

TOLERÂNCIA À DESFOLHA DE GENÓTIPOS DE MILHO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS

LUÍS SANGOI¹, JEFFERSON VIEIRA¹, DIEGO EDUARDO SCHENATTO¹,
WILLIAN GIORDANI¹, CRISTIAN MAJOLO BONIATTI¹, LEONARDO DALL'IGNA¹,
CLOVIS ARRUDA SOUZA¹ E EDUARDO JOSÉ ZANELLA¹

¹Udesc, Lages, SC, Brasil, luis.sangoi@udesc.br; a6jvi@cav.udesc.br; dschenatto@yahoo.com.br; giordani.willian@yahoo.com.br; cristianboniatti@yahoo.com.br; leonardodalligna@hotmail.com; clovis.souza@udesc.br; eduardo_jose_zanella@hotmail.com

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.13, n.3, p. 300-311, 2014

RESUMO - A magnitude dos danos ocasionados pela redução de área foliar do milho depende do genótipo utilizado pelos produtores. O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da desfolha em diferentes estádios fenológicos sobre o rendimento de grãos de genótipos de milho. O experimento foi conduzido em Lages, SC, nos anos agrícolas 2010/11 e 2011/12. Foram avaliados três genótipos: a variedade de polinização aberta (VPA) SCS 155 Catarina; o híbrido triplo (HT) P30B30; e o híbrido simples (HS) P30R50H. Cada cultivar foi submetida a cinco níveis de desfolha: testemunha (sem desfolha); e desfolha quando as plantas tinham oito (V8); 12 (V12); 16 (V16); e 20 (V20) folhas expandidas. O HS foi mais produtivo do que a VPA em todos os tratamentos, com exceção daquele desfolhado em V20. As desfolhas realizadas em V8 e V12 reduziram em até 9% o rendimento de grãos dos híbridos e em mais de 24% o rendimento de grãos da VPA. A desfolha realizada em V20 reduziu em mais de 70% o rendimento de grãos dos três genótipos. A VPA foi mais sensível do que os híbridos às desfolhas feitas em V8 e V12. Isto indica que a tolerância à desfolha do milho depende da cultivar e que a maior variabilidade genética da VPA não aumenta a tolerância ao estresse ocasionado pela desfolha.

Palavras-chave: *Zea mays*; área foliar; fenologia; rendimento de grãos.

TOLERANCE TO DEFOLIATION OF MAIZE GENOTYPES AT DIFFERENT GROWTH STAGES

ABSTRACT - The intensity of damages to maize caused by leaf area reduction depends on the genotype used by farmers. This work was carried out aiming to evaluate the impact of defoliation performed at different growth stages on grain yield of maize genotypes. The experiment was set in Lages, SC, during the 2010/2011 and 2011/2012 growing seasons. Three genotypes were assessed: the open-pollinated variety (OPV) SCS 155 Catarina, the triple hybrid (TH) P30B30 and the single-cross hybrid (SH) P30R50H. Each genotype was submitted to five defoliation treatments: control (without leaf removal) and defoliation when plants had eight (V8) twelve (V12), sixteen (V16) and twenty (V20) expanded leaves. The SH was more productive than the OPV in all treatments, excepting when leaves were removed at V20. Defoliations performed at V8 and V12 reduced hybrids grain yield up to 9% whereas for the VPA yield reduction was higher than 24% at those growth stages. The defoliation carried out at V20 decreased grain yield of all genotypes by more than 70%, in comparison with the control. The OPV was more sensitive than the hybrids to defoliations imposed at V8 and V12. Such behavior indicates that maize tolerance to defoliation depends on the genotype and that the OPV higher genetic variability does not increase its endurance to the defoliation stress.

Key words: *Zea mays*; leaf area; phenology; grain yield.

O milho é uma das culturas mais eficientes na conversão da radiação solar em produção de biomassa. Isto se deve ao seu mecanismo C4 de fixação de CO₂ e à área foliar exuberante da cultura, que pode alcançar de 6.000 a 9.000 cm² de superfície fotossinteticamente ativa durante a floração (Sangoi et al., 2012). Sua produtividade é a mais elevada entre os cereais produzidos no mundo.

Apesar do alto potencial produtivo, o milho também apresenta grande sensibilidade a estresses que reduzam sua área foliar porque possui baixa plasticidade vegetativa. Ele normalmente não perfilha, apresenta limitada capacidade de expansão do limbo foliar e não altera o número de folhas expandidas devido a mudanças no ambiente ou no manejo (Sangoi et al., 2011). Estas características, aliadas à sua baixa prolificidade e à limitada capacidade de compensação efetiva de espaços, fazem com que o cultivo necessite ser rigorosamente planejado para garantir alta produtividade.

