

Fotossíntese de biótipos de azevém sob condição de competição.

Evander Alves Ferreira¹; Marco Antônio Moreira de Freitas¹; Germani Concenço¹; Leandro Galon¹; Ignacio Aspiazú¹; Alexandre Ferreira da Silva¹; Francisco Affonso Ferreira¹; Antonio Alberto da Silva¹

RESUMO

As características associadas à atividade fotossintética de biótipos de azevém, resistente e suscetível ao herbicida glyphosate, foram avaliadas sob diferentes níveis de competição entre biótipos. O experimento foi realizado em esquema fatorial 2 x 5, com dois biótipos de azevém, resistente e suscetível ao glyphosate, cultivados em planta única no centro da parcela, competindo com 0, 1, 2, 3 ou 4 plantas do biótipo oposto. Cinquenta dias após a emergência, foram determinadas a taxa de fluxo de gases pelos estômatos ($U - \mu\text{mol s}^{-1}$), a concentração de CO_2 subestomática ($C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$) e a taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), sendo calculado ainda o CO_2 consumido ($\Delta C - \mu\text{mol mol}^{-1}$) a partir dos valores de CO_2 de referência e CO_2 na câmara de avaliação. Os dados foram coletados utilizando-se analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA 4. Foi elaborada matriz de correlação entre as variáveis. Os biótipos de azevém resistente e suscetível ao glyphosate não diferiram quanto à atividade fotossintética na ausência de competição. No entanto, a taxa fotossintética foi reduzida com o aumento na intensidade de competição com plantas do biótipo oposto, tanto para o biótipo resistente como para o suscetível, e também para o biótipo resistente quando em competição com plantas do mesmo biótipo. Atribuiu-se esse comportamento ao aumento no sombreamento mútuo e à competição por luz.

Palavras-chave: *Lolium multiflorum*, atividade fotossintética, incremento de massa.

ABSTRACT – Photosynthesis of biotypes of Italian rygrass on condition of competition

Characteristics associated with photosynthetic activity of rygrass biotypes, susceptible and resistant to glyphosate, were evaluated under different competition levels. The experiment was installed in factorial design, with two rygrass biotypes, susceptible and resistant to glyphosate, growing at the center of the plot, surrounded by 0, 1, 2, 3, and 4 plants of the opposite biotype. Fifty days after the emergence, stomatal gas flow rate ($U - \mu\text{mol s}^{-1}$), sub-stomatal CO_2 concentration ($C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$) and photosynthetic rate ($A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) were evaluated, being calculated the CO_2 used in photosynthesis ($\Delta C - \mu\text{mol mol}^{-1}$) as the difference between the reference CO_2 and the CO_2 in the evaluation chamber. Data were collected using an infrared gas analyzer (IRGA), model LCA4 (ADC Company). After that a correlation matrix between the variables was built. The rygrass

biotypes susceptible and resistant to glyphosate did not differ in relation to the photosynthetic activity in absence of competition. However, the photosynthetic rate was reduced in function of the increasing competition with plants of the opposite biotype for both the resistant and susceptible biotypes, and to the resistant biotype when under competition with plants of the same biotype. This behavior was attributed to the reciprocal shading and light competition.

Keywords: *Lolium multiflorum*, photosynthetic activity, mass increasing.

INTRODUÇÃO

O azevém é uma espécie daninha anual que infesta lavouras de soja, trigo e pomares no Rio Grande do Sul (Vargas et al., 2005). Seu manejo há vários anos normalmente é feito com aplicações repetidas do glyphosate, o que levou ao aparecimento de resistência ao herbicida, fato confirmado por Vargas et al. (2004). Segundo Ferreira et al. (2006), o biótipo resistente de azevém que ocorre na região Sul do País possui menor capacidade competitiva do que o suscetível ao glyphosate. A capacidade competitiva afeta as características fisiológicas associadas à fotossíntese e ao acúmulo de massa (VanderZee & Kennedy, 1983; Melo et al., 2006). Vários são os fatores que influenciam a fotossíntese direta ou indiretamente, como deficiência hídrica, estresse térmico (Loreto & Bonghi, 1989), concentração interna e externa de gases (Kirschbaum & Pearcy, 1988) e composição e intensidade da luz (Sharkey & Raschke, 1981), entre outros. A taxa fotossintética está diretamente relacionada à radiação fotossinteticamente ativa (composição da luz), aos fatores de disponibilidade hídrica e às trocas gasosas (Naves-Barbiero et al., 2000). As plantas possuem necessidades de luz específicas, predominantemente nas faixas do vermelho e azul (Messinger et al., 2006). Se a planta não recebe esses comprimentos de luz de forma satisfatória, necessitará se adaptar para sobreviver (Attridge, 1990). Quando as plantas se encontram sob competição por luz, também se torna importante o balanço na faixa do vermelho e vermelho-distante (Weller et al., 1997), que é afetada pelo sombreamento, influenciando a eficiência fotossintética (Da Matta et al., 2001). Objetivou-se com este trabalho avaliar as características associadas à atividade fotossintética em biótipos de azevém resistente e suscetível ao glyphosate, em diferentes níveis de competição.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação com irrigação automática, mantido sob temperatura e iluminação naturais. As unidades experimentais constaram de recipientes plásticos com área de 0,05 m², perfurados, contendo 6,0 L da mistura pré-elaborada de solo e terra vegetal, corrigido e adubado de acordo com análise de solo, com

