

ÁREA FOLIAR E RENDIMENTO DE GRÃOS DE HÍBRIDOS DE MILHO EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS

LUÍS SANGOI¹, AMAURI SCHMITT² e CLAITSON GUSTAVO ZANIN²

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

²Alunos do Curso de Mestrado em Produção Vegetal da UDESC. a8as@cav.udesc.br, a6cgz@cav.udesc.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.6, n.3, p. 263-271, 2007

RESUMO - A senescência foliar lenta na fase reprodutiva é uma característica fisiológica positiva à tolerância de híbridos de milho ao adensamento. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar o efeito do aumento na população de plantas sobre a área foliar e o rendimento de grãos de híbridos de milho. O trabalho foi conduzido no município de Lages, Santa Catarina, utilizando o delineamento experimental de blocos ao acaso, dispostos em parcelas subdivididas. Na parcela principal, foram avaliados os híbridos Ag 303 e Speed. Nas subparcelas, foram avaliadas cinco populações de planta: 25.000, 50.000, 75.000, 100.000 e 125.000 pl ha⁻¹. Efetuaram-se cinco avaliações de área foliar, realizadas no espigamento e aos 14, 28, 42 e 56 dias após a primeira avaliação. O rendimento de grãos do híbrido Speed foi maior e mais responsivo ao aumento na população de plantas do que o do Ag 303. O incremento na população reduziu a área foliar dos dois híbridos, em todas as épocas de amostragem. A área foliar do Speed foi maior do que a do Ag 303 durante o período de enchimento de grãos. O híbrido mais tolerante ao adensamento preservou maior área foliar verde após o espigamento.

Palavras-chave: *Zea mays*, senescência, densidade de plantas.

LEAF AREA AND GRAIN YIELD OF MAIZE HYBRIDS AT DIFFERENT PLANT POPULATIONS

ABSTRACT - The slower leaf senescence during the reproductive growth period may be a positive physiological trait to enhance maize tolerance to crowding. This experiment was carried out aiming to evaluate the effect of plant population increase on leaf area and grain yield of maize hybrids. The trial was set in Lages, SC, in a randomized split-plot block design. Two hybrids were evaluated in the main plots: Ag 303 and Speed. Each hybrid was evaluated at five plant populations in the split-plots: 25,000, 50,000, 75,000, 100,000 and 125,000 pl ha⁻¹. Five leaf area evaluations were performed at the silking stage and 14, 28, 42 and 56 days afterwards. Grain yield of Speed was higher and more responsive to the increase in plant population than the productivity of Ag 303. The increment in plant population reduced leaf area of both hybrids. The Speed's leaf area was always higher than Ag 303's leaf area during the whole kernel filling period. Speed was more tolerant to crowding and preserved higher leaf area than Ag 303 after silking.

Key words: *Zea mays*, cultivar, senescence, plant density

A população de plantas é uma das práticas culturais que mais interferem na produtividade da cultura do milho, pois pequenas modificações na densidade podem alterar significativamente o rendimento de grãos (Silva et al., 2006). Isto ocorre porque, diferentemente de outras poáceas, o milho não possui um mecanismo eficiente de compensação de espaços, pois seu perfilhamento é escasso e pouco efetivo, sua capacidade de expansão foliar é limitada, bem como a sua prolificidade (Andrade et al., 1999).

O aumento na densidade de plantas é uma forma de maximizar a interceptação da radiação solar e o rendimento de grãos. Contudo, ele também pode reduzir a atividade fotossintética da cultura e a eficiência de conversão dos fotoassimilados em produção de grãos, favorecendo a esterilidade feminina, aumentando o intervalo entre o florescimento masculino e feminino e reduzindo o número de grãos produzidos por espiga e por área (Otegui & Andrade, 2000).