Para expressar o máximo potencial produtivo, o milho depende da quantidade de radiação incidente disponível, da percentagem da radiação incidente que é interceptada pelo dossel, da eficiência de conversão desta radiação à produção de biomassa e da eficiência de partição da biomassa à estrutura de interesse agrônômico (Argenta et al., 2003). Além disto, fatores climáticos e nutricionais também são determinantes para otimizar o desempenho agrônômico da cultura. A eficiência de conversão da radiação incidente depende do metabolismo de fixação do CO₂ e da eficiência de sua interceptação. A área foliar da cultura determina sua taxa de crescimento e as maiores taxas são alcançadas quando as plantas atingem um índice de área foliar que é capaz de interceptar 95% da radiação fotossinteticamente ativa (Andrade et al., 2002).

A desfolha é um tipo de estresse que prejudica o desenvolvimento da cultura, pois diminui a área foliar da planta, limitando a interceptação da radiação solar e restringindo a fotossíntese e a produção de biomassa (Picoli Junior, 2011). Ela pode ser ocasionada por fatores de origem biótica, como a lagarta-do-cartucho, ou abiótica, como o granizo.

Os prejuízos ocasionados pela desfolha sobre o rendimento de grãos do milho dependem do estágio fenológico em que ela ocorre (Brito et al., 2011). A destruição total das folhas expostas quando a cultura apresenta oito folhas expandidas, devido à ocorrência de granizo, geada, ataque severo de pragas e doenças, diminui a produtividade de 10 a 25% (Fanceli & Dourado Neto, 2004). Subedi & Ma (2005) constataram que, quando todas as folhas acima da espiga foram removidas logo após o pendoamento, o número de grãos por espiga e a massa seca dos grãos foram reduzidos em aproximadamente 84 e 94%, respectivamente. Além dos prejuízos quantitativos, a desfolha ocorrida após a floração pode reduzir a qualidade do produto colhido, quando o mesmo se destina a silagem de planta inteira (Lauer et al., 2004; Roth & Lauer, 2008).

A utilização de genótipos com maior resistência a condições de estresse e que apresentem tolerância à perda de área foliar pode ser uma alternativa para minimizar decréscimos no rendimento. Os agricultores utilizam híbridos ou variedades de polinização aberta (VPAs) na semeadura do milho no Brasil. Os híbridos são empregados por produtores com maior capacidade de investimento em insumos, pois apresentam maior potencial produtivo. Já as variedades de polinização aberta são mais empregadas na agricultura familiar, devido ao menor preço das sementes e à possibilidade de utilizá-las por até três anos, sem perdas significativas no

potencial produtivo causadas por depressão endogâmica (Sangoi et al., 2006). Além disto, as VPAs apresentam maior variabilidade genética, o que pode lhes conferir maior tolerância a estresses (Bisognin, 1997; Maia & Nunez, 2006; Meneguetti et al., 2006; Pelwing et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da desfolha realizada em diferentes estádios fenológicos sobre o rendimento de grãos de genótipos de milho.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12, em Lages, SC. As coordenadas geográficas do local são 27° 50' 35" de latitude Sul, 50° 02' 45" de longitude Oeste e altitude de 849 m. O clima da região é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22 °C e precipitações pluviais bem distribuídas.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico típico (Santos et al., 2006). Segundo análise realizada em setembro de 2010, ele apresentava: 420 g kg⁻¹ de argila; 50,0 g kg⁻¹ de matéria orgânica; pH H₂O 5,6; índice SMP 5,8; 5 mg dm⁻³ de P; 0,50 cmol_c kg⁻¹ de K; 6,0 cmol_c kg⁻¹ de Ca; 2,8 cmol_c kg⁻¹ de Mg; 0,3 cmol_c kg⁻¹ de Al; e 15,3 cmol_c kg⁻¹ de CTC.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições por tratamento. Na parcela principal, foram avaliados três genótipos: a variedade de polinização aberta (VPA) SCS 155 Catarina; o híbrido triplo (HT) P30B30; e o híbrido simples (HS) P30R50H. Nas subparcelas, os genótipos foram submetidos a cinco tratamentos: testemunha

sem desfolha; e desfolha efetuada quando as plantas tinham oito; 12; 16; e 20 folhas expandidas, correspondentes aos estádios V8, V12, V16 e V20 da escala de Ritchie et al. (1993). Em cada estádio fenológico de desfolha, removeram-se manualmente 100% do limbo foliar das folhas expandidas que apresentavam colar e aurículas visíveis. As subparcelas foram constituídas de cinco linhas com 6 m de comprimento. As avaliações foram feitas nas três fileiras centrais, excetuando 0,5 m na extremidade de cada linha.

O experimento foi implantado no sistema de semeadura direta em 22 de outubro de 2010 e em 19 de outubro de 2011, sob uma cobertura morta composta por um consórcio de aveia preta (*Avena strigosa*) e ervilhaca (*Vicia sativa*). Esta cobertura foi dessecada, aplicando-se o herbicida glifosate no final do mês de setembro de cada ano agrícola. A densidade utilizada foi de 60.000 pl ha⁻¹ e o espaçamento entrelinhas de 0,7 m.

