDRADE, F. H.; SADRAS, V. O. **Bases para el manejo del maíz, el girassol e la soja**. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2003. 443 p.
- BERGAMASCHI, H.; BERLATO, A. M.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D. C.; CUNHA, G. R.; SANTOS, M. L. V.; FARIAS, J. R. B.; BARNI, N. A. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 125 p.
- DOEBLEY, J. The genetics of maize evolution. **Annual Review of Genetics**, Palo Alto, v. 38, p. 37-59, 2004.
- ELIAS, H. T.; VOGT, G. A.; VIEIRA, L. C.; PINHO, R. G. V.; NASPOLINI, V.; COVER, C. Melhoramento genético do milho. In: FILHO, J. A. W.; ELIAS, H. T. (Org.). **A cultura do milho em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2010. cap. 9, p. 414-480.
- KOTTEK, M.; J. GRIESER, C. BECK; B. RUDOLF; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 15, p. 259-263. 2006.
- LAUER, J. G.; ROTH, G. W.; BERTRAM, M. G. Impact of defoliation on corn forage yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, p. 1459-1463, 2004.
- MACHADO, A.; CONCEIÇÃO, A. R. **Programa estatístico WinStat Sistema de Análise Estatístico para Windows**. Versão 2. 0. Pelotas: UFPel, 2002.
- PIANA, A. T.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Rendimento de grãos de milho em função da densidade de plantas e arquitetura foliar em semeadura precoce no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 2608-2612, 2008.
- POMMEL, B.; BONHOMME, R. Variations in the vegetative and reproductive systems in individual plants of an heterogeneous maize crop. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, p. 39-49, 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.; ALMEIDA, M. L.; LECH, V. A.; GRACIETTI, L. C.; RAMPAZZO, C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, p. 271-276, 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, 2002a.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; GRACIETTI, M. A.; BIANCHET, P. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 1, p. 60-66, 2002b.
- 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.; 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.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos do milho**. Lages: Graphel, 2010. 67 p.

SCHMITT, A. **Perfilhamento em milho: processo benéfico ou prejudicial ao desenvolvimento da planta e ao rendimento de grãos?** 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis.

SCHWEITZER, C. **Perfilhamento e prolificidade como características estabilizadoras do rendimento de grãos do milho em função do arranjo de plantas**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis.

SILVA, P. R. F.; 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.

SISTEMA Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

SVECNJAK, Z.; VARGA, B.; BUTORAC, J. Yield components of apical and subapical ear contributing to the grain yield response of prolific maize at high and low plant populations. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Madison, v. 192, p. 37-42, 2006.

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.

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.