Aumentos na tolerância de diversos híbridos contemporâneos ao adensamento em relação aos genótipos utilizados no passado, foram relatados por Duvick & Cassman (1999), Tollenaar & Wu (1999), Tollenaar & Lee (2002) e Tokatlidis & Koutroubas (2004), em diferentes regiões produtoras de milho. Grande parte desse avanço foi obtida utilizando-se como critério de seleção o rendimento de grãos das futuras cultivares em populações superiores às normalmente recomendadas na lavoura (Bolaños & Edmeades, 1996; Silva et al., 2006). Contudo, pouco se sabe sobre a contribuição de características morfológicas, fisiológicas e alométricas para a maior tolerância de genótipos de milho a elevadas densidades de plantas.

Um caráter fisiológico comumente observado em muitos híbridos contemporâneos é o chamado “stay green”, caracterizado pela capacidade da

planta de manter suas folhas verdes até próximo à maturação fisiológica dos grãos. A senescência é um processo degenerativo que ocorre ao final do desenvolvimento de qualquer órgão vegetal, incluindo folhas, caules, flores e frutos (Dangl et al., 2000). A senescência das folhas do milho inicia-se antes de a cultura atingir a sua máxima área foliar, próximo ao florescimento, progredindo a taxas crescentes durante a fase reprodutiva da cultura (Sadras et al., 2000; Lafarge & Hammer, 2002).

Diversos trabalhos associaram a senescência foliar mais lenta na fase reprodutiva e a maior tolerância a altas densidades de plantas com os incrementos no rendimento de grãos dos híbridos de milho ocorridos na América do Norte, durante a segunda metade do século passado (Duvick & Cassmann, 1999; Tollenaar & Lee, 2002; Valentinuz & Tollenaar, 2004).

A maior eficiência dos híbridos de milho tolerantes ao adensamento em converter a fitomassa acumulada na floração em produção de grãos pode estar relacionada com a senescência foliar mais lenta na fase reprodutiva. Contudo, os relatos de estudos, no Brasil, analisando a relação existente entre a evolução da área foliar após a floração, o rendimento de grãos e a tolerância ao aumento na densidade de plantas em híbridos de milho são escassos.

O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito do incremento na população de plantas sobre a área foliar durante o enchimento de grãos e a produtividade de dois híbridos de milho.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo, durante o ano agrícola de 2003/2004, 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 expe-

rimental é um Nitossolo Vermelho Distrófico típico (Sistema, 1999), que se apresentava com as seguintes características químicas, por ocasião da implantação do experimento: pH em H₂O = 6,5; pH SMP = 6,2; P = 5,8 mg kg⁻¹; K = 177 mg kg⁻¹; M.O. = 40 g kg⁻¹; Al = 0,0 me dL⁻¹; Ca + Mg = 9,4 me dL⁻¹.

O experimento foi instalado em delineamento de blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas. Na parcela principal, foram avaliados dois híbridos de milho: Ag 303, híbrido duplo, de ciclo precoce, com soma térmica para florescer de 870 U.C., grãos semidentados, amarelos, liberado comercialmente para cultivo em meados da década de 80 (híbrido antigo, pouco adaptado a altas densidades), e Speed, híbrido simples, de ciclo precoce, com soma térmica para florescer equivalente a 860 U.C., grãos semiduros, alaranjados, liberado comercialmente para cultivo na safra 2002/3, (híbrido contemporâneo, adaptado a altas densidades). Cada híbrido foi avaliado nas subparcelas, em cinco populações de planta, equivalentes a 25.000, 50.000, 75.000, 100.000 e 125.000 plantas ha⁻¹. Foram utilizadas quatro repetições por tratamento. Cada subparcela foi constituída por cinco linhas de seis metros de comprimento, espaçadas entre si 0,75m. Todas as avaliações foram efetuadas nas três linhas centrais, excetuando-se meio metro na extremidade de cada linha, perfazendo uma área útil de 11,25 m².