A adubação foi determinada seguindo as recomendações do Manual... (2004), objetivando produtividades de 15 t ha⁻¹. A adubação de manutenção foi fornecida no dia da semeadura, utilizando nitrogênio, fósforo e potássio. As doses aplicadas na semeadura foram de 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 140 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de N. Em cobertura, foram aplicados 205 kg de N ha⁻¹, fracionados igualmente em três estádios fenológicos, quando as plantas estavam com quatro, oito e 12 folhas totalmente expandidas, de acordo com a escala de Ritchie et al. (1993).

As sementes foram tratadas no dia da semeadura com inseticida à base de fipronil+tiametoxam (10 + 42 g ha⁻¹ de i.a.) e com o fungicida à base de fludioxonil+metalaxyl-m (150 ml 100 kg⁻¹ de sementes) para controle preventivo de pragas e doenças na fase inicial do ciclo da cultura. O controle de plantas daninhas foi efetuado com duas aplicações de

herbicida. A primeira foi feita em pré-emergência das plantas daninhas, logo após a semeadura, com uma mistura de atrazina e s-metolaclor (1.400 + 2.100 g ha⁻¹ de i.a.). A segunda aplicação foi realizada em pós-emergência, quando as plantas de milho estavam no estágio V3, utilizando o produto tembotriona (100 g ha⁻¹ de i.a.). A lagarta-do-cartucho foi controlada com três aplicações dos inseticidas lufenuron + lambdacyhalothrin (15 + 7,5 g de i.a. ha⁻¹), quando as plantas estavam nos estádios V4, V8 e V12 da escala de Richie et al. (1993).

Avaliou-se a área foliar removida em cada estágio de acordo com procedimento empregado por Borrás et al. (2003) e Sangoi et al. (2006), medindo-se, com auxílio de uma trena, o comprimento (C) e a maior largura (L) de todas as folhas expandidas com pelo menos 50% de área foliar verde. A área foliar (A), expressa em cm², foi estimada utilizando-se a expressão: $A = C \times L \times 0,75$, em que o valor 0,75 é um coeficiente de correção utilizado porque as folhas não apresentam área retangular. O somatório das áreas de todas as folhas medidas determinou a área foliar removida por planta. Quando as plantas alcançaram o estágio R1 (espigamento), avaliou-se novamente a área foliar de todos os tratamentos. A área foliar removida em cada estágio foi confrontada com a área foliar das testemunhas no espigamento para estimativa de percentagem de área foliar removida em cada estágio fenológico. Os valores de área foliar mensurados no espigamento foram utilizados para o cálculo do índice de área foliar (IAF).

A colheita das espigas foi feita manualmente quando a umidade dos grãos estava entre 18 e 22%. As espigas foram trilhadas e os grãos acondicionados em estufa, sob ventilação e temperatura de 65 °C, até atingirem massa constante. Os pesos obtidos da massa seca de grãos colhidos na área útil das subparcelas

foram convertidos para um hectare, na umidade padrão de 130 g kg⁻¹, determinando-se o rendimento de grãos.

Foram instalados pluviômetros na área experimental para o monitoramento dos dados pluviométricos e observar a necessidade de efetuar irrigação. O experimento foi irrigado por aspersão sempre que o teor de umidade do solo estimado por tensiômetros foi inferior a - 0,4 MPa para prevenir a ocorrência de deficiência hídrica, visando a observar apenas o efeito ocasionado pela retirada de folhas, sem interferência significativa de outro tipo de estresse.

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância. Os valores de F para os efeitos principais e interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$). Quando alcançada significância estatística no teste F, as médias dos genótipos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey e pelo efeito da desfolha considerando o número de folhas removidas por análise de regressão, ambos ao nível de significância de 5%.

Resultados e Discussão

A área foliar removida por planta foi afetada pelo estágio de desenvolvimento da cultura no momento da desfolha. Contudo, não houve diferença entre genótipos quanto a esta variável nos dois anos de cultivo (Tabelas 1 e 2).

A média de área foliar dos três genótipos nas subparcelas sem desfolha durante o espigamento foi de 8903 cm² no primeiro ano agrícola e 8930 cm² no segundo ano agrícola. A desfolha realizada em V8 propiciou a eliminação de 967 a 1395 cm² de folhas, o que correspondeu a uma percentagem de remoção foliar que oscilou entre 10 e 15% da área

TABELA 1. Área foliar removida e percentagem de área foliar removida por planta de milho na comparação com a testemunha, em função de genótipo e estágio de desfolha. Lages, SC, 2010/11.