incorporação um mês antes da implantação do experimento. Os tratamentos constaram de plantas dos biótipos de azevém resistente e suscetível ao glyphosate. No centro da unidade experimental foram semeadas três sementes do biótipo de azevém considerado como o tratamento da unidade experimental (R para resistente e S para suscetível). Na periferia da unidade experimental foram semeadas dez sementes do biótipo oposto ao do tratamento (central). Dez dias após a germinação foi efetuado o desbaste, deixando apenas uma planta no centro da unidade experimental, e o número de plantas do biótipo oposto de acordo com o tratamento (0, 1, 2, 3 ou 4 plantas). A área de semeadura do biótipo central da unidade experimental foi delimitada por cilindro com 5 cm de diâmetro e 4 cm de profundidade, para facilitar posterior identificação da planta central e de seus perfilhos. O cilindro foi inserido no solo, com a borda superior rente à superfície, permitindo total desenvolvimento das raízes e da parte aérea da planta e plena competição do biótipo central com as demais plantas da periferia, tanto na parte aérea como no sistema de raízes. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. As unidades experimentais foram mantidas equidistantes, de modo que a área de superfície disponível para o desenvolvimento das plantas correspondesse à área da unidade experimental. Aos 50 dias após a emergência foram realizadas as avaliações, no terço médio da primeira folha completamente expandida do perfilho principal. Foi utilizado um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA 4 (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), em casa de vegetação aberta, permitindo livre circulação do ar. Nessa ocasião, foram determinadas a taxa de fluxo de gases pelos estômatos ($U - \mu\text{mol s}^{-1}$), a concentração de CO_2 subestomática ($C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$) e a taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), sendo calculado ainda o CO_2 consumido ($\Delta C - \mu\text{mol mol}^{-1}$) a partir dos valores de CO_2 de referência e CO_2 na câmara de avaliação. Cada bloco foi avaliado em um dia, entre 8 e 10 horas da manhã, de forma a manter as condições ambientais homogêneas durante a avaliação de cada bloco. Em cada unidade experimental, foram avaliadas a planta central e uma planta periférica escolhida ao acaso. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F em nível de 5% de probabilidade, sendo efetuado teste de Duncan a 5% para avaliar o efeito do aumento na densidade de plantas e teste da Diferença Mínima Significativa (DMS) a 5% de probabilidade para avaliar diferenças entre o biótipo resistente e o suscetível em cada tratamento, além de matriz de correlação, utilizando o programa estatístico IRRISTAT 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de fluxo de gases pelos estômatos (U) não sofreu alteração em função da