O ensaio foi semeado em 20/10/2003, no sistema de plantio direto, em sucessão ao consórcio de aveia preta e ervilhaca, que foi dessecado em 30/09/2003, mediante a aplicação do herbicida glyphosate, na dose de 720g de i.a. ha⁻¹. Aplicaram-se, na semeadura, 30 kg de N, 70 kg de P₂O₅ e 100 kg de K₂O por hectare, de acordo com os resultados da análise de solo e as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo-RS/SC (1995). O controle de plantas daninhas foi efetuado em pré-

emergência, utilizando uma mistura de atrasine (925 g i.a. ha⁻¹) e metolaclo (725 g i.a. ha⁻¹).

A cobertura nitrogenada foi feita em três etapas, aplicando-se em cada uma delas 50 kg de N, na forma de uréia, quando as plantas se encontravam com três, sete e 11 folhas totalmente expandidas, estádios V3, V7 e V11, de acordo com a escala proposta por Ritchie et al (1993). Quando as plantas se encontravam com quatro e oito folhas expandidas, efetuaram-se duas aplicações do inseticida lufenuron (15 g i.a. ha⁻¹), para o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

A medição de área foliar foi efetuada quando mais de 75% das plantas atingiram o estádio R1 da escala de Ritchie et al. (1993), caracterizada pela presença de estigmas visíveis, utilizando-se cinco plantas por subparcela. Para tanto, foram medidos o comprimento (C) e a largura (L) de todas as folhas que apresentavam pelo menos 50% de sua área verde. A área foliar de cada folha (A) foi obtida através da expressão: $A = C \times L \times 0.75$, descrita e utilizada por Tollenaar (1992). A área foliar por indivíduo foi calculada somando-se as áreas de todas as folhas da planta. Efetuaram-se outras quatro determinações de área foliar, aos 14, 28, 42 e 56 dias após a primeira avaliação, correspondentes aos estádios R2, R3, R4 e R5 da escala proposta por Ritchie et al. (1993).

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, mensurado pelos tensiômetros, foi inferior a -0,04 Mpa. O monitoramento do potencial hídrico do solo foi feito a cada dois dias. A colheita do ensaio foi efetuada 25 dias após a última avaliação da área foliar, quando todas as folhas dos dois híbridos se encontravam senescentes e os grãos apresentavam teor de umidade de aproximadamente 20%. As espigas foram despalhadas, trilhadas e

os grãos secados em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C, até a obtenção de massa constante. A seguir, procedeu-se à pesagem dos grãos e, logo após, determinou-se o rendimento, que foi expresso na umidade padrão de 13% e o número de grãos produzidos por m². Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F, em nível de 5% de probabilidade de erro (P<0.05). No caso da senescência foliar, considerou-se a época de avaliação como um terceiro fator, utilizando-se o modelo matemático referente a parcelas subsubdivididas e locando-se a época da amostragem na subsubparcela, conforme metodologia descrita por Coimbra (2004). Quando alcançada significância estatística no teste F, as diferenças entre tratamentos foram avaliadas através de análise de regressão polinomial, testando-se os modelos linear e quadrático e selecionando-se o modelo com maior coeficiente de determinação.

Resultados e Discussão

O ano agrícola de 2003/2004 apresentou chuvas regulares e bem distribuídas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, nos quais ocorreram o desenvolvimento das inflorescências, florescimento e grande parte do enchimento de grãos. Foram registrados, na área experimental, 145, 160 e 138 mm de chuva em dezembro, janeiro e fevereiro, respectivamente. Em apenas duas ocasiões, nos dias 15/12/2003 e 10/02/2004, houve necessidade de suplementação hídrica, com aplicação de lâmina de água de 20 mm em cada irrigação. Isso favoreceu a obtenção de produtividades elevadas, superiores a 6.500 kg ha⁻¹, em todos os tratamentos (Figura 1).