Genótipos	Estádios de desfolha ²				
	SD	V8	V12	V16	V20
Área foliar removida por planta (cm ²)					
HS ¹	0,0 a*	982 b	3.867 c	7.401 d	8.991 e
HT	0,0 a	1.040 b	3.435 c	6.447 d	8.532 e
VPA	0,0 a	1.395 b	3.823 c	7.508 d	8.609 e
Área foliar removida (%)					
HS	0,0 a	10,6 b	41,6 c	79,7 d	96,8 e
HT	0,0 a	12,1 b	39,9 c	74,9 d	99,1 e
VPA	0,0 a	15,8 b	43,4 c	85,2 d	97,7 e

*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P < 0,05). ¹HS - híbrido simples; HT - híbrido triplo; VPA - variedade de polinização aberta; ²SD - testemunha sem desfolha; V8 - desfolha com oito folhas expandidas; V12 - desfolha com 12 folhas expandidas; V16 - desfolha com 16 folhas expandidas; V20 - desfolha com 20 folhas expandidas, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993). CV = 5,0%.

TABELA 2. Área foliar removida e percentagem de área foliar removida por planta de milho na comparação com a testemunha, em função de genótipo e estágio de desfolha. Lages, SC, 2011/2012.

Genótipos	Estádios de desfolha ²				
	SD	V8	V12	V16	V20
Área foliar removida por planta (cm ²)					
HS ¹	0,0 a*	967 b	3.607 c	6.925 d	8.833 e
HT	0,0 a	773 b	3.034 c	6.132 d	7.881 e
VPA	0,0 a	1.009 b	3.704 c	6.935 d	8.101 e
Área foliar removida (%)					
HS	0,0 a	10,3 b	38,4 c	73,7 d	94,0 e
HT	0,0 a	9,0 b	35,1 c	70,9 d	91,2 e
VPA	0,0 a	11,5 b	42,3 c	79,3 d	92,6 e

*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P < 0,05). ¹HS - híbrido simples; HT - híbrido triplo; VPA - variedade de polinização aberta; ²SD - testemunha sem desfolha; V8 - desfolha com oito folhas expandidas; V12 - desfolha com 12 folhas expandidas; V16 - desfolha com 16 folhas expandidas; V20 - desfolha com 20 folhas expandidas, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993). CV = 6,4%.

foliar apresentada pela testemunha no espigamento. A desfolha realizada em V12 removeu aproximadamente 40% da área foliar externada pela planta durante o espigamento, na média dos três genótipos. As desfolhas realizadas em estádios mais avançados reduziram, na média dos três genótipos, acima de 70% com a retirada de 16 folhas e mais de 90% com a retirada de 20 folhas, em relação às parcelas não desfolhadas. Quando a desfolha foi realizada em V20, as plantas já estavam muito próximas do estágio VT (pendoamento). Após atingir esta fase de desenvolvimento, o milho cessa a emissão de novas folhas por ter hábito de crescimento determinado. Em função disto, os valores absolutos de área foliar removida em V20 foram numericamente próximos da área foliar das testemunhas no espigamento.

O IAF no espigamento foi afetado pelo estágio de retirada das folhas, variando de 5,6 a 0,1 entre tratamentos sem desfolha e aqueles em que foram retiradas 20 folhas (Figura 1). Os valores de IAF das testemunhas foram 5,6, 5,2 e 5,3 para o HS, HT e VPA, respectivamente, no ano agrícola 2010/11 e 5,6, 5,1 e 5,2 para os mesmos genótipos no ano agrícola 2011/12. Não houve diferença significativa entre o IAF das parcelas não desfolhadas e daquelas em que as oito primeiras folhas expandidas da planta foram removidas. Isso ocorreu devido ao processo de senescência natural das primeiras folhas. A senescência das folhas de milho inicia antes da cultura atingir sua máxima área foliar, próxima ao florescimento (Sadras et al., 2000; Lafarge & Hammer, 2002). Assim, a senescência natural que ocorreu nas primeiras folhas ao final do período vegetativo fez com que o IAF das testemunhas e das parcelas desfolhadas em V8 fosse semelhante. Resultados similares foram observados em trabalho conduzido por Picoli Junior (2011), no qual se constatou que a área

foliar remanescente dos tratamentos com a retirada de oito folhas e aqueles em que se mantiveram as folhas intactas não apresentaram diferenças no florescimento do milho. Os valores de IAF superiores a 5 obtidos na floração nas subparcelas não desfolhadas ou desfolhadas em V8 estão dentro da faixa ótima para rendimentos elevados reportada por Fancelli & Dourado Neto (2004). As desfolhas realizadas em V12, V16 e V20 reduziram significativamente o IAF dos três genótipos em relação às testemunhas e às parcelas desfolhadas em V8.

Nos dois anos de condução do experimento, o rendimento de grãos foi afetado pela interação entre genótipos e estágio de realização da desfolha. A amplitude de variação no rendimento de grãos entre os tratamentos de desfolha no ano agrícola 2010/11 foi de 997 kg ha⁻¹ a 12.721 kg ha⁻¹ (Tabela 3). No segundo ano, a produtividade variou de 2.187 kg ha⁻¹ a 14.352 kg ha⁻¹ (Tabela 4).

