



POTENCIAL FOTOSSINTÉTICO DE HÍBRIDOS DE CANOLA

Miria Rosa Durigon⁽¹⁾, Aline Scolaro Camera⁽¹⁾, Roberta Saldanha Gradin⁽¹⁾, Geraldo Chavarria⁽¹⁾, Gilberto Omar Tomm⁽²⁾

⁽¹⁾Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, BR 285, km 171, Bairro São José, Caixa Postal 611, CEP 99001-970, Passo Fundo, RS. e-mail: midurigon@hotmail.com; ali_n_ne@hotmail.com; gradinroberta@upf.br; geraldochavarria@upf.br

⁽²⁾Embrapa Trigo, BR 285, Km 174, Caixa Postal 451, CEP 99001-970, Passo Fundo, RS. e-mail: gilberto.tomm@embrapa.br

Resumo – O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial fotossintético, em diferentes estádios fenológicos, de híbridos de canola com distinção de ciclo e características que conferem resistência a herbicidas. Foram utilizados os híbridos Hyola 401, Hyola 61, Hyola 76, Hyola 555 TT e Hyola 571 CL, no espaçamento de 0,34 m e população de 40 plantas.m⁻². O experimento foi conduzido no delineamento blocos casualizados, com quatro repetições, no município de Passo Fundo, RS. Durante os estádios de florescimento pleno e enchimento de grãos, foram avaliadas as taxas de assimilação líquida de carbono, condutância estomática e transpiração, a fluorescência total da clorofila e o rendimento quântico do fotossistema II, e foi calculada a eficiência do uso da água. No florescimento pleno, foram estimados os conteúdos de clorofila a, b e total. Maior fluorescência da clorofila foi observada para os híbridos Hyola 401 e Hyola 555 TT. Durante o florescimento pleno, maior assimilação líquida média de carbono foi observada para o híbrido 571 CL, diferindo somente do Hyola 76. A resposta dos híbridos às variáveis do metabolismo primário apresenta diferença entre os estádios avaliados. O híbrido Hyola 571 CL possui o maior potencial fotossintético.

Palavras-chave: *Brassica napus* L., teor de clorofila, rendimento quântico, assimilação líquida de carbono, condutância estomática.

INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L.) é uma espécie oleaginosa de inverno, pertencente à família Brassicaceae. Os grãos de canola atualmente produzidos no Brasil apresentam de 24 a 27% de proteína e, em média, 38% de óleo (TOMM, 2007). Devido ao grande conteúdo de óleo, aliada à qualidade dos ácidos graxos que o compõem, os grãos de canola podem ser utilizados tanto para a produção de biodiesel quanto para a produção de óleo para o consumo humano (PERBONI, 2011). Além disso, o farelo de canola é um excelente suplemento protéico para a formulação de rações para bovinos, suínos, ovinos e aves, permitindo seu aproveitamento em finalidades semelhantes ao farelo de soja (TOMM, 2007; BERTOL & MAZZUCO, 1998).

A cultura da canola é uma importante alternativa na diversificação de culturas de inverno, incrementando o rendimento e reduzindo a incidência de doenças nas demais espécies utilizadas em rotação, como o trigo, cevada, aveia e milho (TOMM, 2005). A produtividade média de canola ainda é baixa no Brasil, tendo sido de 1381 kg.ha⁻¹ na safra 2012/13 (CONAB, 2014), enquanto nas melhores lavouras, em diferentes regiões do Brasil, têm sido colhidos em média 2400 kg.ha⁻¹ (TOMM et al., 2009). O entrave ao aumento de produtividade na cultura da canola no Brasil está muito relacionado à falta de informações

referentes ao seu manejo. Nesse sentido, o conhecimento sobre os processos fisiológicos que ocorrem nas plantas é essencial para o desenvolvimento de genótipos altamente produtivos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial fotossintético, em diferentes estádios fenológicos, de híbridos de canola com distinção de ciclo e características que conferem resistência a herbicidas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, em uma área experimental no município de Passo Fundo, RS, latitude 28°15' S, longitude 52°24' O e altitude de 687 m, no delineamento blocos casualizados, com quatro repetições. Foram utilizados os híbridos de canola Hyola 401 (emergência à maturação: 144 dias), Hyola 61 (148 dias), Hyola 76 (150 dias), Hyola 555 TT (146 dias, resistente a triazinas) e Hyola 571 CL (142 dias, resistente a imidazolinonas), no espaçamento de 0,34 m e população de 40 plantas.m⁻².