O rendimento de grãos dos dois híbridos avaliados aumentou quadraticamente com o aumento da população, de 25.000 para 125.000 pl ha⁻¹ (Figura 1). A população estimada que propiciou a otimização do rendimento de grãos foi de 107.416

pl ha⁻¹ para o híbrido Speed e de 81.016 pl ha⁻¹ para o Ag 303. As densidades ótimas de plantas estimadas são mais altas do que as populações recomendadas para estes híbridos, as quais variam entre 50.000 e 70.000 plantas ha⁻¹. As condições favoráveis de fertilidade e umidade do solo na área experimental favoreceram a resposta do rendimento de grãos dos híbridos utilizados no incremento da população de plantas.

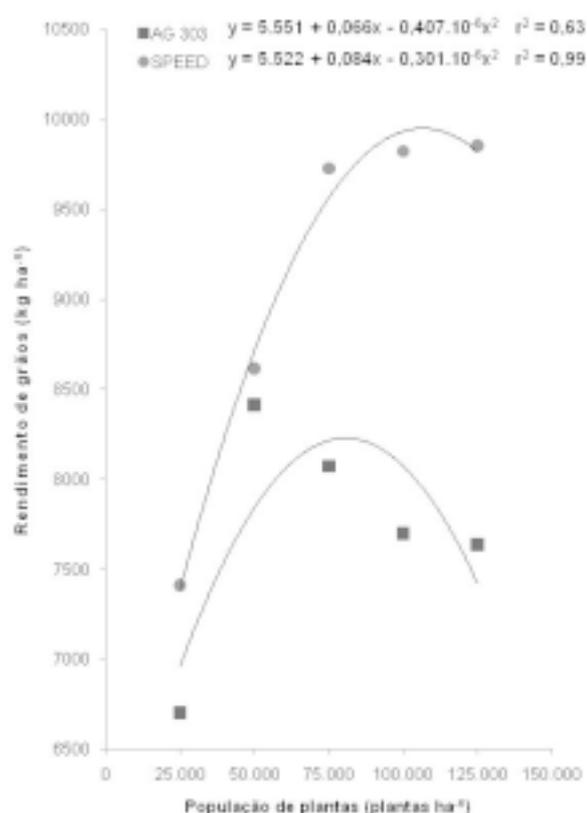


FIGURA 1. Rendimento de grãos (kg ha⁻¹) de dois híbridos de milho, em cinco populações de plantas, Lages, SC, 2003/4.

Quando semeado a 25.000 pl ha⁻¹, o rendimento de grãos do Speed foi 10% superior ao do Ag 303. Por outro lado, na densidade de 125.000 pl ha⁻¹, a produtividade do Speed foi

30,7% mais elevada do que a do Ag 303. Esses dados confirmaram a maior resposta do rendimento de grãos do híbrido contemporâneo à utilização de elevadas densidades de plantas na lavoura, observada por Sangoi et al. (2005), em trabalho prévio realizado com esses genótipos no Planalto Catarinense.

O número de grãos dos dois híbridos produzidos por m^2 foi incrementado linearmente com o aumento na população de 25.000 para 125.000 plantas ha^{-1} , variando entre 1.750, na densidade de 25.000 plantas ha^{-1} , e 3.850 grãos m^{-2} , na densidade de 125.000 plantas ha^{-1} (Figura 2). Para o híbrido Speed, cada 10.000 plantas acrescentadas ao estande final adicionaram 210 grãos por m^2 ao rendimento da cultura. Este valor foi 87% mais elevado do que o do Ag 303, que adicionou 112 grãos m^{-2} à produtividade da lavoura, para a mesma faixa de incremento na população. Tal fato contribuiu para a maior resposta do rendimento de grãos do híbrido contemporâneo ao adensamento, pois o número de grãos produzidos por área é o componente do rendimento que mais interfere no desempenho agrônômico final da cultura do milho (Vega et al., 2001; Andrade et al., 2002).