O híbrido simples foi mais produtivo do que a variedade de polinização aberta em todos os tratamentos, com exceção daqueles em que as plantas foram desfolhadas em V20 (Tabelas 3 e 4). A produtividade do híbrido simples também superou numericamente a do híbrido triplo em pelo menos 1200 kg ha⁻¹ no ano agrícola de 2010/11 e em cerca de 800 kg ha⁻¹ no ano agrícola 2011/12 em relação aos tratamentos sem desfolha e com desfolhas em V8, V12 e V16. Contudo, apenas em V12 as diferenças foram estatisticamente significativas no primeiro ano de cultivo. Já no segundo ano agrícola foram identificadas diferenças estatísticas entre os dois híbridos nos tratamentos sem desfolha e quando foram retiradas oito folhas.

Não foram registrados decréscimos significativos no rendimento de grãos dos híbridos nas desfolhas feitas em V8 e V12 em relação à testemunha. Percentualmente, a remoção das 12 primeiras folhas

produzidas pela planta reduziu em menos de 10% do rendimento dos híbridos em relação à testemunha. Resultados similares foram obtidos por Mangen et al. (2005), Roth & Lauer (2009) e Brito et al. (2011), que não constatarem redução significativa no rendimento de grãos quando as desfolhas ocorreram na fase inicial do desenvolvimento de híbridos de milho, corroborando a informação de que as primeiras folhas

expandidas pelo milho pouco contribuem para sua produtividade.

Por outro lado, a variedade de polinização aberta demonstrou maior sensibilidade à redução de área foliar, reduzindo o rendimento de grãos já a partir da retirada das primeiras oito folhas expandidas da planta. Na média dos dois anos, a remoção das 12 primeiras folhas expandidas da VPA reduziu

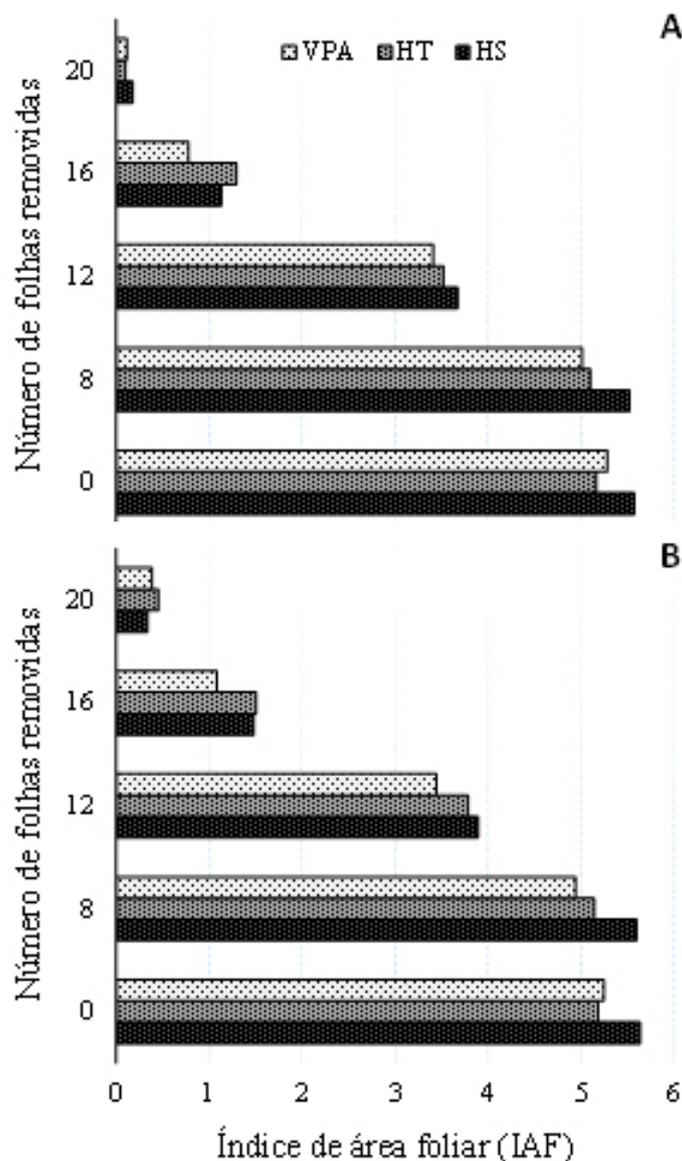


FIGURA 1. Índice de área foliar no espigamento em função da retirada de folhas em três genótipos de milho nos anos agrícolas de 2010/11 (A) e 2011/12 (B). Lages, SC.

TABELA 3. Rendimento de grãos e percentagem de redução no rendimento do milho em comparação com a testemunha, em função de genótipo e estágio de desfolha. Lages, SC, 2010/2011.