No estádio fenológico de florescimento pleno, foi estimado o teor de clorofila *a*, *b* e total, utilizando clorofilômetro, em 25 folhas por parcela, sendo os dados expressos pelo índice de clorofila do aparelho (ICF). Nos estádios de florescimento pleno e enchimento de grãos foram avaliadas as variáveis fluorescência total (F_t) da clorofila e rendimento quântico (Q_y) do fotossistema II (F_v'/F_m'), utilizando fluorômetro, e as taxas de assimilação líquida de carbono (A_L), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e cálculo da eficiência do uso da água (EUA), utilizando um analisador de gases por radiação infravermelha, com uma curva de densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) de 0, 250, 1000, 1500 e 2500 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ através de câmara de luz, em concentração ambiente de CO₂. A partir destes dados, foi determinada a A_L máxima e média. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, através do software CoStat (COSTA & CASTOLDI, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença para o conteúdo de clorofila *b*, sendo maior quantidade observada no híbrido Hyola 76, que diferiu somente do híbrido Hyola 571 CL (Tabela 1). O híbrido Hyola 76 é o de maior porte e ciclo dentre os híbridos avaliados, o que leva a um maior crescimento vegetativo e, conseqüentemente, maior sombreamento, elevando a quantidade de radiação difusa interceptada pelas folhas e aumentando a demanda pela clorofila *b*. A clorofila *b* absorve fortemente entre 450 e 480 nm, enquanto a clorofila *a* absorve fortemente na faixa de 400 a 450 nm, de modo que a clorofila *b* complementa a captação de luz para fazer a fotossíntese em condições de pouca insolação (GROSS, 1991; BORRMANN, 2009).

Maior F_t foi encontrada para os híbridos Hyola 401 e Hyola 555 TT, em ambos os estádios avaliados (Tabela 1). A fluorescência total da clorofila pode ser considerada uma medida de caracterização da adaptação dos genótipos ao ambiente em que foram cultivados. Além disso, maior fluorescência da clorofila indica que a energia luminosa captada pelas folhas não está sendo utilizada para a etapa fotoquímica da fotossíntese, ou seja, constitui-se numa perda de energia pela planta.

O híbrido Hyola 571 CL apresentou maior Q_y , não diferindo dos híbridos Hyola 76 e Hyola 401, durante o estádio de florescimento pleno (Tabela 1). Durante o estádio de enchimento de grãos, os híbridos Hyola 61 e Hyola 571 CL apresentaram maiores valores de Q_y , diferindo somente do híbrido Hyola 555 TT. De modo geral, maior rendimento quântico é observado quando ocorrem valores menores de fluorescência da clorofila, já que os dois processos competem entre si. Em ambos os estádios avaliados, o híbrido Hyola 555 TT apresentou os maiores valores de fluorescência da clorofila e os menores valores de rendimento quântico, indicando a ocorrência de perda de energia luminosa que poderia ser

utilizada para a produção de compostos carbônicos. Este resultado era esperado tendo em vista a presença do mecanismo de resistência a triazina neste híbrido, com uma atividade intrínseca menor do fotossistema II (RENSEN & VREDENBERG, 2011).

Tabela 1. Estimativa do conteúdo de clorofila, fluorescência da clorofila e rendimento quântico do fotossistema II em plantas de canola dos híbridos Hyola 76, Hyola 61, Hyola 571 CL, Hyola 401 e Hyola 555 TT. Passo Fundo, 2013.