A área foliar da cultura durante o enchimento de grãos foi significativamente afetada pelas interações entre híbrido e época de amostragem, híbrido e população de plantas e população de plantas e época de amostragem. Considerando-se a média das cinco populações de plantas do ensaio, a área foliar do híbrido Speed foi sempre mais alta do que a do híbrido Ag 303 durante o período de enchimento de grãos (Figura 3). Na antese, a superfície fotossinteticamente ativa do Ag 303, equivalia a 89% da área foliar do Speed. À medida que o enchimento de grãos progrediu, a senescência foliar mais rápida verificada no híbrido antigo aumentou as diferenças entre os mesmos, fazendo com que,

na última amostragem, realizada antes da colheita, o híbrido menos tolerante ao adensamento (Ag 303) tivesse apenas 12% da área foliar do híbrido mais tolerante (Speed). Em valores absolutos, o Speed possuía 1.701 cm^2 de folhas verdes 56 dias após a antese (25% da área foliar mensurada na floração), enquanto que o Ag 303 preservou apenas 211 cm^2 de área foliar verde na última amostragem (3,5% da área foliar computada por ocasião do espigamento).

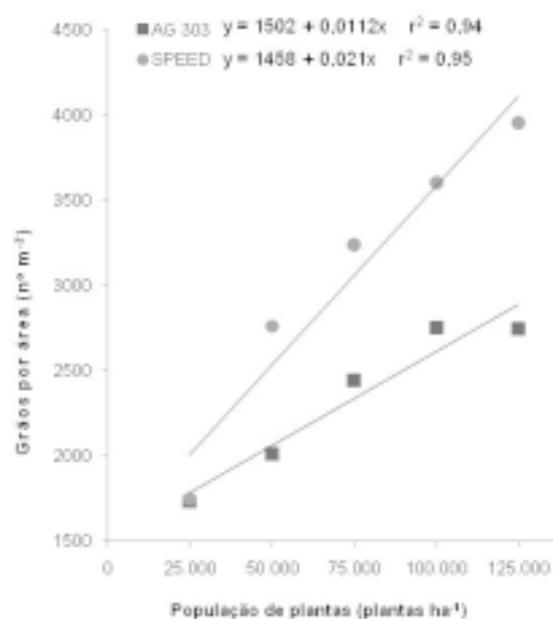


FIGURA 2. Grãos por área ($n^{\circ} m^{-2}$) de dois híbridos de milho, em cinco populações de planta. Lages, SC, 2003/4.

Observou-se redução na área foliar dos dois híbridos à medida que se elevou a população de plantas, considerando-se a média das cinco amostragens realizadas durante o período de enchimento de grãos (Figura 4). Isso provavelmente ocorreu porque o adensamento incrementa a competição entre os indivíduos por água, luz e por nutrientes, o que acelera a senescência foliar (Valentinuz & Tollenaar, 2004). Comparando-se os híbridos dentro de cada densidade, verificou-se que o Speed apresentou maior

área foliar do que o Ag 303, em todas as populações avaliadas neste estudo.