composição e do arranjo das plantas (Tabela 1). A competição de uma planta isolada com uma comunidade do biótipo oposto evidenciou que o biótipo resistente apresentou sempre resultados numericamente superiores aos do biótipo suscetível, enquanto o suscetível foi sempre superior ao resistente quando em comunidade (Tabela 1). Embora sem efeito isolado, essas diferenças poderiam se tornar significativas quando consideradas suas interações com os demais fatores determinantes da fotossíntese (Pystina & Danilov, 2001). A concentração de CO_2 subestomática (C_i) não foi alterada no biótipo suscetível quando isolado no centro da unidade experimental, nem quando em comunidade (Tabela 2). Por outro lado, o biótipo resistente aumentou a concentração interna de CO_2 da folha quando submetido à competição com uma comunidade de plantas do biótipo suscetível, sendo superior aos demais sob competição. No entanto, não se alterou quando este mesmo biótipo foi o formador da comunidade e competia entre si e com uma única planta do biótipo suscetível (Tabela 2). Não foram observadas diferenças entre biótipos em nenhum dos tratamentos. A C_i é considerada variável fisiológica influenciada por fatores ambientais, como disponibilidade hídrica, de luz e energia, entre outros (Ometto et al., 2003; Corniani et al., 2006). Até recentemente, o mais aceito era que a luz afetava indiretamente a abertura estomática através de seu efeito na assimilação de CO_2 (Nishio et al., 1994). No entanto, pesquisas recentes mostraram que a abertura estomática é menos dependente da C_i , respondendo à luz diretamente (Sharkey & Raschke, 1981). Logo, em condição de competição e sombreamento, o balanço da luz participa no controle da abertura estomática e no balanço de gases entre a parte interna da folha e o meio externo (Loreto & Bongioanni, 1989). O CO_2 consumido (ΔC) decresceu tanto no biótipo resistente como no suscetível, quando em plantas isoladas competindo com duas ou mais plantas do biótipo oposto. Quando submetidos à competição com plantas do mesmo biótipo e contra apenas uma planta do biótipo oposto, apenas o resistente sofreu redução no consumo de CO_2 na maior densidade de plantas (4:(1)). Não foram observadas diferenças entre biótipos (Tabela 3). O mesmo comportamento foi observado para a taxa fotossintética, em que apenas o biótipo suscetível se manteve estável quando em competição com plantas do mesmo biótipo. Exceção quando a competição ocorreu contra uma planta do biótipo oposto (Tabela 4), que foi considerado como desvio experimental. A taxa fotossintética diminuiu quando as plantas foram submetidas à competição com plantas do biótipo oposto. Enquanto o biótipo suscetível foi superior somente na ausência de competição, o biótipo resistente apenas reduziu a taxa fotossintética a partir do nível de competição 1:(2). As variáveis $\Delta C \times A$ e $U \times C_i$ estão diretamente relacionadas e apresentaram correlação ao nível de 1% (Tabela 5). Conseqüentemente, a concentração

de CO₂ interna da folha está associada à capacidade de trocas gasosas com o meio externo. A fotossíntese e, conseqüentemente, a respiração dependem de constante fluxo de CO₂ e O₂ entrando e saindo da célula; este fluxo livre é função da concentração de CO₂ e O₂ nos espaços intercelulares dependentes da abertura estomática, controladora majoritária do fluxo de gases (Taylor Jr. & Gunderson, 1986; Messinger et al., 2006). A taxa fotossintética (Tabela 4) está diretamente relacionada com o consumo de CO₂ do meio (Tabela 3) e se mostrou independente da concentração de CO₂ sub-estomática ($A \times C_i$ – Tabela 5) e da taxa de fluxo de gases pelos estômatos ($A \times U$ – Tabela 5). Os biótipos de azevém resistente e suscetível ao glyphosate não diferiram quanto à atividade fotossintética na ausência de competição. No entanto, a taxa fotossintética foi reduzida com o aumento na intensidade de competição com plantas do biótipo oposto, tanto para o biótipo resistente como para o suscetível, e também para o biótipo resistente quando em competição com plantas do mesmo biótipo. Atribuiu-se esse comportamento ao aumento no sombreamento mútuo e na competição por luz.

LITERATURA CITADA

ATTRIDGE, T. H. The natural light environment. In: ATTRIDGE, T. H. (Ed.) **Light and plant responses**. London: Edward Arnold, 1990. p. 1-5.

CORNIANI, N. et al. Determinação das trocas gasosas e de potencial hídrico através do uso de sistemas portáteis na avaliação do estresse. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 14., 2006, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: USP, 2006. CD-ROM.

DA MATTA, F. M. et al. Actual and potential photosynthetic rates of tropical crop species. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, v. 13, p. 24-32, 2001.

FERREIRA, E. A. et al. Translocação do glyphosate em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v. 24, p. 365-370, 2006.

KIRSCHBAUM, M. U. F.; PEARCY, R. W. Gas exchange analysis of the relative importance of stomatal and biochemical factors in photosynthetic induction in *Alocasia macrorrhiza*. **Plant Physiol.**, v. 86, p. 782-785, 1988.

HUMBLE, G. D.; HSIAO, T. C. Light-dependent influx and efflux of potassium of guard cells during stomatal opening and closing. **Plant Physiol.**, v. 46, p. 483-487, 1970.

HUTMACHER, R. B.; KRIEG, D. R. Photosynthetic rate control in cotton. **Plant Physiol.**, v. 73, p. 658-661, 1983.