Genótipos	Estádios de desfolha ²				
	SD	V8	V12	V16	V20
Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)					
HS ¹	12.721 Aa*	12.248 Aa	12.414 Aa	9.495 Ab	1.369 Ac
HT	11.106 ABa	10.806 Aa	10.112 Bab	8.294 Ab	1.094 Ac
VPA	9.695 Ba	7.241 Bb	7.333 Cb	5.654 Bb	997 Ac
Média	11.175	10.099	9.953	7.815	1.154
Percentagem de redução no rendimento de grãos (%)					
HS	0,0 a	3,7 Aa	2,4 Aa	25,4 Ab	89,2 Ac
HT	0,0 a	2,7 Aa	9,0 Bab	25,3 Ab	90,1 Ac
VPA	0,0 a	25,3 Bb	24,4 Cb	41,7 Bb	89,7 Ac
Média	0,0	10,6	11,9	30,8	89,7

*Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P < 0,05). ¹HS - híbrido simples; HT - híbrido triplo; VPA - variedade de polinização aberta; ²SD - testemunha sem desfolha; V8 - desfolha com oito folhas expandidas; V12 - desfolha com 12 folhas expandidas; V16 - desfolha com 16 folhas expandidas; V20 - desfolha com 20 folhas expandidas, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993). CV = 15,3%.

TABELA 4. Rendimento de grãos e percentagem de redução no rendimento do milho em comparação com a testemunha, em função de genótipo e estágio de desfolha. Lages, SC, 2011/2012.

Genótipos	Estádios de desfolha ²				
	SD	V8	V12	V16	V20
Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)					
HS ¹	14.352 Aa*	14.169 Aa	13.014 Aa	7.797 Ab	3.691 Ac
HT	11.961 Ba	11.417 Ba	11.315 Aa	6.914 Ab	2.757 Ac
VPA	10.897 Ba	8.564 Cb	8.201 Bb	4.623 Bc	2.187 Ad
Média	12.403	11.383	10.843	6.445	2.878
Percentagem de redução no rendimento de grãos (%)					
HS	0,0 a	1,3 Aa	9,3 Aa	45,7 Ab	74,3 Ac
HT	0,0 a	4,5 Ba	5,4 Aa	42,2 Ab	77,0 Ac
VPA	0,0 a	21,4 Cb	24,7 Bb	57,6 Bc	79,9 Ad
Média	0,0	9,1	13,1	48,5	77,1

*Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P < 0,05). ¹HS - híbrido simples; HT - híbrido triplo; VPA - variedade de polinização aberta; ²SD - testemunha sem desfolha; V8 - desfolha com oito folhas expandidas; V12 - desfolha com 12 folhas expandidas; V16 - desfolha com 16 folhas expandidas; V20 - desfolha com 20 folhas expandidas, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993). CV = 15,3%.

aproximadamente 25% da sua produtividade. A Figura 2 apresenta os resultados da análise de regressão referente ao estresse ocasionado pelo número de folhas removidas em função do estágio da desfolha sobre o rendimento de grãos. A regressão mostra um comportamento quadrático da variável para o HS e o HT, evidenciando que estes híbridos apenas externaram perdas significativas de produtividade quando se removeram mais de 12 folhas expandidas por planta. Por outro lado, o rendimento de grãos da VPA decresceu linearmente com o aumento do número de folhas removidas.

Nas desfolhas realizadas em V16, o decréscimo no rendimento de grãos dos híbridos oscilou entre 25 e 45% e, na VPA, entre 42 e 57%. Já a desfolha realizada em V20 ocasionou grandes decréscimos no rendimento de grãos, independentemente da base genética do genótipo e do ano de cultivo. Quando desfolhadas neste estágio, as plantas ficaram com uma a três folhas para sustentar o enchimento de grãos, fazendo com que os estigmas, que apresentam elevado conteúdo de água, ficassem expostos à radiação solar. A forte restrição na fonte produtora de fotoassimilados e o ressecamento prematuro dos estigmas contribuíram para as reduções superiores a 70% no rendimento de grãos registrado quando se removeram 20 folhas expandidas, fato também observado por Gambin et al. (2006) em híbridos temperados de milho.

A variedade de polinização aberta demonstrou maior sensibilidade à redução de área foliar do que os híbridos nas desfolhas feitas em V8 e V12. Para cada cm^2 de folha removida em V8, houve uma redução de 2,0 kg de grãos ha^{-1} na VPA e de 0,4 kg ha^{-1} para os híbridos, na média dos dois anos (Tabelas 1, 2, 3 e 4). Em V12, houve decréscimos de 0,6 e 0,2 kg ha^{-1} de grãos por cm^2 de área foliar

removida para a VPA e os híbridos. Estes números demonstram que as taxas de decréscimo no rendimento por unidade de área foliar removida na VPA foram cinco e três vezes maiores do que nos híbridos nas desfolhas feitas em V8 e V12, respectivamente.