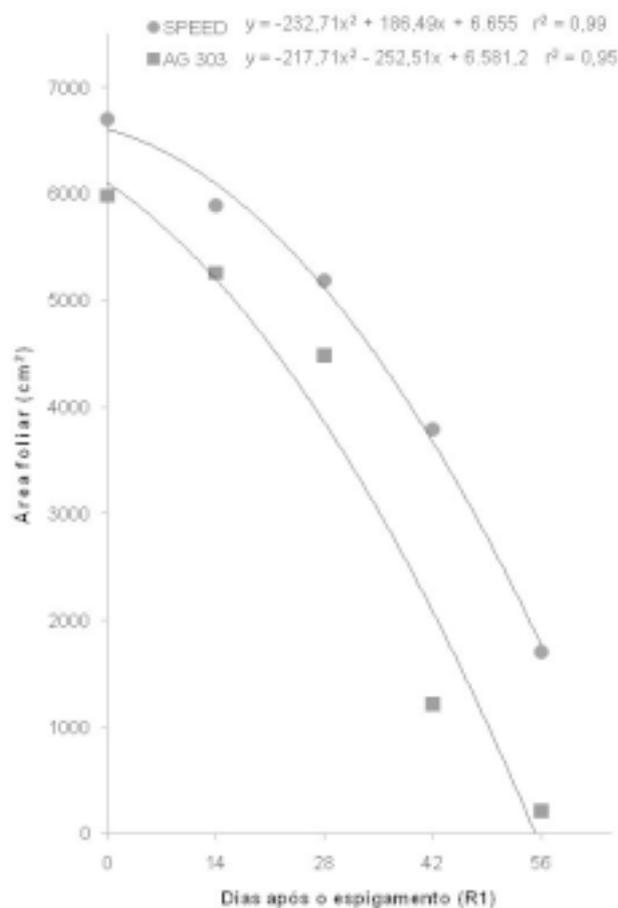


FIGURA 3. Evolução da área foliar no enchimento de grãos de dois híbridos de milho, na média de cinco populações de plantas (25.000, 50.000, 75.000, 100.000 e 125.000 pl ha⁻¹). Lages, SC, 2003/4.

O incremento na população de plantas não aumentou a taxa de senescência, na média dos dois híbridos (Figura 5). As taxas de decréscimo na área foliar durante o enchimento de grãos foram mais elevadas nas menores densidades de plantas, sendo o valor do coeficiente b da regressão linear 59% maior na densidade de 25.000 do que na de 125.000 plantas ha⁻¹.

A duração da área foliar depende da disponibilidade de fotoassimilados para sustentar o enchimento de grãos após o período de floração. A senescência foliar pode ser desencadeada tanto pelo excesso quanto pela falta de fotoassimilados, para atender às demandas da planta na fase reprodutiva, havendo uma faixa favorável de disponibilidade de assimilados entre os dois extremos (Thomas, 1992).

Existe uma relação ótima entre fonte e dreno após a floração para maximizar a duração da área foliar de uma comunidade (Rajcan & Tollenaar, 1999). Quando a relação está abaixo do limite ideal, o que pode ocorrer em densidades elevadas, a demanda dos grãos em fase inicial de desenvolvimento por água, luz e nutrientes impõem restrições à fonte, as quais podem acelerar a senescência, devido à remobilização de N e carboidratos das estruturas vegetativas às reprodutivas (Figura 4). Por outro lado, a elevada relação entre fonte e dreno, comum em estandes de plantas pouco adensados, pode aumentar a velocidade da senescência. Essa resposta se deve ao acúmulo de carboidratos não estruturais nos cloroplastos, que exerce um efeito inibitório na fotossíntese, acelerando a perda de área verde durante o enchimento de grãos. Esse parece ter sido o caso do presente estudo, em que a área foliar média dos dois híbridos, na floração, superou a 8.000 cm² na densidade de 25.000 pl ha⁻¹ (Figura 5).

Estudos desenvolvidos por Valentinuz & Tollenaar (2004), para comparar a evolução da senescência foliar de híbridos de milho cultivados comercialmente em diferentes épocas, constataram que a velocidade do processo foi 3,4 e 2,1 vezes maior num híbrido cultivado na década de 60 do que no híbrido contemporâneo, durante a primeira e a segunda metade do período de enchimento de grãos, respectivamente. Os híbridos testados no trabalho de Valentinuz & Tollenaar (2004) apresenta-

ram diferenças significativas na arquitetura de planta tanto no estrato superior quanto no inferior do dossel. O híbrido antigo, intolerante a altas densidades, apresentou uma maior fração de sua área foliar no terço superior da planta. Esse tipo de arquitetura é menos favorável para incrementar a interceptação de radiação solar em estandes adensados, resultando em maior sombreamento intra-específico e menor penetração de radiação solar nos estratos inferiores da comunidade. Tais características aceleram o processo de senescência foliar (Troyer, 2000). A arquitetura de planta do híbrido antigo, caracterizada pela presença de folhas longas e decumbentes (Sangoi et al., 2005), pode ter contribuído para que esse material apresentasse menor área foliar ao final do período de enchimento de grãos (Figura 3) e menor área foliar em todas as populações de planta (Figura 4).