LORETO, F.; BONGI, G. Combined low temperature-high light effects on gas exchange properties of jojoba leaves. **Plant Physiol.**, v. 91, p. 1580-1585, 1989.

MELO, P. T. B. S. et al. Comportamento de populações de arroz irrigado em função das proporções de plantas originadas de sementes de alta e baixa qualidade fisiológica. **R. Bras. Agroci.**, v. 12, p. 37-43, 2006.

MESSINGER, S. M. et al. Evidence for involvement of photosynthetic processes in the

stomatal response to CO₂. **Plant Physiol.**, v. 140, p. 771-778, 2006.

NAVES-BARBIERO, C. C. et al. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, v. 12, p. 119-134, 2000.

NISHIO, J. N.; SUN, J.; VOGELMANN, T. C. Photoinhibition and the light environment within leaves. In: BAKER, N. R.; BOWYER, J. R. (Eds.) **Photoinhibition of photosynthesis**. BIOS Scientific Publishers, 1994. p. 1-24.

OMETTO J. P. H. B. et al. Variação temporal do isótopo estável do carbono em material arbóreo em florestas da região Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 4., 2003, Fortaleza. **Anais....** Rio Claro: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2003. CD-ROM.

OSMOND, C. B. What is photoinhibition? Some insights from comparisons of shade and sun plants. In: BAKER, N. R.; BOWYER, J. R. (Eds.) **Photoinhibition of photosynthesis**. BIOS Scientific Publishers, 1994. p. 1-24.

PROCÓPIO, S. O. et al. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, p. 211-216, 2004.

PYSTINA, N. V.; DANILOV, R. A. Influence of light regimes on respiration, activity of alternative respiratory pathway and carbohydrates content in mature leaves of *Ajuga reptans* L. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, v. 13, p. 285-292, 2001.

SHARKEY, T. D.; RASCHKE, K. Effect of light quality on stomatal opening in leaves of *Xanthium strumarium* L. **Plant Physiol.**, v. 68, p. 1170-1174, 1981.

TAYLOR Jr., G. E.; GUNDERSON, C. A. The response of foliar gas exchange to exogenously applied ethylene. **Plant Physiol.**, v. 82, p. 653-657, 1986.

VANDERZEE, D.; KENNEDY, R. A. Development of photosynthetic activity following anaerobic germination in rice-mimic grass (*Echinochloa crus-galli* var *oryzicola*). **Plant Physiol.**, v. 73, p. 332-339, 1983.

VARGAS, L. et al. Identificação de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) resistentes ao herbicida glyphosate em pomares de maçã. **Planta Daninha**, v. 22, p. 617-622, 2004.

VARGAS, L. et al. Alteração das características biológicas dos biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 23, p. 153-160, 2005.

WELLER, J. L.; MURFET, I. C.; REID, J. B. Pea mutants with reduced sensitivity to far-red light define an important role for phytochrome A in day-length detection. **Plant Physiol.**, v. 114, p. 1225-1236, 1997.

Tabela 1 - Taxa de fluxo de gases pelos estômatos (U) dos biótipos resistente e suscetível ao glyphosate em condição de competição

Posição e Número de Plantas	Biótipo de Azevém		Diferença ¹
	Resistente	Suscetível	
Centro³	U – $\mu\text{mol s}^{-1}$		
1 (0)	1256 a ²	1119 a	+ 137 ns
1 (1)	1299 a	1013 a	+ 286 ns
1 (2)	1348 a	1238 a	+ 110 ns
1 (3)	1393 a	1213 a	+ 180 ns
1 (4)	1543 a	1373 a	+ 170 ns
Externas⁴			
0 (1)	--	--	--
1 (1)	1102 a	1126 a	- 24 ns
2 (1)	1139 a	1267 a	- 128 ns
3 (1)	1270 a	1353 a	- 83 ns
4 (1)	1149 a	1438 a	- 289 ns

¹ ns – não-significativo; * significativo a nível de 5%; ** significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste da DMS. ² Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna e dentro de cada posição (centro ou externas), não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. ³ Número de plantas do biótipo indicado no centro da parcela, competindo com o número de plantas (entre parênteses) do biótipo oposto. ⁴ Número de plantas do biótipo indicado, competindo entre si e com a planta do biótipo oposto (1) no centro da parcela.