Híbridos	Clor. ¹ a	Clor. b	Clor. total	Ft _{flor.} ²	Ft _{ench.} ³	Qy _{flor.} ⁴	Qy _{ench.} ⁵
	índice de clorofila Falker [®]					mmol CO ₂ .mmol fótons ⁻¹	
Hyola 76	38,25 ^{ns}	18,25 a [*]	56,50 ^{ns}	3250,03 bc	3182,54 b	0,69 ab	0,72 ab
Hyola 61	37,75	16,54 ab	54,29	3355,42 b	3367,18 b	0,64 bc	0,74 a
Hyola 571 CL	37,65	15,14 b	52,79	3004,55 c	3363,76 b	0,73 a	0,77 a
Hyola 401	37,52	17,03 ab	54,54	3697,45 a	3951,53 a	0,71 ab	0,72 ab
Hyola 555 TT	36,92	16,05 ab	52,98	3901,37 a	4356,00 a	0,61 c	0,67 b
CV (%)	2,1	7,0	3,3	3,7	6,5	4,8	3,4

¹Clor.: clorofila; ²Ft_{flor.}: fluorescência total da clorofila no estágio de florescimento pleno; ³Ft_{ench.}: fluorescência total da clorofila no estágio de enchimento de grãos; ⁴Qy_{flor.}: rendimento quântico do fotossistema II no estágio de florescimento pleno; ⁵Qy_{ench.}: rendimento quântico do fotossistema II no estágio de enchimento de grãos. Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. ns: não significativo.

Durante o estágio de florescimento pleno, exceto para a A_L máxima, houve diferença entre os híbridos para as variáveis do metabolismo primário (Tabela 2). Maior A_L média foi observada para o híbrido Hyola 571 CL, que diferiu somente do híbrido Hyola 76. O híbrido Hyola 571 CL também foi o que apresentou maior rendimento quântico do fotossistema II, o que ressalta a sua alta capacidade em absorver e transferir elétrons ao longo da cadeia de transporte de elétrons, durante a etapa fotoquímica da fotossíntese.

O híbrido Hyola 555 TT apresentou maior g_s e E e menor EUA. A condutância estomática é uma das características fisiológicas mais importantes para a assimilação de carbono e a transpiração (TANAKA et al., 2008). Maior condutância estomática pode favorecer a produção de matéria seca, sendo uma característica desejável sob condições ambientais favoráveis, no entanto, sob déficit hídrico, pode ser uma característica indesejável por reduzir a conservação de água na planta. Com relação ao metabolismo primário durante o estágio de enchimento de grãos, houve diferença entre os híbridos para as variáveis g_s e E (Tabela 2). O híbrido Hyola 61 apresentou maior g_s e E, diferindo somente do híbrido Hyola 76.

As diferenças encontradas entre os genótipos para as variáveis do metabolismo primário podem representar diferenças no rendimento dos mesmos. A assimilação líquida de CO₂, condutância estomática e transpiração possuem relação estreita com a produtividade das culturas. Maior condutância estomática aumenta a difusão de CO₂ nas folhas e, portanto, aumenta as taxas fotossintéticas, levando a um maior acúmulo de biomassa e rendimento (TAIZ & ZEIGER, 2009). No entanto, essa relação entre metabolismo primário e rendimento depende das condições ambientais vigentes durante o ciclo da cultura e ano de cultivo.

Dentre os genótipos avaliados, o híbrido Hyola 571 CL pode ser considerado o de maior potencial fisiológico, devido às suas características de menor fluorescência total da clorofila e maior rendimento quântico do fotossistema II, em ambos os estádios avaliados, maior assimilação líquida média e maior eficiência do uso da água, no estágio de florescimento pleno.

Tabela 2. Taxas de assimilação líquida de carbono, condutância estomática, transpiração e eficiência do uso da água em plantas de canola dos híbridos Hyola 76, Hyola 61, Hyola 571 CL, Hyola 401 e Hyola 555 TT durante os estádios de florescimento pleno e enchimento de grãos. Passo Fundo, 2013.