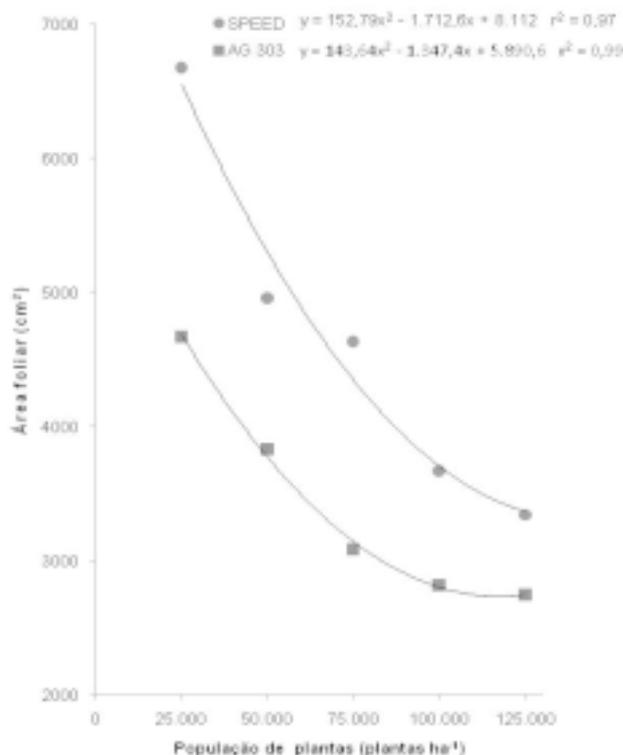


FIGURA 4. Área foliar de dois híbridos de milho, em cinco populações de plantas, na média de cinco épocas de avaliação. Lages, SC, 2003/4.

Os dados deste estudo demonstram que o híbrido mais tolerante ao adensamento (Speed) conseguiu manter maior área foliar durante o enchimento de grãos. Essa característica possivelmente resultou em maior eficiência de uso da radiação solar na produção de grãos, sendo positiva para aumentar o rendimento do milho em altas densidades populacionais, num ambiente onde as condições hídricas e de fertilidade do solo foram favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

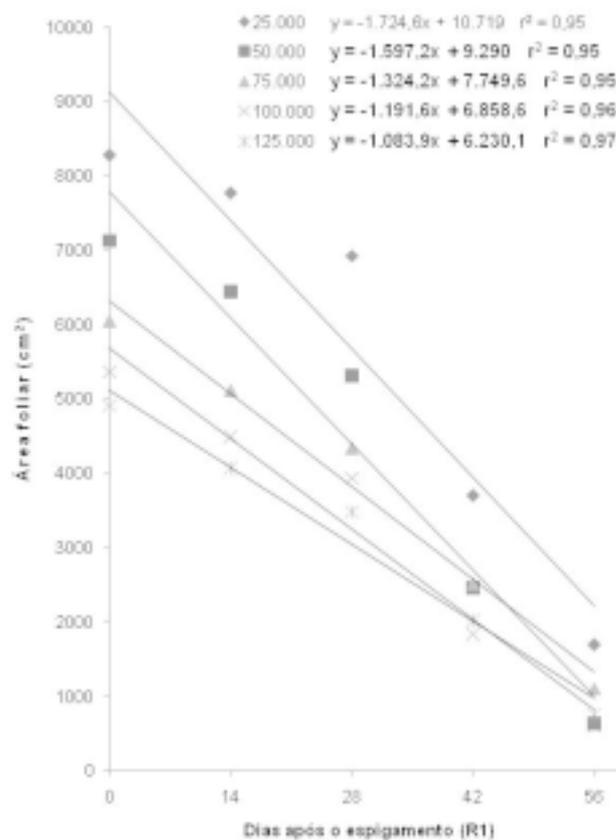


FIGURA 5. Evolução da área foliar durante o enchimento de grãos em cinco populações de plantas, na média de dois híbridos de milho. Lages, SC, 2003/4.