Tabela 2 - Concentração de CO₂ subestomática (Ci) dos biótipos resistente e suscetível ao glyphosate em condição de competição

Posição e Número de Plantas	Biótipo de Azevém		Diferença ¹
	Resistente	Suscetível	
Centro³	Ci – $\mu\text{mol mol}^{-1}$		
1 (0)	951 b ²	1072 a	- 121 ns
1 (1)	1025 b	969 a	+ 56 ns
1 (2)	1339 ab	1276 a	+ 63 ns
1 (3)	1259 ab	1270 a	- 11 ns
1 (4)	1529 a	1171 a	+ 358 ns
Externas⁴			
0 (1)	--	--	--
1 (1)	1012 a	824 a	+ 188 ns
2 (1)	1186 a	1162 a	+ 24 ns
3 (1)	1189 a	1210 a	- 21 ns
4 (1)	1232 a	1280 a	- 48 ns

¹ ns – não-significativo; * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste da DMS. ² Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna e dentro de cada posição (centro ou externas), não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. ³ Número de plantas do biótipo indicado no centro da parcela, competindo com o número de plantas (entre parênteses) do biótipo oposto. ⁴ Número de plantas do biótipo indicado, competindo entre si e com a planta do biótipo oposto (1) no centro da parcela.

Tabela 3 - CO₂ consumido (ΔC) dos biótipos resistente e suscetível ao glyphosate em condição de competição.

Posição e Número de Plantas	Biótipo de Azevém		Diferença ¹
	Resistente	Suscetível	
Centro³			$\Delta C - \mu\text{mol mol}^{-1}$
1 (0)	36,65 a ²	32,96 a	+ 3,69 ns
1 (1)	32,96 ab	32,03 a	+ 0,93 ns
1 (2)	22,01 b	24,26 b	- 2,25 ns
1 (3)	21,76 b	18,89 c	+ 2,87 ns
1 (4)	21,66 b	16,44 c	+ 5,22 ns
Externas⁴			
0 (1)	--	--	--
1 (1)	26,20 a	18,77 a	+ 7,43 ns
2 (1)	27,70 a	25,33 a	+ 2,37 ns
3 (1)	26,99 a	21,46 a	+ 5,53 ns
4 (1)	17,67 b	20,48 a	- 2,81 ns

¹ ns – não-significativo; * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste da DMS. ² Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna e dentro de cada posição (centro ou externas), não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. ³ Número de plantas do biótipo indicado no centro da parcela, competindo com o número de plantas (entre parênteses) do biótipo oposto. ⁴ Número de plantas do biótipo indicado, competindo entre si e com a planta do biótipo oposto (1) no centro da parcela.

Tabela 4 - Taxa fotossintética (A) dos biótipos resistente e suscetível ao glyphosate em condição de competição.

Posição e Número de Plantas	Biótipo de Azevém		Diferença ¹
	Resistente	Suscetível	
Centro³			$A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
1 (0)	15,10 a ²	13,56 a	+ 1,54 ns
1 (1)	15,61 a	9,47 b	+ 6,14 *
1 (2)	9,11 b	7,51 b	+ 1,6 ns
1 (3)	9,45 b	8,90 b	+ 0,55 ns
1 (4)	9,24 b	8,48 b	+ 0,76 ns
Externas⁴			
0 (1)	--	--	--
1 (1)	12,80 a	9,22 a	+ 3,58 ns
2 (1)	13,02 a	10,10 a	+ 2,92 ns
3 (1)	11,32 ab	8,33 a	+ 2,99 ns
4 (1)	7,08 b	9,85 a	- 2,77 ns

¹ ns – não-significativo; * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste da DMS. ² Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna e dentro de cada posição (centro ou externas), não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. ³ Número de plantas do biótipo indicado no centro da parcela, competindo com o número de plantas (entre parênteses) do biótipo oposto. ⁴ Número de plantas do biótipo indicado, competindo entre si e com a planta do biótipo oposto (1) no centro da parcela.

Tabela 5 - Análise de correlação entre as características fotossintéticas avaliadas em função da competição entre biótipos resistentes e suscetíveis ao glyphosate.

Variáveis	Interação	Variáveis	Interação
A x U	0,628 ns	U x Ci	0,955 **
A x Ci	0,525 ns	U x ΔC	- 0,621 ns
A x ΔC	- 0,979 **	Ci x ΔC	- 0,519 ns

ns – correlação não-significativa; ** correlação significativa a 1% de probabilidade. **U** = taxa de fluxo de gases pelos estômatos; **Ci** = concentração de CO₂ subestomática; **ΔC** = CO₂ consumido; **A** = taxa fotossintética.