Estádio de florescimento pleno					
Híbridos	A _L máx. ¹	A _L média ²	g _s ³	E ⁴	EUA ⁵
	μmol CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹		mol H ₂ O.m ⁻² .s ⁻¹		μmol CO ₂ .mol ⁻¹ H ₂ O
Hyola 76	14,4413 ^{ns}	11,2019 b [*]	0,0726 b	1,9044 b	6,0707 a
Hyola 61	13,9594	12,3276 ab	0,0809 b	2,2922 b	5,3778 ab
Hyola 571 CL	13,8756	12,6098 a	0,0771 b	1,8377 b	6,5582 a
Hyola 401	13,6278	12,2577 ab	0,0734 b	2,0645 b	6,5211 a
Hyola 555 TT	13,5913	12,1469 ab	0,0985 a	3,0390 a	3,8036 b
CV (%)	10,3	11,8	17,6	31,6	36,9
Estádio de enchimento de grãos					
Híbridos	A _L máx.	A _L média	g _s	E	EUA
	μmol CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹		mol H ₂ O.m ⁻² .s ⁻¹		μmol CO ₂ .mol ⁻¹ H ₂ O
Hyola 76	9,1730 ^{ns}	5,9379 ^{ns}	0,0392 b	1,3256 b	4,1777 ^{ns}
Hyola 61	9,1900	7,9040	0,0546 a	2,0671 a	4,2177
Hyola 571 CL	9,1547	7,0141	0,0448 ab	1,5894 ab	4,3958
Hyola 401	9,1687	6,3145	0,0443 ab	1,7321 ab	3,7349
Hyola 555 TT	9,9749	7,3375	0,0526 ab	1,7951 ab	3,7707
CV (%)	29,8	38,6	36,4	36,4	33,7

¹A_L máx.: assimilação líquida máxima de carbono; ²A_L média: assimilação líquida média de carbono; ³g_s: condutância estomática; ⁴E: transpiração; ⁵EUA: eficiência do uso da água. Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. ns: não significativo.

CONCLUSÕES

Os híbridos diferem entre si com relação ao metabolismo primário, havendo influência do estágio fenológico avaliado sobre as variáveis estudadas. Dentre os híbridos avaliados, o Hyola 571 CL apresenta o maior potencial fotossintético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTOL, T.M.; MAZZUCO, H. **Farelo de canola: uma alternativa protéica para alimentação de suínos e aves.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1998. 56p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 55).

BORRMANN, D. **Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas da soja e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabólitos incolores.** 2009. 107p. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira – grãos – safra 2013/14 – sexto levantamento – março 2014**. Brasília: Conab, 2014. 85p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_03_12_08_41_24_boletim_graos_marco_2014.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2014.

COSTA, C.; CASTOLDI, F. L. **CoStat: um programa para quem pensa que não gosta de estatística**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2009. 384p.

GROSS, J. **Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 351p.

PERBONI, A.T. **Estresses abióticos em híbridos de canola: efeito do alagamento e de baixas temperaturas**. 2011. 53p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

RENSEN, J.J.S. van; VREDENBERG, W.J. Adaptation of photosystem II to high and low light in wild-type and triazine-resistant canola plants: analysis by a fluorescence induction algorithm. **Photosynthesis Research**, v.108, n.2-3, p.191-200, 2011.

RITCHIE, G.A. Chlorophyll fluorescence: what is it and what do the numbers mean? In: RILEY, L.E.; DUMROESE, R.K.; LANDIS, T.D. (tech. coords.). **National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations – 2005**. Fort Collins: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2006. p.34-42.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TANAKA, Y.; SHIRAIWA, T.; NAKAJIMA, A.; SATO, J.; NAKAZAKI, T. Leaf gas exchange activity in soybean as related to leaf traits and stem growth habit. **Crop Science**, v.48, p.1925–1932, 2008.

TOMM, G.O.; FERREIRA, P.E.P.; AGUIAR, J.L.P. de; CASTRO, A.M.G. de; LIMA, S.M.V.; MORI, C. de. **Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 27p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 118). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do118.htm>. Acesso em: 17 dez. 2013.

TOMM, G.O. **Indicativos tecnológicos para a produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68p. (Embrapa Trigo. Sistema de produção, 4).

TOMM, G.O. **Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 21p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 26). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp26.htm>. Acesso em: 20 dez. 2013.