Conclusões

O híbrido Speed foi mais exigente em população de plantas, para otimizar o rendimento, e apresentou senescência foliar mais lenta durante o enchimento de grãos, o que indica que essa característica pode ser positiva para incrementar a produtividade do milho em altas densidades populacionais.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) a concessão da bolsa de produtividade em pesquisa ao primeiro autor e das bolsas de Iniciação Científica ao segundo e terceiro autores.

Literatura Citada

ANDRADE, F. H.; VEGA, C.; UHART, S. O. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 453-459, 1999.

ANDRADE, F. H.; ECHARTE, L.; RIZZALLI, R.; DELLA MAGGIORA, A.; CASANOVAS, M. Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 1173-1179, 2002.

BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G. The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 31, p. 233-252, 1996.

COIMBRA, J. L. M. **Fundamentos do SAS aplicado à experimentação agrícola**. Pelotas: Ufpel, 2004. 246 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa**

Catarina. 3. ed. Passo Fundo: SBCS, 1995. 223 p.

DANGL, J. L.; DIETRICH, R. A.; THOMAS, H. Senescence and programmed cell death. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. p. 1044-1100.

DUVICK, D. N.; CASSMAN, K. G. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1622-1630, 1999.

LAFARGE, T. H.; HAMMER, G. L. Predicting plant leaf area production: shoot assimilate accumulation and partitioning and leaf area ratio are stable for a wide range of sorghum population densities. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 77, p. 137-151, 2002.

OTEGUI, M.; ANDRADE, F. H. New relationships between light interception, ear growth, and kernel set in maize. In: WESTATE, M. E.; BOOTE, K. J. **Physiology and modeling kernel set in maize**. Madison: Crop Science Society of America, 2000. p. 89-102.

RAJCAN, I.; TOLLENAAR, M. Source: sink ratio and leaf senescence in maize. 1. Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 60, p. 245-253, 1999.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J.; BENSON, J. B. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special Report, 48).

SADRAS, V. O.; ECHARTE, L.; ANDRADE, F. Profile of leaf senescence during reproductive

- growth of sunflower and maize. **Annals of Botany**, London, v. 85, p. 187-195, 2000.
- SANGOI, L. ALMEIDA, M. L. A.; GRACIETTI, M. A.; HORN, D.; SCHWEITZER, C.; SCHMITT, A.; BIANCHET, P. Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento na densidade de plantas. **Revista Brasileira de Agrobiologia**, Pelotas, v. 11, p. 18-26, 2005.
- 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: Evangraph, 2006. 64 p.
- SISTEMA brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- THOMAS, H. Canopy survival. In: BAKER, N. R.; THOMAS, H. **Crop photosynthesis: spatial and temporal determinants**. Amsterdam: Elsevier, 1992. p. 11-41.
- 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. Is low density a stress in maize? **Maydica**, Bergamo, v. 37, n. 2, p. 305-311, 1992.
- 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.; LEE, E. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 75, p. 161-169, 2002.
- TROYER, A. F. Behavior of corn. In: HALLAUER, A. R. **Temperate corn: background, behavior and breeding**. Boca Raton: CRC, 2000. p. 426-435.
- VALENTINUZ, O. R.; TOLLENAAR, M. Vertical profile of leaf senescence during the grain filling period in older and newer maize hybrids. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 827-834, 2004.
- 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.