Os dados obtidos no presente trabalho refutam a tese defendida por Bisognin (1997), Maia & Nunez (2006), Meneguetti et al. (2006) e Pelwing et al. (2008) de que a maior variabilidade genética das variedades de polinização aberta lhes confere melhores condições de suportar estresses ocasionados por condições desfavoráveis de manejo, clima e solo. Por outro lado, eles corroboram as informações reportadas por Argenta et al. (2003) e Sangoi et al. (2006). Estes autores observaram que a maior variabilidade genética da VPA BRS Planalto não assegurou rendimento de grãos superior ao dos híbridos P32R21 e Traktor nos sistemas de produção com baixo investimento em insumos que geraram estresses hídricos e nutricionais às plantas. Esse comportamento também foi encontrado por Duvick & Cassman (1999), nos Estados Unidos, por Tollenaar & Lee (2002), no Canadá, comparando genótipos com diferentes bases genéticas.

As variedades de polinização aberta apresentam maiores variabilidades morfológica e fenológica do que as dos híbridos, em função de sua base genética mais ampla. Estas características são negativas à obtenção de altas produtividades porque diminuem a eficiência de uso dos recursos do ambiente (Tokatlides & Koutroubas, 2004; Liu et al., 2004). Por outro lado, as maiores uniformidades morfológica e fenológica dos híbridos minimizam a competição intraespecífica e aumentam sua tolerância a condições de estresses bióticos e abióticos.

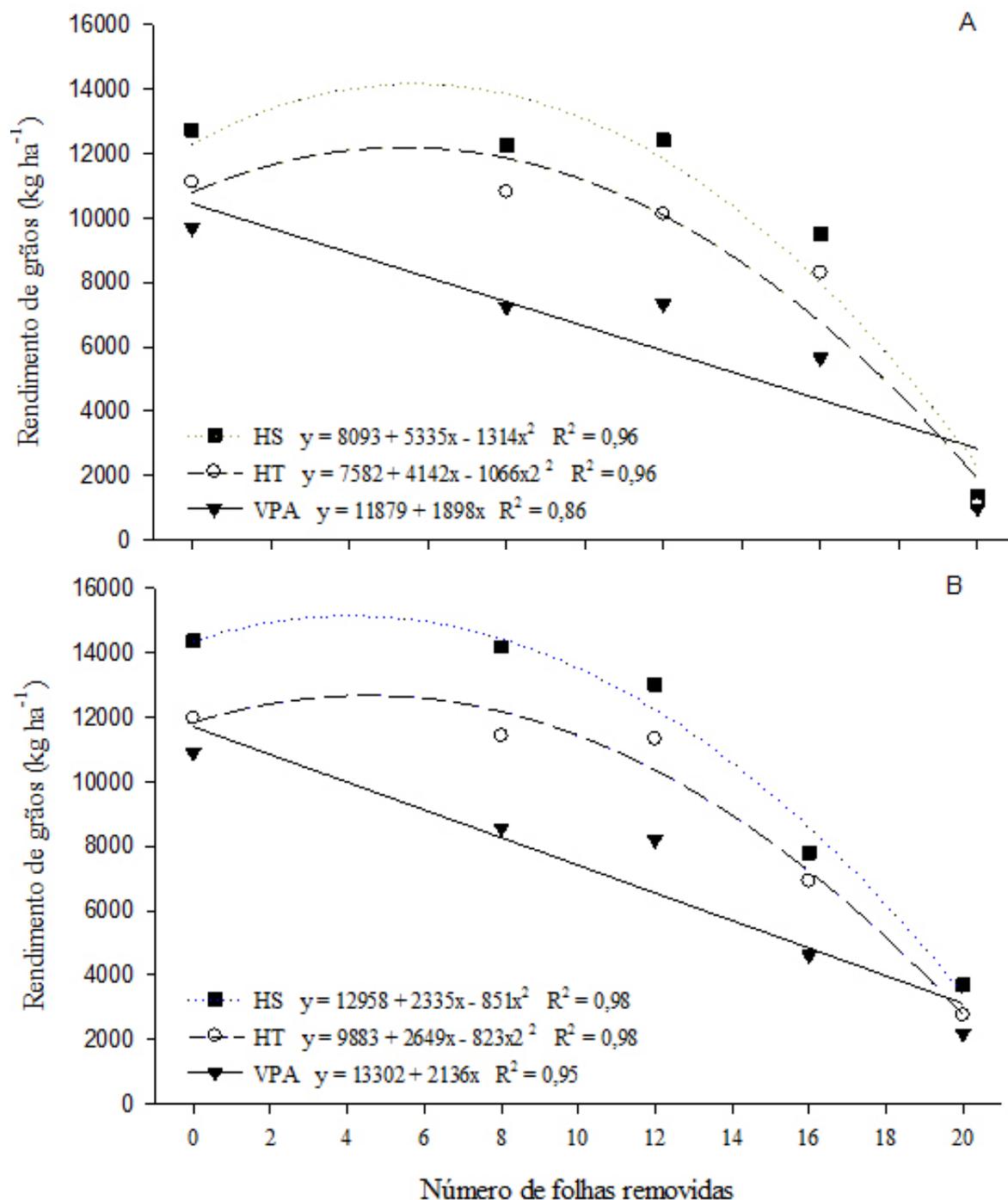


FIGURA 2. Rendimento de grãos de genótipos de milho em função do número de folhas removidas. Lages-SC, 2010/2011 (A) e 2011/2012 (B).

Conclusões

1. O rendimento de grãos dos híbridos P30B30 e P30R50H é menos sensível à desfolha realizada até V12 do que o da variedade de polinização aberta SCS 155 Catarina.

2. Desfolhas realizadas em V20 causam grandes decréscimos no rendimento de grãos tanto dos híbridos, quanto da variedade de polinização aberta.

3. A tolerância do milho à desfolha depende do genótipo e do estágio fenológico desta gramínea.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida ao primeiro autor e pelas bolsas de iniciação científica concedidas ao terceiro e ao quarto autores. À Capes, pela bolsa de estudo concedida ao segundo autor.

Referências

ANDRADE, F. H.; CALVINO, P.; CIRILO, A.; BARBIERI, P. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, p. 975-980, 2002.

ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L. C.; STRIEDER, M. L.; FORSTHOFER, E. L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 4, p. 27-34, 2003.

BISOGNIN, D. A.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F. Potencial de variedades de polinização aberta de milho em diferentes condições adversas

de ambiente. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.3, p. 29-34, 1997.

BORRÁS, L.; MADDONI, G.; OTEGUI, M. E. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 82, p. 13-26, 2003.

BRITO, C. S.; SILVEIRA, D. L.; BRANDÃO, A. M.; GOMES, L. S.; LOPES, M. T. G. Redução de área foliar em milho em região tropical no Brasil e os efeitos em caracteres agrônômicos. **Interciência**, Caracas, v. 36, p. 291, 295, 2011.

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.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2004. 360 p.

GAMBÍN, B. L.; BORRÁS, L.; OTEGUI, M. E. Source - sink relations and kernel weight differences in maize temperate hybrids. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 95, p. 316-326, 2006.

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.

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.

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

MAIA, A. S.; NUNEZ, P. B. P. Sementes crioulas: um banco de biodiversidade. **Revista Brasileira de**

- Agroecologia**, Porto Alegre, v.1, p. 4-8, 2006.
- MANGEN, T. F.; THOMISON, P. R.; STRACHAN, S. D. Early-season defoliation effects on topcross high-oil corn production. **Agronomy Journal**, **Madison**, v. 97, p. 823-831, 2005.
- MANUAL de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre: Comissão Sul-Brasileira de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400 p.
- MENEGUETI, G. A.; GIRARDI, J. L.; REGINATO, J. C. Milho crioulo: tecnologia viável e sustentável. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, p. 12-17, 2002.
- PELWING, A.B.; FRANK, L.B.; BARROS, I.I.B. Sementes crioulas: o estado da arte no Rio Grande do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 46, p. 391-420, 2008.
- PÍCOLI JUNIOR, G. J. **Adubação nitrogenada como estratégia para minimizar estresses ocasionados pela desfolha e fitotoxicidade foliar em milho**. 2011. 88 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis.
- 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).
- ROTH, G.W.; LAUER, G. Impact of defoliation on corn forage quality. **Agronomy Journal**, **Madison**, v.100, p. 651-657, 2008.
- SADRAS, V. O.; ECHARTE, L.; ANDRADE, F. Profiles of leaf senescence during reproductive growth of sunflower and maize. **Annals of Botany**, London, v. 85, n. 1, p. 187-195, 2000.
- SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; SILVA, P. R. F. Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 747-755, 2006.
- SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P. R. F.; SCHMITT, A.; VARGAS, V. P.; CASA, R. T.; SOUZA, C. A. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 710-717, 2011.
- SANGOI, L.; SCHMITT, A.; SILVA, P. R. F.; VARGAS, V. P.; ZOLDAN, S. R.; VIEIRA, J.; SOUZA, C. A.; BIANCHET, P. Perfilhamento como característica mitigadora do prejuízos ocasionados ao milho pela desfolha do colmo principal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, p. 1605-1612, 2012.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; 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.
- SUBEDI, K. D.; MA, B. L. Ear position, leaf area, and contribution of individual leaves to grain yield in conventional and leafy maize hybrids. **Agronomy Journal**, **Madison**, v. 45, p. 2246-2257, 2005.
- 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.; LEE, E. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 75, p. 161-169, 2002.